

KARAKTERISTIK MARMER DAERAH MATA WAWATU DAN SANGGULA, KECAMATAN MORAMO UTARA, KABUPATEN KONawe SELATAN, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

CHARACTERISTICS OF MARBLE IN MATA WAWATU AND SANGGULA AREA, NORTH MORAMO DISTRICT, SOUTH KONawe REGENCY, SOUTHEAST SULAWESI PROVINCE

Muhammad Arba Azzaman dan Anastasia Dewi Titisari

Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

ABSTRAK Sulawesi Tenggara memiliki potensi marmer terbesar di Indonesia. Salah satu daerah potensi marmer di Sulawesi Tenggara adalah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. Namun belum ada penelitian rinci mengenai karakteristik marmer yang ada di daerah ini. Karakteristik marmer di daerah penelitian yaitu berwarna abu – abu dengan struktur non foliasi dan tekstur lensa atau *augen texture*. Secara petrografi, mineral penyusun marmer didominasi dengan ukuran kristal $\leq 0.1 - 1$ mm, yaitu mineral kalsit, dolomit, kuarsa, hematit, dan mineral opak. Marmer daerah penelitian memberikan kenampakan tekstur yang bervariasi, yaitu tekstur subidioblastik dan xenoblastik (berdasarkan bentuk individu Kristal), tekstur kristaloblastik (berdasarkan ketahanan

terhadap metamorfismenya), tekstur nematoblastik dan granuloblastik (berdasarkan bentuk mineralnya), dan *saccaroidal texture* dan *mortar texture* (berdasarkan tekstur khususnya). Sifat keteknikan marmer memberikan nilai yang bervariasi, di mana nilai kuat tekan sebesar 235.718 – 389.338 kg/cm², nilai ketahanan aus sebesar 0,0414 – 0,0498 mm/menit, dan nilai serapan air sebesar 0,275 - 0,763 %. CaO merupakan senyawa yang paling melimpah pada marmer dengan kelimpahan 50,44 - 55,90 %. Berdasarkan sifat keteknikannya, marmer di daerah penelitian dapat direkomendasikan sebagai batu hias / batu tempel. Berdasarkan spesifikasi senyawa oksida utamanya, marmer bagian timur laut daerah penelitian direkomendasikan untuk digunakan pada industri kertas, pewarna tekstil, penyaringan gula, dan produksi semen sedangkan marmer bagian barat daya daerah penelitian kurang dapat dimanfaatkan.

Kata kunci: Sulawesi Tenggara, Karakteristik Marmer, Rekomendasi Pemanfaatan Marmer.

Naskah masuk : 22 Februari 2018
Naskah direvisi : 1 Oktober 2018
Naskah diterima : 18 Desember 2018

Anastasia Dewi Titisari
Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Email : adewititisari@ugm.ac.id

ABSTRACT Southeast Sulawesi has the greatest marble potential in Indonesia. One of the marble potential are as in the Southeast Sulawesi is Mata Wawatu and Sanggula, North Moramo District of the South Konawe Regency. However, there is no detailed research on marble characteristics in this area. The marble characteristics in the study area are grey with non-foliation structures and lens texture or augen texture. Petrographically, constituent minerals of the marble are dominated by crystal size $\leq 0.1 - 1$ mm which are calcite, dolomite, quartz, hematite, and opaque minerals.

The research area's marble provides varied texture features, namely subidoblastic and xenoblastic textures (based on individual form crystals), crystalloblastic textures (based on resistance to metamorphism), nematoblastic and granuloblastic textures (based on their mineral form), and saccharoidal texture and mortar texture (based on texture in particular). The engineering properties of marble give varying values, where the compressive strength value is 235.718 – 389.338 kg / cm², the wear resistance value is 0.0414 - 0.0498 mm / min, and the water absorption value is 0.275 - 0.763%. CaO is the most abundant compound on marble with an abundance of 50.44 - 55.90 wt. %. Based on its engineering properties, marble in the research area can be recommended as an ornamental stone. Based on the specification of the main oxide compound, the northeastern marble of the research area are recommended for the paper industry, textile dyes, sugar screening, and cement production whereas the southwestern marble of the research area is less utilizable.

Keywords: *South East Sulawesi, Marble Characteristics, Recommendation of Marble Utilization.*

PENDAHULUAN

Potensi marmer terbesar di Indonesia berada di Provinsi Sulawesi Tenggara. Terlepas dari keterdapatannya di dalam kawasan hutan lindung (Suseno dan Mulyani, 2012), potensi marmer di Sulawesi Tenggara memiliki sumber daya terukur sebesar 358,8 juta ton dan sumber daya hipotetik sebesar 1,3 miliar ton (Adhi et al., 2004). Salah satu daerah potensi marmer berada di Sulawesi Tenggara yaitu terletak di Mata Wawatu dan Sanggula. Sebelum menambang marmer di daerah ini, data geologi (meliputi geomorfologi, asosiasi litologi, dan struktur geologi) dan informasi tentang karakteristik marmer sangat diperlukan. Data geologi ini penting digunakan dalam tahapan eksplorasi selanjutnya, misalnya untuk mengetahui luasan persebaran marmer dan memberikan pertimbangan mengenai titik awal penambangan yang akan dilakukan (dengan memperhatikan morfologi daerah setempat). Informasi mengenai karakteristik (fisik dan kimia) marmer ini digunakan untuk memberikan rekomendasi pemanfaatan marmer tersebut berdasarkan standar yang sudah ada, di mana standar yang digunakan dalam penelitian ini

adalah mengacu pada SII (Standar Industri Indonesia) untuk parameter keteknikannya dan parameter geokimia mengacu pada Scott dan Durham (1984) dalam Abdullateef et al. (2014).

Di sisi lain, sebenarnya limbah marmer dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain, misalnya sebagai bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan *paving block* (Hunggurami et al., 2013; Istiqomah dan Kurnia, 2013; Aditya et al., 2016) dan pengganti agregat kasar pada campuran aspal beton (Amal dan Saleh, 2015) serta sebagai bahan alternatif pengganti semen pada campuran beton (Susilowati, 2011). Namun pemanfaatan limbah marmer tersebut bukan menjadi fokus dalam penelitian ini.

Melihat pentingnya data geologi dan informasi mengenai karakteristik marmer ini, maka penelitian ini perlu dilakukan karena belum ada studi geologi maupun studi mengenai karakteristik marmer yang terdapat di Mata Wawatu dan Sanggula.

