

Pengaruh pemanfaatan tailing terhadap kuat tekan, porositas dan absorpsi mortar *Portland Composite Cement*

Steve W.M Supit^{*1}, Rilya Rumbayan², dan Sumantri Misilu³

Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

e-mail: ^{*1}stevewmsupit@gmail.com, ²rilya.rumbayan@gmail.com, ³rezamisilu86@gmail.com

Abstrak

Potensi tailing sebagai material konstruksi pengganti sebagian semen untuk aplikasi masonry diuji dalam penelitian ini berdasarkan hasil kuat tekan dan porositas mortar. Tailing yang diambil dari lokasi penambangan emas tradisional di Desa Kotabunan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara, digunakan untuk mengganti 5%, 10%, dan 15% semen pada campuran mortar (MT-5, MT-10 dan MT-15) dan diuji pada hari ke-7, 14 dan 28 hari setelah perendaman dengan air. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai kuat tekan mortar dengan campuran 10% tailing dari berat semen (MT-10) memiliki nilai tertinggi dibandingkan kuat tekan mortar dengan campuran tailing 5% dan 15%. Kuat tekan yang diperoleh adalah 10 MPa, 17 MPa dan 19 MPa pada semua tinjauan umur mortar. Adapun hasil ini tidak memiliki perbedaan yang berarti dibandingkan dengan kuat tekan mortar normal tanpa tailing (MT-0) khususnya pada umur awal mortar yakni 7 dan 14 hari. Pengujian porositas menunjukkan bahwa MT-15 memberikan nilai porositas lebih rendah dibandingkan MT-5 dan MT-10 namun sedikit lebih besar dari MT-0. Dari hasil perbandingan MT-0 dengan MT-10, ketahanan mortar dengan 10% tailing terhadap absorpsi adalah lebih besar dari MT-0 sehingga masih perlu dilakukan kajian lanjutan dalam pengujian durabilitas mortar dengan tailing untuk aplikasi konstruksi pada lingkungan yang korosif.

Kata kunci—tailing, mortar, kuat tekan, porositas, absorpsi

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi terkini dalam bidang material konstruksi melalui pemanfaatan sumber daya alam lokal diamati sangat pesat dewasa ini. Penelitian-penelitian di bidang teknologi beton dengan menggunakan bahan pozzolan seperti abu terbang, *silica fume*, metakaolin, abu sekam padi telah menghasilkan hasil-hasil positif yang menunjukkan peningkatan karakteristik mekanik mortar maupun beton ketika digunakan sebagai material pengganti sebagian semen maupun pengganti agregat halus.

Sebagai material utama pembentuk mortar dan beton, semen memiliki kandungan utama yakni kalsium, silika, aluminium, besi dan sedikit oksida alkali dan SO₃. Setelah penambahan air, semen akan mengalami proses hidrasi sehingga menghasilkan gel dan kalsium hidroksida. Walaupun demikian, ketersediaan semen yang seringkali langka di pasaran seMTa efek yang ditimbulkan saat proses produksi dengan menghasilkan 1 ton karbondioksida pada produksi 1 ton semen, menyebabkan berkembangnya upaya mereduksi pemakaian semen melalui pemanfaatan material pozzolan.

Propinsi Sulawesi Utara memiliki beberapa lokasi tambang emas yang hampir semua lokasi banyak dikuasai oleh penambang – penambang tanpa ijin (PETI) dengan sistim

pengolahan untuk mendapatkan emas yang sangat konvensional dan sama sekali tidak memikirkan dampak yang akan terjadi pada daerah atau lingkungannya. Limbah yang dihasilkan dalam penambangan yakni tailing, ditampung pada satu lokasi dan dibiarkan dibawa air pada waktu hujan atau dialirkan ke sungai yang dekat dengan lokasi tambang emas [1].

Masyarakat disekitar lokasi enggan memanfaatkan tailing karena dianggap tidak memiliki unsur aktif yang dapat bermanfaat untuk perkebunan ataupun sebagai pembentuk material konstruksi. Hal ini menyebabkan menumpuknya deposit tailing yang makin lama akan semakin mengendap dan dapat mengancam keseimbangan lingkungan disekitarnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian-penelitian dasar untuk mengetahui potensi pemanfaatan tailing khususnya yang diambil dari lokasi penambangan di Propinsi Sulawesi Utara.