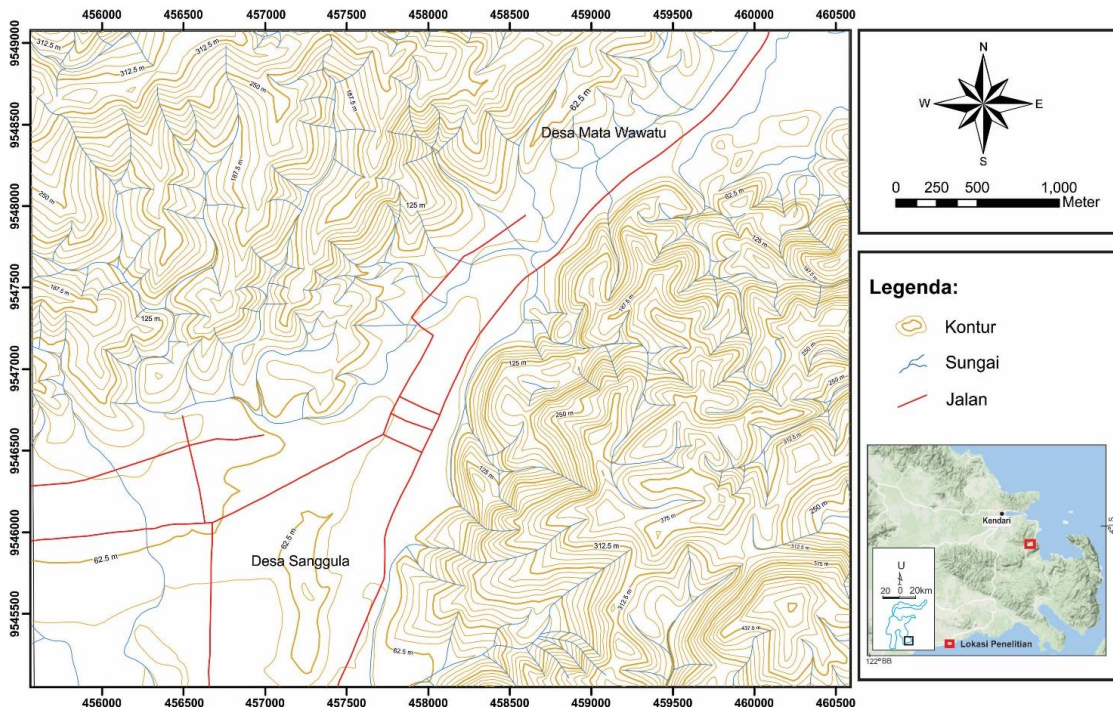
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik marmer, dan memberikan rekomendasi pemanfaatan marmer di kedua daerah tersebut, supaya marmer di daerah tersebut dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Dengan demikian, harapannya adalah marmer di daerah penelitian dapat digunakan sesuai dengan kualitasnya sehingga dapat menaikkan nilai atau harga jualnya karena selama ini marmer tersebut hanya dipergunakan sebagai bahan urugan saja.

LOKASI PENELITIAN

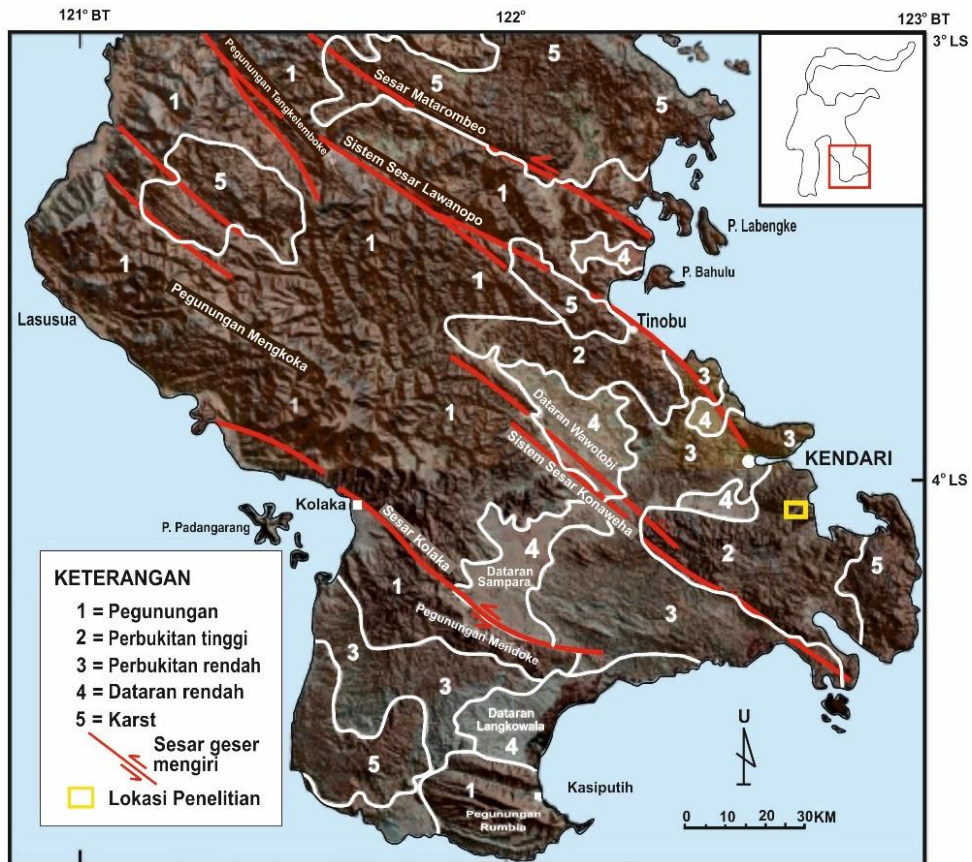
Lokasi penelitian secara administratif berada di Provinsi Sulawesi Tenggara, Kabupaten Konawe Selatan, Kecamatan Moramo Utara, Desa Mata Wawatu dan Sanggula (Gambar 1) dan dapat dicapai dengan sepeda motor dalam waktu sekitar 1 jam perjalanan dari Kota Kendari.

GEOLOGI

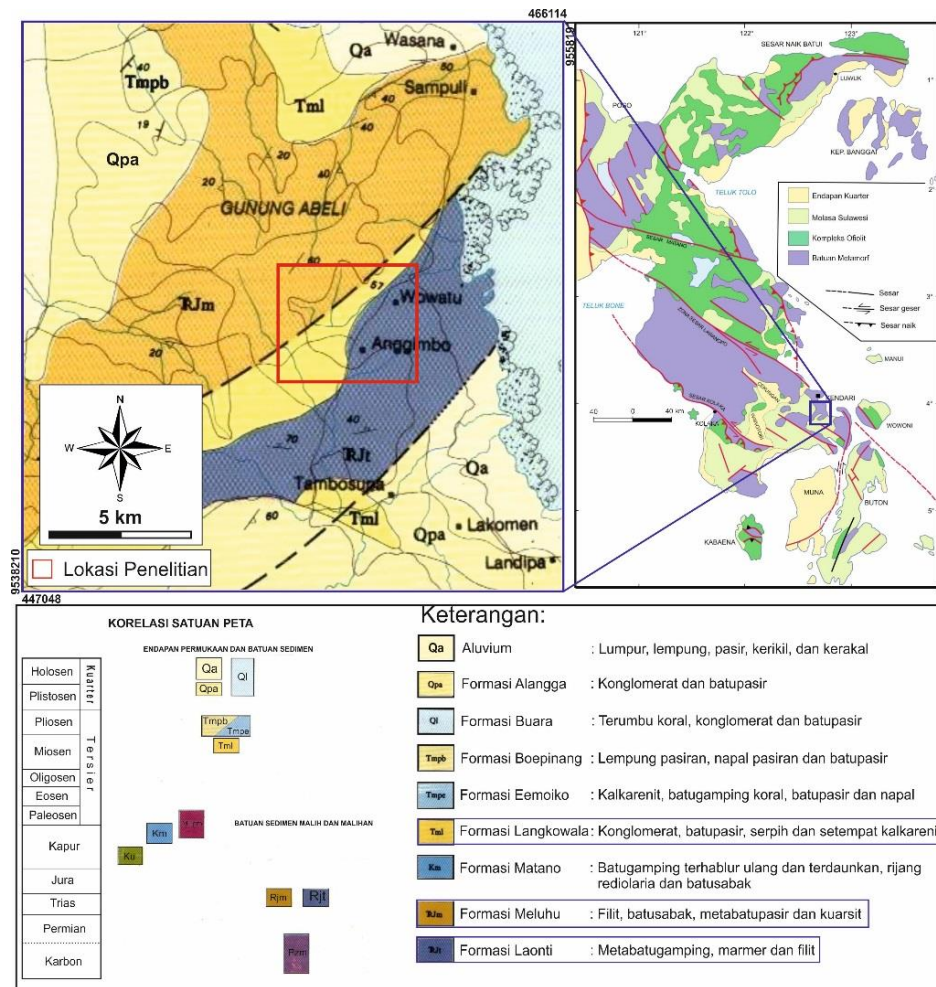
Menurut Suro (2013), ada tiga periode tektonik yang secara signifikan mempengaruhi daerah Lengan Tenggara Sulawesi yaitu pra-tumbukan, tumbukan, dan pasca tumbukan. Periode pra-tumbukan terjadi sebelum Jura, di mana kepingan benua di Indonesia timur diduga masih menjadi satu dengan bagian utara Australia. Periode tumbukan yaitu tumbukan antara keping – keping benua, dan ofiolit di Lengan Tenggara terjadi sebelum Molase Sulawesi diendapkan atau



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.



Gambar 2. Daerah penelitian yang terletak pada morfologi perbukitan tinggi di bagian selatan Lengan Tenggara Sulawesi, berdasarkan citra IFSAR (Surono, 2013).



Gambar 3. Peta Geologi regional yang memperlihatkan stratigrafi Lengan Tenggara Sulawesi (Simandjuntak et al., 1993) dan lokasi daerah penelitian. Formasi-formasi yang berhubungan dengan daerah penelitian adalah Formasi Laonti, Formasi Meluhu dan Formasi Langkowala.

sebelum Miosen Awal dimana tumbukan tersebut membentuk berbagai struktur geologi seperti sesar naik dan struktur imbrikasi serta lipatan. Selanjutnya pada periode pasca tumbukan, terbentuk sesar geser mengiri, termasuk Sesar Matarombeo, sistem Sesar Lawanopo, sistem Sesar Konawehea, Sesar Kolaka, dan sesar – sesar lainnya. Kenampakan geomorfologi saat ini (Gambar 2) salah satunya diinisiasi oleh ketiga periode tektonik tersebut.

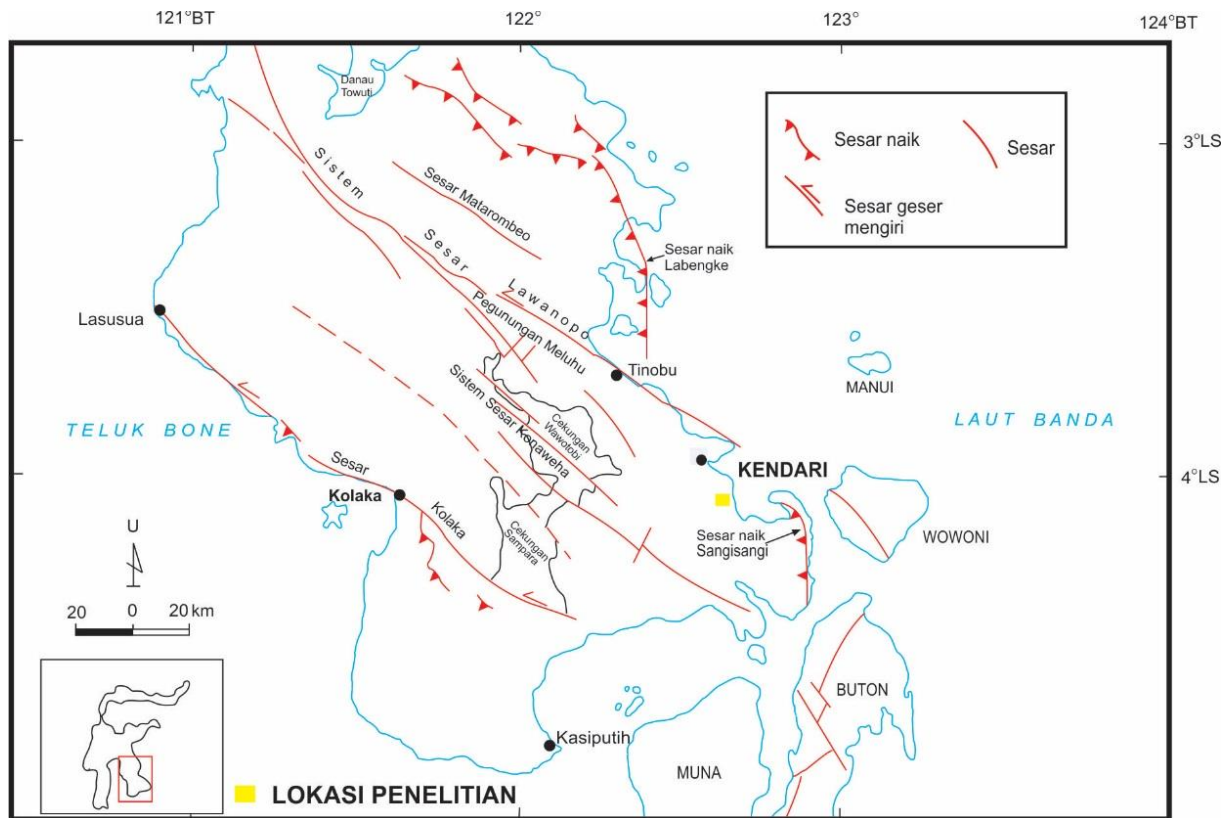
Geomorfologi daerah penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam Satuan Perbukitan Tinggi (Surono, 2013) (Gambar 2). Stratigrafi dari tua ke muda secara berturut – turut disusun oleh Formasi Laonti, Formasi Meluhu, dan Formasi Langkowala (Simandjuntak et al., 1993). Formasi Laonti disusun oleh metabatugamping, marmar dan filit yang berumur Trias-Yura, seumur dengan

Formasi Meluhu yang disusun oleh filit, metabatupasir, batusabak dan kuarsit. Kedua formasi tersebut secara tidak selaras ditumpangi oleh Formasi Langkowala yang disusun oleh konglomerat, batupasir, serpih dan kalkarenit yang berumur Mio-Pliosen. Marmer yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah anggota dari Formasi Laonti (Gambar 3).

Berdasarkan peta sesar utama di Lengan Tenggara Sulawesi yang dibuat oleh Surono (2013), terlihat bahwa lokasi penelitian ini berada di sekitar sesar utama Lawanopo, sistem sesar Konawehea dan sesar naik Sangisangi (Gambar 4).

METODE

Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah tinjauan lapangan, analisis petrografi, uji keteknikan, dan analisis geokimia



Gambar 4. Posisi daerah penelitian yang berada di sekitar sesar utama Lawanopo, sistem sesar Konawehea dan sesar naik Sangisangi. Sesar-sesar dipetakan oleh Surono (2013).

(senyawa oksida utama). Pada tahap tinjauan lapangan dilakukan pengamatan singkapan batuan diantaranya mendeskripsi karakteristik fisik marmer secara megaskopis. Analisis petrografi sebanyak 10 sampel untuk mengetahui tekstur, struktur, dan komposisi mineral batuan marmer. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Geologi Optik, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, menggunakan mikroskop polarisasi Olympus, tipe Cx31. Uji keteknikan yang dilakukan pada 10 sampel terpilih bertujuan untuk mengetahui karakteristik keteknikan marmer yang meliputi kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air. Uji kuat tekan dilakukan dengan menggunakan bantuan alat uji kuat tekan ELE, uji ketahanan aus menggunakan alat Evanston, ILL. 60202 U.S.A., sedangkan uji daya serap air menggunakan alat ukur berat standar di mana pengukuran dilakukan pada kondisi sampel kering dan kondisi sampel jenuh air. Semua uji keteknikan tersebut dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Analisis geokimia pada 4 sampel terpilih (mewakili marmer daerah timur laut dan marmer daerah barat daya daerah penelitian) memakai instrumen ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma Atomic Emmission Spectroscopy*) yang dilakukan di Laboratorium ALS Canada Ltd dan bertujuan untuk mengetahui kandungan (prosentase berat) senyawa oksida utamanya. Hasil analisis ini kemudian digunakan untuk menghitung mineralogi normatif menggunakan normalisasi CIPW (singkatan dari nama ahli petrologi Cross, Idding, and Pirsson serta satu orang ahli geokimia bernama Washington). Pada perhitungan normalisasi ini, data geokimia batuan dirubah menjadi proporsi - proporsi molekul (dengan membagi oksida wt. % dengan berat molekulnya). Pada akhir perhitungan, proporsi - proporsi mineral normatif dinyatakan dalam satuan % wt (Rollinson, 1993).