Berdasarkan beberapa hal di atas, penelitian ini menginvestigasi pengaruh pemanfaatan tailing yang diambil dari Desa Kotabunan Kec. Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara, sebagai material pengganti semen pada campuran mortar. Tinjauan penelitian dilakukan di laboratorium uji bahan Politeknik Negeri Manado berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, porositas dan ketahanan mortar atas absorpsi air. Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan rekomendasi pemanfaatan tailing untuk produk konstruksi yang ekonomis dengan kekuatan yang cukup sebagai plesteran, *paving block*, *hollow brick* dan lain sebagainya.

2. DASAR TEORI

Tailing adalah satu jenis limbah sisa proses pengolahan bijih mineral pada kegiatan tambang. Menurut referensi [2], dari pengolahan mineral yang dilakukan, hanya kurang dari 3% bijih menjadi produk dan sisanya menjadi tailing. Berdasarkan sifat fisiknya, komposisi tailing terdiri dari 50% fraksi pasir halus dengan diameter 0,075-0,4 mm, dan sisanya merupakan fraksi lempung berdiameter 0,075 mm. Berdasarkan sifat kimianya, tailing hasil penambangan emas mengandung unsur SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang tinggi.

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa tailing berpotensi meningkatkan sifat mekanik dan daya tahan mortar dan beton. Pemanfaatan tailing sebagai material konstruksi ini telah dilakukan melalui penelitian-penelitian diantaranya:

- Peneliti pada referensi [1] melakukan penelitian mengenai “Kajian manfaat tailing untuk bahan bangunan konstruksi”. Melalui studi yang dilakukan, diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dapat mencapai 22,17 MPa dengan komposisi campuran 20% tailing.
- Penelitian lainnya seperti pada referensi [3] tentang pengaruh Sikacrete-W terhadap sifat mekanik beton yang menggunakan 15% tailing sebagai substitusi semen. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kuat tekan optimum dari beton tailing dicapai pada penambahan konsentrasi Sikacrete 16% dari berat semen.
- Studi oleh Ouaguluchi dan Eren (2012) [4] mempelajari pengaruh tailing (0%, 5% dan 10% dari berat semen) sebagai bahan tambah. Hasil kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan tailing ke beton menyebabkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton kontrol pada hari ke 7, 28 dan 90. Kekuatan tekan maksimum diperoleh dari sampel dengan penambahan 5% tailing. Lebih lanjut, Onuaguluchi (2012) [5] mengamati kekuatan mekanik beton dan mortar dengan penggunaan penambahan 5% tailing tembaga sebagai bahan pengganti semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan mekanik 5% tailing (33 MPa) jauh lebih baik daripada sampel beton kontrol (25 MPa) pada umur 28 hari.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Material

Material utama yang digunakan adalah *Portland Composite Cement (PCC)*, Pasir Desa Langsot, Kema, lolos saringan No. 4 dan tailing dari Desa Kotabunan Kec. Bolaang Mongondow Timur. Gambar 1 menunjukkan lokasi pengambilan tailing di sungai dekat permukiman. Gambar 2 menunjukkan tailing yang telah lolos #100 setelah dikeringkan di oven selama 24 jam dengan temperature 110°C. Adapun komposisi kimia semen dan tailing yang digunakan ditabelkan pada Tabel 1. Hasil ini diperoleh dari analisa kuantitatif dengan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Berdasarkan prosentase yang diperoleh, terlihat bahwa jumlah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 76,29\%$ atau diatas 70%. Menurut ASTM C618 [6], pozzolan yang memiliki prosentase komposisi kimia $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ diatas 70% memiliki reaktifitas yang tinggi dan memiliki mutu yang baik.



Gambar 1. Lokasi pengambilan tailing



Gambar 2. Tailing lolos #100

Tabel 1. Komposisi kimia semen dan tailing

Senyawa Kimia	PCC (%)	Tailing (%)
SiO ₂	8.43	46,34
Al ₂ O ₃	1.65	10,78
Fe ₂ O ₃	4.81	19,17
MgO	73.12	-
CaO	-	-
K ₂ O	-	5,92
Na ₂ O	-	-
SO ₃	2.71	10,94

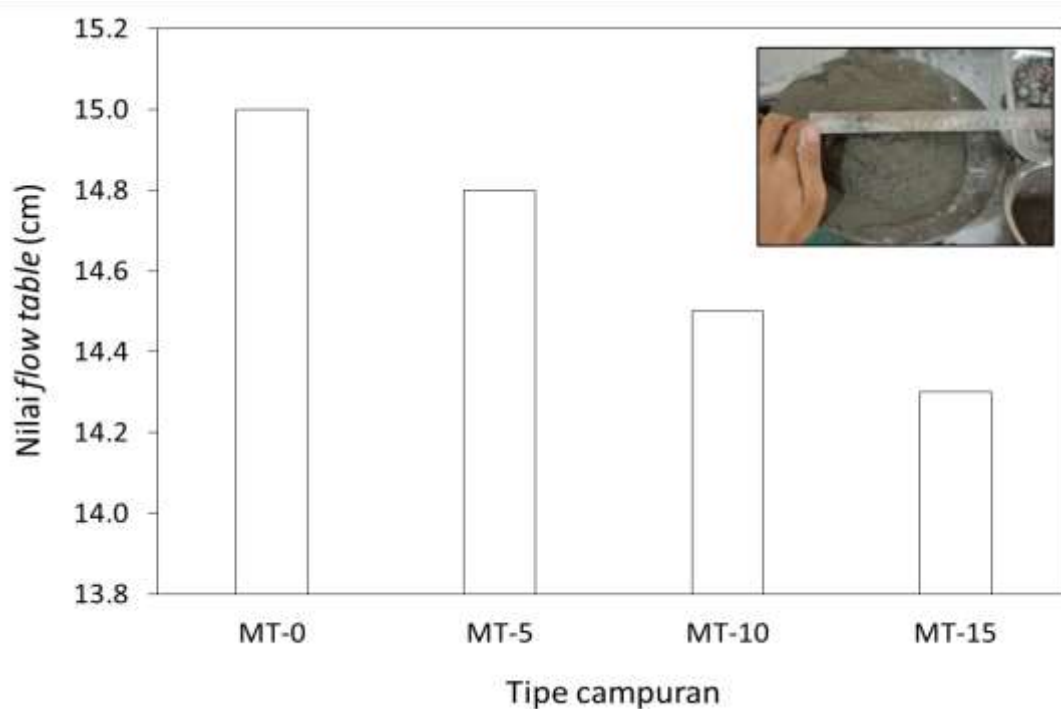
3.2 Metode pengujian

Pengujian dilakukan terhadap mortar berukuran 50mmx50mmx50mm dengan masing-masing tiga sampel tiap campuran untuk pengujian kuat tekan dan dua sampel masing-masing untuk pengujian absorpsi air. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan *Universal Testing Machine* di Laboratorium Uji Bahan, Politeknik Negeri Manado berdasarkan ASTM C109/C109M [7]. Untuk pengujian absorpsi dilakukan dengan mengikuti standar ASTM C1403 [8] sedangkan pengujian porositas mortar dilakukan dengan perhitungan perbedaan berat setelah direndam dengan berat kering sampel sebelum direndam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Nilai flow table

Gambar 3 menunjukkan tingkat *workability* mortar dengan dan tanpa penggunaan tailing berdasarkan nilai meja sebar (*flow table*). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa nilai *flow table* mortar semen adalah 15 cm, sedangkan mortar dengan tailing memiliki nilai *flow table* yang lebih rendah. Walaupun tidak signifikan, semakin banyak penambahan prosentase tailing pada mortar menghasilkan nilai *flow table* yang makin rendah mencapai sekitar 14,3 cm karena ukuran partikel tailing yang lebih halus daripada semen. Ukuran halus ini mengakibatkan semakin besarnya luas permukaan yang dapat meningkatkan kebutuhan air dalam mencapai tingkat kelecakan yang diharapkan. Tingkat *workability* akibat penggunaan tailing juga dikemukakan oleh peneliti dalam referensi [9], dimana ukuran partikel dan tekstur permukaan tailing menjadi penyebab meningkatnya kebutuhan air dalam mencapai nilai *workability* seperti yang diharapkan.