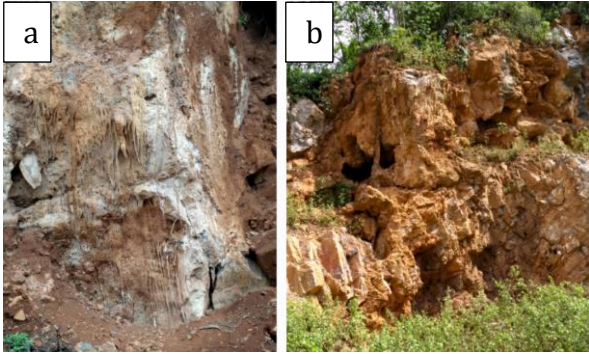
Hasil uji keteknikan yang didukung dengan hasil analisis petrografi dan hasil analisis geokimia marmer kemudian dijadikan parameter dalam memberikan rekomendasi pemanfaatan marmer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Marmer di Daerah Penelitian

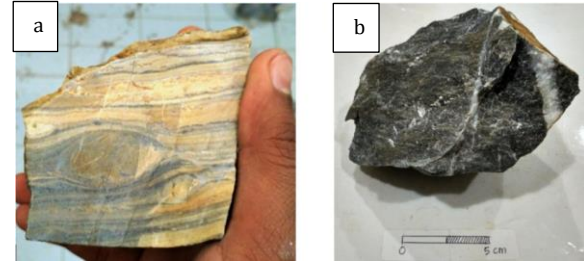
Singkapan marmer yang diamati di lapangan secara umum merupakan hasil bukaan tambang batu oleh warga setempat. Pada beberapa lokasi, singkapan marmer telah mengalami pelarutan (Gambar 5).

Marmer segar berwarna abu – abu dan lapukannya berwarna coklat kemerah - merahan, tidak

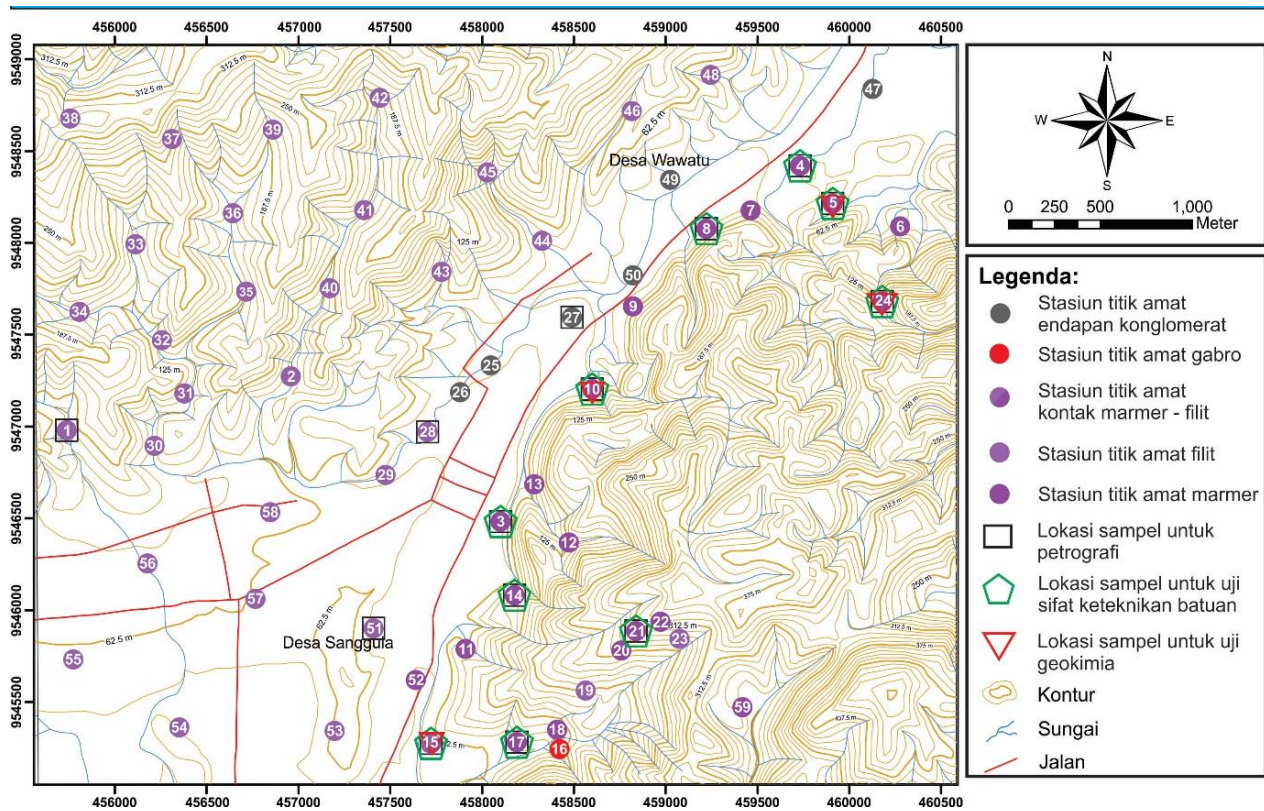


Gambar 5. Singkapan marmer yang mengalami pelarutan pada (a) STA 9 dan (b) STA 12.

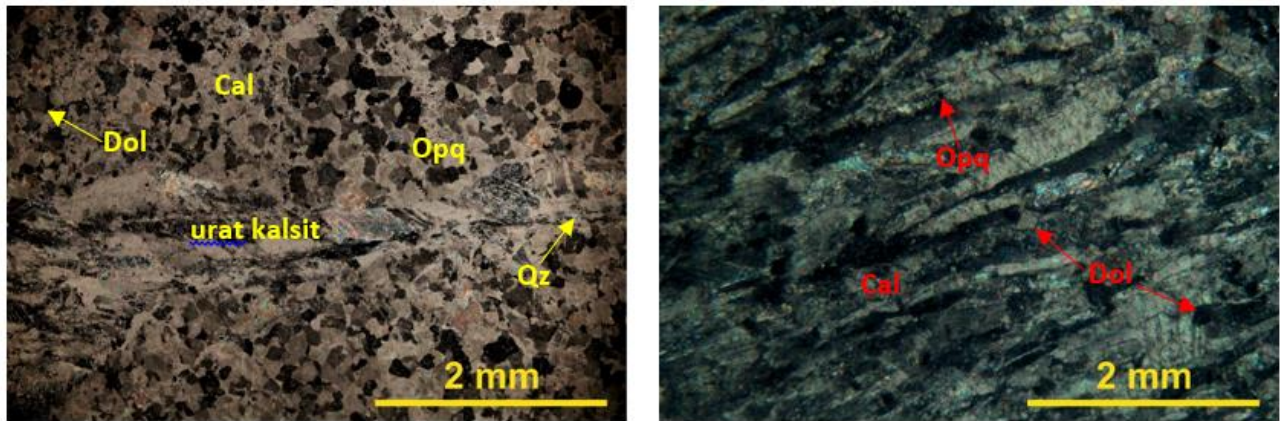
menunjukkan struktur foliasi, dan secara umum teksturnya sulit diamati, kecuali pada marmer dari STA 11 (lokasi titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 6). Pada STA 11 marmer menunjukkan tekstur lensa atau *augen texture* (Gambar 7a). Mineral penyusun marmer yang jelas terlihat dan mudah diidentifikasi adalah kalsit. Selain sebagai matriks, kalsit terdapat sebagai urat – urat pada batuan marmer di daerah ini (Gambar 7b).



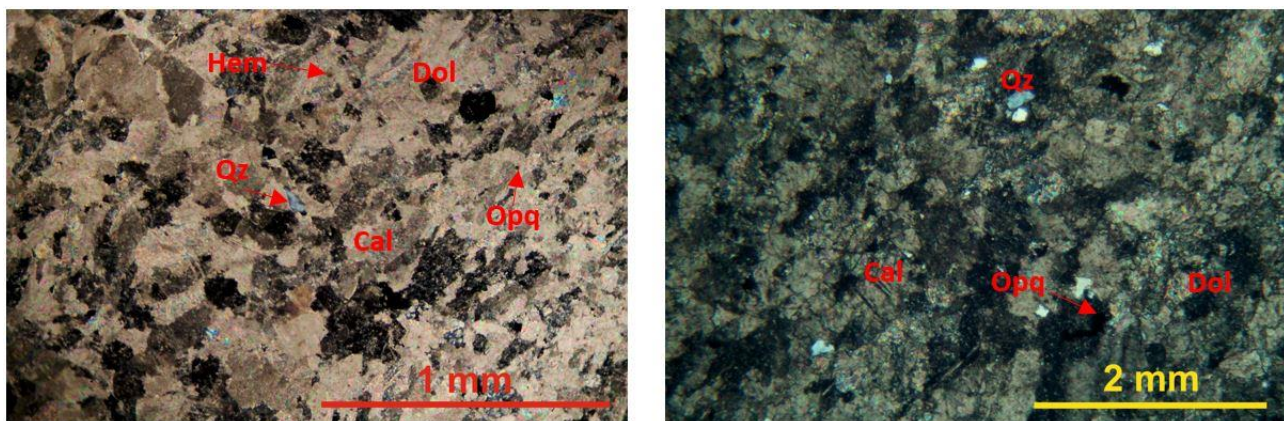
Gambar 7. Marmer yang memperlihatkan (a) tekstur lensa/*augen texture*, dan (b) marmer yang mengandung urat kalsit.



Gambar 6. Peta Sebaran Titik Pengamatan Lapangan.



Gambar 8. Foto sayatan tipis pada (a) marmer dengan kode sampel M4 yang memperlihatkan urat kalsit, tekstur xenoblastik, granuloblastik dan *saccharoidal*; (b) marmer dengan kode sampel M21 yang memperlihatkan tekstur nematoblastik dan xenoblastik. Baik (a) maupun (b) memperlihatkan bentuk mineral dolomit yang menyerupai bentuk belah ketupat; Cal = kalsit, Dol = dolomit, Qz = kuarsa, Opq = mineral opak.



Gambar 9. Foto sayatan tipis pada (a) marmer dengan kode sampel M10 yang memperlihatkan tekstur subidioblastik dan granoblastik; (b) marmer dengan kode sampel M17 yang memperlihatkan tekstur subidioblastik dan *mortar texture*. Baik (a) maupun (b) memperlihatkan bentuk mineral dolomit yang menyerupai bentuk belah ketupat; Cal = kalsit, Dol = dolomit, Qz = kuarsa, Opq = mineral opak, Hem = hematit.

Tekstur dan komposisi mineral batuan marmer terpilih, yaitu sampel dengan kode M3, M4, M5, M8, M10, M14, M15, M17, M21, dan M24, memiliki struktur nonfoliasi xenoblastik (Gambar 8) dan subidioblastik (Gambar 9), kristaloblastik (Gambar 8 dan 9), granuloblastik (Gambar 8), nematoblastik (Gambar 9) dan granoblastik (Gambar 9), serta tekstur *saccharoidal* (Gambar 8) dan *mortar texture* (Gambar 9). Rangkuman tekstur yang dimiliki oleh marmer di daerah penelitian dari hasil pengamatan petrografi dapat dilihat pada Tabel 1. Mineral yang menyusun batuan marmer terdiri dari kalsit, dolomit, kuarsa,

hematit dan mineral opak. Kalsit dan dolomit hadir pada semua marmer yang diamati. Tanpa perlakuan khusus, mineral dolomit lebih mudah dikenali dan dibedakan dari mineral kalsit karena dolomit memiliki bentuk mineral yang memperlihatkan kenampakan seperti belah ketupat (Gambar 8 dan Gambar 9). Mineral kuarsa hadir pada marmer dengan kode sampel M3, M4, M10, M14, M15 dan M17, di mana mineral ini teridentifikasi sebagai mineral sekunder karena keterdapatannya umumnya ditemukan sebagai mineral pengisi urat.

Tabel 1. Rangkuman tekstur pada marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Kode Sampel	Tekstur				
	Ukuran Kristal (mm)	Bentuk Individual Kristal	Ketahanan terhadap Metamorfisme	Bentuk Mineral	Tekstur Khusus
M3	0,1 – 1	Subidioblastik	Kristaloblastik	Nematoblastik	–
M4	0,1 – 1	Xenoblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	<i>Saccaroidal</i>
M5	0,1 – 1	Xenoblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	<i>Saccaroidal</i>
M8	0,1 – 1	Subidioblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	<i>Saccaroidal</i>
M10	≤ 1	Subidioblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	–
M14	≤ 1	Subidioblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	Mortar Texture
M15	0,1 – 1	Subidioblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	<i>Saccaroidal</i>
M17	0,1 – 0,2	Subidioblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	Mortar Texture
M21	0,1 – 1	Xenoblastik	Kristaloblastik	Nematoblastik	–
M24	0,1 – 0,2	Xenoblastik	Kristaloblastik	Granuloblastik	<i>Saccaroidal</i>

Tabel 2. Rangkuman mineral penyusun sampel marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara berdasarkan hasil pengamatan petrografi.

Kode Sampel	Mineralogi				
	Kalsit	Dolomit	Kuarsa	Hematit	Mineral Opak
M3	ooo	o	o	o	o
M4	ooo	oo	o	x	o
M5	ooo	oo	x	o	o
M8	ooo	oo	x	o	o
M10	ooo	o	o	o	o
M14	ooo	o	o	x	o
M15	ooo	oo	o	o	x
M17	ooo	o	o	x	o
M21	ooo	o	x	x	o
M24	ooo	oo	x	o	o

Keterangan: ooo: melimpah, oo: umum, o: jarang, x = tidak ada

Mineral hematit ditemukan dalam marmer dengan kode sampel M3, M5, M8, M10, M15, dan M24, sedangkan mineral opak hanya hadir pada marmer dengan kode sampel M3, M4, dan M14. Rangkuman komposisi mineral marmer dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil uji keteknikan yang telah dilakukan pada 10 sampel terpilih dirangkum pada Tabel 3 Berdasarkan pemaparan nilai keteknikan tersebut, terlihat bahwa nilai kuat tekan rata – rata yang dimiliki oleh marmer pada daerah penelitian adalah sebesar 295,37 kg/cm². Nilai tersebut relatif rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan marmer pada daerah lain di Indonesia (Tabel