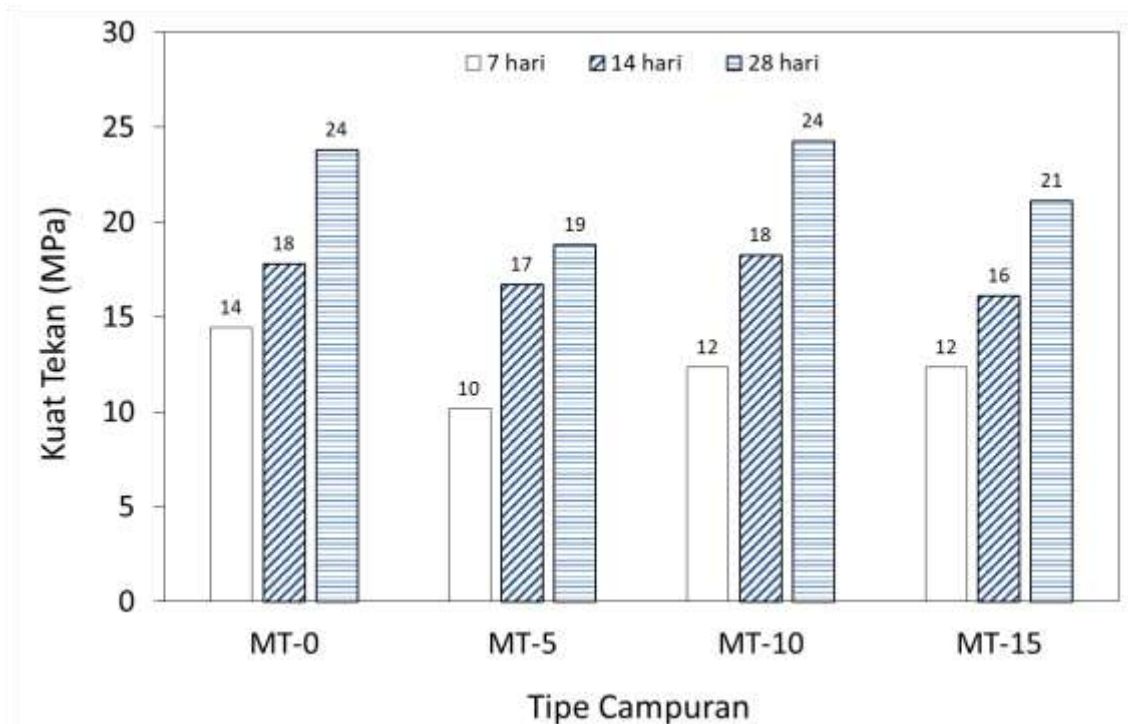


Gambar 3. Nilai *flow table* mortar dengan dan tanpa tailing

4.2 Kuat tekan

Gambar 4 menunjukkan nilai kuat tekan mortar dengan variasi prosentase penggunaan tailing 5%, 10% dan 15% pada 7, 14 dan 28 hari. Terlihat bahwa diantara mortar dengan tailing, prosentase tailing sebesar 10% memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan mortar dengan 5% dan 15% tailing. Kuat tekan yang diperoleh oleh MT-10 adalah 12 MPa, 18 MPa dan 24 MPa pada 7, 14 dan 28 hari. Kuat tekan ini tidak lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan mortar dengan semen saja. Walaupun demikian, hasil yang diperoleh menjelaskan bahwa penggantian sebagian semen dengan 10% tailing, dapat diperoleh kuat tekan yang setaraf dengan kuat tekan mortar semen sehingga dapat dikatakan bahwa tailing dalam komposisi yang tepat bisa mereduksi pemakaian semen. Adapun semakin besar prosentase tailing, tidak memberikan kuat tekan yang berarti, namun pada 28 hari MT-15 memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari MT-5 yang hanya mencapai 19 MPa. Dari hasil penelitian kuat tekan diperoleh bahwa kuat tekan mortar dengan prosentase 5%, 10% dan 15% memiliki kekuatan tekan sekitar 19-24 MPa setelah perawatan mortar selama 28 hari. Hasil ini melebihi kekuatan minimal yang disyaratkan SIN 6882:2014 [10] yakni 17 MPa sehingga secara kuat tekan, mortar yang menggunakan tailing memiliki potensi untuk dapat diaplikasikan pada pekerjaan konstruksi non-struktural seperti lapisan dinding interior dan eksterior serta struktural meliputi pekerjaan pasangan batu, pondasi, maupun dinding penahan tanah. Walaupun demikian, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini kekuatan tekan mortar yang menggunakan tailing memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah khususnya pada umur awal yakni 7 hari menunjukkan rendahnya reaktivitas tailing dalam mempercepat tingkat reaksi hidrasi pada umur awal. Hal ini juga dikemukakan oleh peneliti dalam referensi [11] sehingga kontribusi peningkatan kekuatan

tekan lebih disebabkan oleh pengaruh ukuran partikel tailing yang halus dan akan menjadi lebih baik jika melalui proses kalsinasi sebelum digunakan dalam campuran, karena tailing juga memiliki sifat *kaolinite* [12].