4), misalnya marmer dari Daerah Teras, Tulungagung yang memiliki nilai kuat tekan rata – rata sebesar 717.36 kg/cm² (Haty, 2011) dan 781.713 kg/cm² (Titisari dan Kurniawati, 2018). Sementara marmer dari Daerah Jokotuo, Bayat, Klaten memiliki nilai kuat tekan rata – rata sebesar 443.32 kg/cm² (Hadyan, et al. 2015). Rendahnya nilai kuat tekan ini diinterpretasikan karena adanya kekar-kekar yang berkembang pada marmer di daerah penelitian. Meskipun kekar – kekar tersebut telah terisi oleh kalsit, namun diinterpretasikan tetap mempengaruhi nilai kekuatan batuan saat uji tekan. Tekstur tertentu yang dimiliki marmer juga diinterpretasikan merupakan penyebab dari rendahnya nilai kuat

Tabel 3. Hasil pengujian sifat keteknikan marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

No	Kode sampel	Ukuran			Berat basah (gram)	Berat kering (gram)	Berat jenis basah (kg/m ³)	Berat jenis kering (kg/m ³)	Beban maksimum (kN)	Kuat tekan (kg/cm ²)	Ketahanan aus (mm/menit)	Serapan air (%)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)								
1	M3	52,50	50,50	51,60	356,7	355,4	2607	2598	76	290,966	0,0414	0,366
2	M4	51,20	50,70	52,20	358,9	356,8	2649	2633	86	337,383	0,0498	0,589
3	M5	53,40	52,20	52,50	369,5	367,7	2525	2513	75	273,488	0,0414	0,490
4	M8	51,70	52,20	51,80	369,6	366,8	2644	2624	85	319,467	0,0414	0,763
5	M10	52,20	51,80	51,50	367,4	366,1	2638	2629	103	389,338	0,0498	0,355
6	M14	51,20	51,60	51,10	351,8	350,8	2606	2598	85	326,340	0,0414	0,285
7	M15	52,10	51,40	52,20	372,4	371,0	2664	2654	71	271,122	0,0498	0,377
8	M17	51,50	52,10	52,80	367,9	366,4	2597	2586	67	253,675	0,0498	0,409
9	M21	52,10	52,10	51,60	364,8	363,8	2605	2597	63	235,718	0,0414	0,275
10	M24	51,60	53,20	50,50	360,2	358,9	2598	2589	69	256,214	0,0414	0,362
Rata - rata		51,95	51,78	51,78	363,92	362,37	2613,277	2602,157	78	295,3709983	0,04476	0,42712366



UNIVERSITAS GADJAH MADA
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, Telepon : (0274) 6492244 / 08122738430 Email : lab_bahanbangunan@yahoo.co.id

HASIL PENGUJIAN BATUAN

Nomor : 31_LBB/VI/2017
Panglim : Muhammad Arie Azzaman, Mahasiswa Teknik Geologi, UGM
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir
Diterima tanggal : 10 Mei 2017
Benda uji yang diterima : Batuan berbentuk kubus

No	Tanda / kode	Ukuran			Berat SSD (gram)	Berat K.Oven (gram)	b.j. SSD (kg/m ³)	b.j. K.Oven (kg/m ³)	Tgl uji	Beban maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Ketahanan aus mm/menit	Serapan air	Keterangan
		panjang (mm)	lebar (mm)	tebal (mm)										
1	STA 3	52,50	50,50	51,60	356,7	355,4	2607	2598	12-06-2017	76	28,534	0,0414	0,364	
2	STA 4	51,20	50,70	52,20	358,9	356,8	2649	2633	12-06-2017	86	33,086	0,0498	0,585	
3	STA 5	53,40	52,20	52,50	369,5	367,7	2525	2513	12-06-2017	75	26,820	0,0414	0,487	
4	STA 8	51,70	52,20	51,80	369,6	366,8	2644	2624	12-06-2017	85	31,329	0,0414	0,758	
5	STA 10	52,20	51,80	51,50	367,4	366,1	2638	2629	12-06-2017	103	38,181	0,0498	0,354	
6	STA 14	51,20	51,60	51,10	351,8	350,8	2606	2598	12-06-2017	85	32,003	0,0414	0,284	
7	STA 15	52,10	51,40	52,20	372,4	371,0	2664	2654	12-06-2017	71	26,588	0,0498	0,376	
8	STA 17	51,50	52,10	52,80	367,9	366,4	2597	2586	12-06-2017	67	24,877	0,0498	0,408	
9	STA 21	52,10	52,10	51,60	364,8	363,8	2605	2597	12-06-2017	63	23,116	0,0414	0,274	
10	STA 24	51,60	53,20	50,50	360,2	358,9	2598	2589	12-06-2017	69	25,126	0,0414	0,361	

Yogyakarta, 12 Juni 2017
Bidang Kerja Sama dan
Pengabdian Kepada Masyarakat

Dr. Ir. M. Fauze Slewanty, M.Eng
NIP. 196308011980001000

Tabel 4. Perbandingan nilai kuat tekan marmer dari peneliti terdahulu (Haty, 2011) dan (Hadyan et al., 2015) serta (Titisari dan Kurniawati, 2018) dengan penelitian ini.

Peneliti & daerah penelitian	Kode sampel	Nilai kuat tekan (kg/cm ²)	Nilai kuat tekan rata - rata (kg/cm ²)
Haty (2011) Tulungagung	LP 1	643,26	717,36
	LP 2	637,20	
	LP 16	1120,55	
	LP 18	811,28	
	LP 53	374,49	
Hadyan et al, (2015) Bayat-Klaten	JK - 03,A,I	398,27	443,32
	JK - 03,A,II	512,68	
	JK - 02,B	419,02	
Titisari dan Kurniawati (2018) Besole-Tulungagung	M01	963,30	781,13
	M12	1112,08	
	M13	371,23	
	M18	513,97	
	M19	541,98	
	M3	290,97	
	M4	337,38	
	M5	273,49	
	M8	319,47	
	M10	389,34	
Penelitian ini	M14	326,34	295,37
	M15	271,12	
	M17	253,67	
	M21	235,72	
	M24	256,21	

Tabel 5. Hasil pengujian geokimia marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (dalam % berat).

Komponen (%)	Kode Sampel				Range	Rata - rata
	M5	M10	M15	M24		
SiO ₂	0,56	0,73	1,30	0,61	0,56 - 1,30	0,80
Al ₂ O ₃	0,13	0,12	0,33	0,13	0,12 - 0,33	0,18
Fe ₂ O ₃	0,13	0,12	0,15	0,07	0,07 - 0,15	0,12
CaO	55,90	51,00	50,40	54,90	50,40 - 55,90	53,05
MgO	0,43	4,61	3,36	0,16	0,16 - 4,61	2,14
Na ₂ O	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01 - 0,04	0,02
K ₂ O	0,01	0,02	0,08	0,02	0,01 - 0,08	0,03
Cr ₂ O ₃	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01 - 0,01	0,01
MnO	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01 - 0,01	<0,01
P ₂ O ₅	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01 - 0,02	0,01
SrO	0,02	0,03	0,03	0,05	0,02 - 0,05	0,03
BaO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	42,90	43,70	43,50	43,20	42,90 - 43,70	43,33
Total	100,12	100,36	99,18	99,18	99,18 - 100,36	99,71

tekan marmer daerah penelitian yaitu marmer yang memiliki tekstur nematoblastik (M3 dan M21) memiliki nilai kuat yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan marmer bertekstur granoblastik dan granuloblastik.

Analisa geokimia pada 4 sampel terpilih yaitu marmer dengan kode sampel M5, M10, M15, dan M24 menunjukkan nilai prosentase senyawa oksida utama yang bervariasi (dalam % berat), di mana kandungan SiO₂ berkisar antara 0,56% –

Tabel 6. Mineralogi normatif marmer dari data geokimia daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

No.	Mineralogi (%)	Rumus Kimia	Kode Sampel			
			M5	M10	M15	M24
1	Kalsit	CaO.CO ₂	97,110	77,480	82,583	98,374
2	Dolomit	CaOMgO. ₂ CO ₂	2,011	21,097	15,549	0,740
3	Kuarsa	SiO ₂	0,553	0,734	1,310	0,615
4	Hematit	Fe ₂ O ₃	0,128	0,114	0,144	0,064
5	Titanit?	CaO.TiO ₂ .SiO ₂	0,020	0,020	0,020	-
6	Korundum?	Al ₂ O ₃	0,133	0,125	0,338	0,133
7	Strontianit	SrOCO ₂	0,030	0,045	0,044	0,074
8	Rhodokrosit	MnO.CO ₂	-	-	0,012	-
Total			100	100	100	100

Tabel 7. Tabulasi pemanfaatan marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara berdasarkan syarat – syarat fisik marmer menurut SII. 0378-80 berdasarkan Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia (1981).

Kode Sampel	Pemanfaatan Marmer Mengacu pada SII. 0378-80														
	Penyerapan air maksimum (%)					Kuat Tekan Minimum (kg/cm ²)					Ketahanan aus maksimum (mm/menit)				
	Nilai Lab	a 0,75	b 0,75	c 0,75	d 1	Nilai Lab	a 800	b 800	c 600	d 500	Nilai Lab	a 0,13	b 0,16	c -	d -
M3	0,366	o	o	o	o	290,966	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M4	0,589	o	o	o	o	337,383	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M5	0,49	o	o	o	o	273,488	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M8	0,763	x	x	x	o	319,467	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M10	0,355	o	o	o	o	389,338	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M14	0,285	o	o	o	o	326,34	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M15	0,377	o	o	o	o	271,122	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M17	0,409	o	o	o	o	253,675	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M21	0,275	o	o	o	o	235,718	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M24	0,362	o	o	o	o	256,214	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o

Keterangan:

o = memenuhi syarat
x = tidak memenuhi syarat

a = lantai dengan beban hidup > 250 kg/cm²
b = lantai dengan beban hidup < 250 kg/cm²
c = batu tempel/batu hias konstruksi luar
d = batu tempel/batu hias konstruksi dalam

1,30 %, Al_2O_3 0,12 % - 0,33 %, Fe_2O_3 0,07 % - 0,15 %, CaO 50,40 % - 55,90 %, MgO 0,16 % - 4,61 %, Na_2O 0,01 % - 0,04 %, K_2O 0,01 % - 0,08 %, Cr_2O_3 < 0,01 %, TiO_2 < 0,01 % - 0,01 %, MnO < 0,01 - 0,01, P_2O_5 < 0,01 % - 0,02 %, SrO 0,02 % - 0,05 %, BaO < 0,01 % dan LOI sebesar 42,90 % - 43,70 % (Tabel 5). Berdasarkan hasil tersebut, CaO merupakan senyawa yang prosentasi beratnya tertinggi atau rata-ratanya sebesar 53,05 % berat. Data geokimia yang memberikan informasi kelimpahan senyawa oksida utama pada marmer tersebut digunakan untuk menghitung mineralogi secara normatif. Hasil perhitungan kelimpahan mineralogi secara normatif ini menunjukkan bahwa mineral kalsit ($CaCO_3$) merupakan mineral yang paling mendominasi sebagai mineral penyusun marmer dengan kelimpahan antara 77,480 % - 98,374 % kemudian diikuti dengan mineral dolomit ($(CaMg)(CO_3)_2$) dengan kelimpahan antara 0,740 % - 21,097% (Tabel 6).

Rekomendasi Pemanfaatan Marmer di daerah Penelitian

Berdasarkan sifat keteknikan (kuat tekan, ketahanan aus dan daya serap air) dan geokimia

marmer, yaitu mengacu pada SII. 0378-80 (Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia, 1981), nilai ketahanan aus sampel marmer yang diuji menunjukkan hasil yang secara keseluruhan memenuhi syarat (Tabel 7). Nilai penyerapan air juga menunjukkan hasil yang memenuhi syarat kecuali pada marmer dengan kode M8 yang memiliki nilai lebih besar dari 0,75 %. Akan tetapi, marmer di daerah penelitian memiliki nilai kuat tekan yang cukup rendah dimana nilainya hanya berkisar antara 235.718 kg/cm^2 - 389.338 kg/cm^2 , sehingga tidak memenuhi syarat kuat tekan dari SII. 0378-80 (Tabel 7) untuk dimanfaatkan sebagai lantai dan batu tempel. Namun jika mengacu pada SII. 0379-80 (Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia, 1981) maka nilai kuat tekan marmer daerah penelitian dapat memenuhi syarat untuk dimanfaatkan sebagai batu hias / tempel (Tabel 8).

Berdasarkan sifat geokimia senyawa oksida utamanya, yaitu dengan cara memplotkan nilai hasil uji geokimia marmer dari daerah penelitian ke dalam tabel pemanfaatan dari Scott dan Durham (1984) dalam Abdullateef et al, (2014).

Tabel 7. Tabulasi pemanfaatan marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara berdasarkan syarat – syarat fisik marmer menurut SII. 0378-80 berdasarkan Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia (1981).

Kode Sampel	Pemanfaatan Marmer Mengacu pada SII. 0378-80														
	Penyerapan air maksimum (%)					Kuat Tekan Minimum (kg/cm^2)					Ketahanan aus maksimum (mm/menit)				
	Nilai Lab	a	b	c	d	Nilai Lab	a	b	c	d	Nilai Lab	a	b	c	d
M3	0,366	o	o	o	o	290,966	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M4	0,589	o	o	o	o	337,383	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M5	0,49	o	o	o	o	273,488	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M8	0,763	x	x	x	o	319,467	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M10	0,355	o	o	o	o	389,338	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M14	0,285	o	o	o	o	326,34	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M15	0,377	o	o	o	o	271,122	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M17	0,409	o	o	o	o	253,675	x	x	x	x	0,0498	o	o	o	o
M21	0,275	o	o	o	o	235,718	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o
M24	0,362	o	o	o	o	256,214	x	x	x	x	0,0414	o	o	o	o

Keterangan:

o = ,memenuhi syarat
x = tidak memenuhi syarat

a = lantai dengan beban hidup > 250 kg/cm^2
b = lantai dengan beban hidup < 250 kg/cm^2
c = batu tempel/batu hias konstruksi luar
d = batu tempel/batu hias konstruksi dalam

Tabel 8. Tabulasi pemanfaatan marmer daerah Mata Wawatu dan Sanggula, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara berdasarkan syarat mutu batu alam untuk bahan bangunan menurut SII. 0379-80 berdasarkan Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia (1981).

Kode Sampel	Pemanfaatan Marmer Mengacu pada SII. 0379-80																				
	Penyerapan air maksimum (%)						Kuat Tekan Minimum (kg/cm ²)						Ketahanan aus maksimum (mm/menit)								
	Nilai Lab	e	f	g	h	i	j	Nilai Lab	e	f	g	h	i	j	Nilai Lab	e	f	g	h	i	j
M3	0,366	o	o	o	o	o	o	290,966	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o
M4	0,589	o	o	o	o	o	o	337,383	x	x	x	x	x	o	0,0498	o	o	o	o	o	o
M5	0,490	o	o	o	o	o	o	273,488	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o
M8	0,763	o	o	o	o	o	o	319,467	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o
M10	0,355	o	o	o	o	o	o	389,338	x	x	x	x	x	o	0,0498	o	o	o	o	o	o
M14	0,285	o	o	o	o	o	o	326,340	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o
M15	0,377	o	o	o	o	o	o	271,122	x	x	x	x	x	o	0,0498	o	o	o	o	o	o
M17	0,409	o	o	o	o	o	o	253,675	x	x	x	x	x	o	0,0498	o	o	o	o	o	o
M21	0,275	o	o	o	o	o	o	235,718	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o
M24	0,362	o	o	o	o	o	o	256,214	x	x	x	x	x	o	0,0414	o	o	o	o	o	o

Keterangan :
 e = pondasi bangunan berat
 f = pondasi bangunan sedang
 g = pondasi bangunan ringan
 h = tonggak dan batu tepi jalan
 i = penutup lantai/trotoar
 j = batu bias/batu tempel
 o = memenuhi syarat
 x = tidak memenuhi syarat

Tabel 9. Karakteristik geokimia marmer bagian timur laut dan barat daya daerah penelitian.

Oksida Utama (%)	Marmer daerah Timur Laut			Marmer daerah Barat Daya		
	M5	M24	Rata - rata	M10	M15	Rata - rata
SiO ₂	0,56	0,61	0,585	0,73	1,30	1,015
Al ₂ O ₃	0,13	0,12	0,125	0,12	0,33	0,225
Fe ₂ O ₃	0,13	0,07	0,100	0,12	0,15	0,135
CaCO ₃	97,113	98,366	97,740	77,549	82,573	80,061
MgO	0,43	0,16	0,295	4,61	3,36	3,985
CaO	55,90	54,90	55,400	51,00	50,40	50,700
CO ₂	42,90	43,20	43,050	43,70	43,50	43,600

Tabel 10. Tabulasi pemanfaatan marmer bagian timur laut dan barat daya daerah penelitian berdasarkan parameter geokimia mengacu pada Scott dan Durham (1984) dalam Abdullateef et al. (2014).

		Syarat Pemanfaatan								Rekomendasi Pemanfaatan Marmer daerah Penelitian																		
										Marmer daerah Timur Laut								Marmer daerah Barat Daya										
		a	b	c	d	e	f	g	h	Rata-rata	a	b	c	d	e	f	g	h	Rata-rata	a	b	c	d	e	f	g	h	
Kandungan Oksida Utama (%)	SiO ₂	< 1	-	< 1,5	< 2,5	-	< 2	-	-	0,585									1,015									
	Al ₂ O ₃	< 1	-		< 2	-	-	-	-	0,125									0,225									
	Fe ₂ O ₃	-	-	< 2	-	< 0,5	< 0,05	-	0,100									0,135										
	CaCO ₃	-	> 96	-	> 94	-	> 96	> 82	97,740									80,061										
	MgO	> 18	-	< 1	< 3	-	< 4	< 3	0,295									3,985										
	CaO	-	-	> 72,6	-	> 60	-	-	55,400									50,700										
	CO ₂	-	-	< 1	-	-	-	-	43,050									43,600										
Keterangan																												

Keterangan:

a = bahan tahan panas
 b = industri kertas
 c = pelumas (*lubricants*)
 d = pewarna tekstil
 e = produksi pestisida

f = penyaringan gula
 g = pembuatan kaca
 h = produksi semen

memenuhi syarat
 tidak memenuhi syarat

o = direkomendasikan
 x = tidak direkomendasikan

Empat sampel marmer yang dianalisis geokimianya diasumsikan mewakili karakteristik geokimia marmer di daerah penelitian yaitu marmer dengan kode M5 dan M24 mewakili marmer bagian timur laut daerah penelitian sedangkan marmer dengan kode M10 dan M15 mewakili marmer bagian barat daya daerah penelitian. Karakteristik geokimia dan rekomendasi pemanfaatan marmer (bagian timur laut dan barat daya) dari daerah penelitian secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Berdasarkan parameter kandungan geokimia (komposisi senyawa oksida utama) marmer tersebut, maka marmer bagian timur laut daerah penelitian direkomendasikan dapat digunakan dalam industri kertas, pewarna tekstil, penyaringan gula, dan produksi semen, sedangkan marmer bagian barat daya kurang dapat dimanfaatkan berdasarkan persyaratan secara geokimia karena tidak memenuhi kriteria-kriteria yang ada (Tabel 10).

KESIMPULAN DAN SARAN

Marmer di daerah penelitian hanya dapat dimanfaatkan sebagai batu hias / batu tempel. Secara geokimia berdasarkan komposisi senyawa oksidanya, marmer bagian timur laut daerah penelitian direkomendasikan untuk dimanfaatkan dalam industri kertas, pewarna tekstil, penyaringan gula, dan produksi semen, sedangkan marmer bagian barat daya kurang direkomendasikan untuk dimanfaatkan.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya uji keteknikan dan geokimia melibatkan sampel yang lebih banyak agar lebih mewakili karakteristik geokimia marmer di daerah penelitian. Selain itu perlu dilakukan perhitungan cadangan marmer yang lebih rinci yang ada di daerah penelitian agar dapat diperkirakan jangka waktu penambangan marmer di daerah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullateef, J. O., Elueze, A. A., dan Ahmed, J. B., 2014. Geochemistry and Economic Potential of Marble from Obajana, North Central, Nigeria, *Advances in Applied Science Research*, 5. 146–151.

Adhi, R. N., Pujobroto, A., Gurusinga, C. K., Kuntjara, U., Sunuhadi, D. N., Kasbani, Sumarna, N., Sumaatmadja, E. R.,

Kusdarto, Zulfikar, Iskandar, Wahyuningsih, R., 2004. Sumber Daya dan Cadangan Nasional Mineral, Batubara, dan Panas Bumi Tahun 2003, Bandung: Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.

Aditya, C., Halim, A. dan Silviana, 2016, Pemanfaatan Limbah Marmer dan Serbuk Silika pada Industri Bata Beton Pejal dan Berlubang, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Amal, A.S. dan Saleh, C., 2015, Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton terhadap Karakteristik Marshall, *E-Journal Universitas Muhammadiyah Malang*, Vol. 13. No.2

Hadyan, A., Setiawan, N. S., Budianta W., dan Alfyan M. F., 2015. Petrogenesis dan Sifat Keteknikan Marmer Jokotuo, Seminar Nasional Kebumihan ke – 8: Yogyakarta, p. 616–628.

Haty, I. P., 2011. Pemanfaatan Batu Marmer Berdasarkan Analisa Kuat Tekan dan Serapan Air Daerah Teras Kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur: *Jurnal Ilmiah Magister Teknik Geologi (MTG) UPN Veteran Yogyakarta*, 4(2).

Hunggurami, E., Lauata, M.F. dan Utomo, S., 2013, Pemanfaatan Limbah Serbuk Batu Marmer dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan pada Campuran Paving Block, *Jurnal Teknik Sipil Vo.II, No.1*

Istiqomah dan Kurnia, S., 2013. Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi pada Beton, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7, Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta*

Rollinson, H., 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Singapore: Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd.

Simandjuntak, T. O., Surono, dan Sukido, 1993. *Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi*,

Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

- Surat Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia (MenPerIn), 1981. Pengesahan Standar Syarat Mutu dan Cara Uji Bahan Baku dan Hasil Industri Serta Penetapannya Sebagai Standar Industri Indonesia, Nomor: 39/M/SK/1/1981, tanggal: 27 Januari 1981, Jakarta, <http://asialawreport.com/indonesia/perindustrian/1981-perindustrian/pengesahan-standar-syarat-mutu-dan-cara-uji/>
- Surono, 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Suseno, T. dan Mulyani, E., 2012. Konsep Pengembangan Wilayah Sulawesi Tenggara Berbasis Komoditas Unggulan Sektor Pertambangan, Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 8(3).
- Titisari, A.D. dan Kurniawati, S., 2018, Genesa Marmer Daerah Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Karakteristiknya, Proceeding Seminas Nasional Kebumihan ke – 11, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.