Gambar 4. Kuat tekan mortar dengan dan tanpa tailing pada 7, 14 dan 28 hari

4.3 Porositas

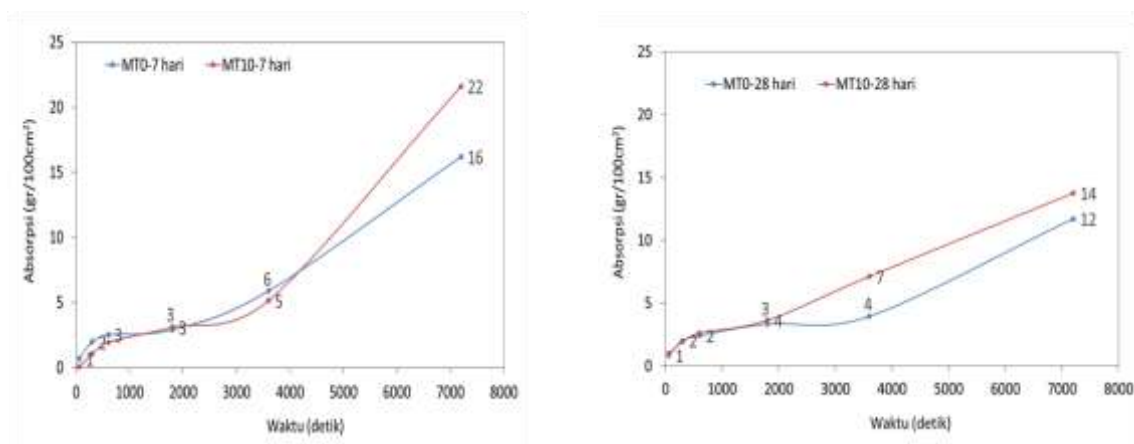
Hasil pengujian porositas mortar dengan dan tanpa tailing dapat dilihat pada Tabel 2. Pada mortar dengan umur 7 hari, untuk jumlah rongga terbesar dalam 10 menit, 60 menit, dan 24 jam adalah MT-10 (mortar dengan campuran 10% tailing dari berat semen) dengan hasil 9,55% (10 menit), 14,76% (60 menit) dan 16,70% (24 jam). Sehingga dapat disimpulkan bahwa umur mortar 7 hari, nilai kadar rongga terbesar ada pada MT-10 (mortar dengan campuran 10% tailing dari berat semen) dibandingkan dengan campuran yang lainnya sedangkan pada umur 28 hari, untuk jumlah rongga terbesar dalam 10 menit, 60 menit, dan 24 jam adalah MT-10 (mortar dengan campuran 10% tailing dari berat semen) dengan hasil 13,24% (10 menit), 16,81% (60 menit) dan 19,74% (24 jam). Sehingga dapat disimpulkan bahwa umur mortar 7 dan 28 hari, nilai kadar rongga terbesar ada pada MT-10 (mortar dengan campuran 10% tailing dari berat semen) dibandingkan dengan campuran yang lainnya. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa semakin bertambahnya prosentase tailing pada mortar dari 5% dan 10% menjadi 15%, nilai porositas semakin berkurang. Hal ini menunjukkan karakteristik tailing yang dapat menjadi pengisi pori-pori mortar sehingga meningkatkan tingkat densitasnya.

Tabel 2. Prosentase porositas mortar dengan variasi tipe campuran

Tipe Campuran	7 hari			28 hari		
	10 menit	60 menit	24 jam	10 menit	60 menit	24 jam
MT-0	3,95	6,64	12,79	4,19	7,30	13,19
MT-5	7,96	13,72	14,85	11,31	14,56	18,64
MT-10	7,45	13,29	14,65	13,24	16,81	19,74
MT-15	9,00	13,80	14,87	5,42	11,33	13,23

4.4 Absorpsi

Nilai absorpsi dari MT-0 dan MT-10 adalah 16 gr/cm² dan 22 gr/cm² untuk waktu penyerapan optimum selama 24 jam pada umur mortar 7 hari (Gambar 5a) dan pada umur mortar 28 hari (Gambar 5b), nilai absorpsi dari MT-0 dan MT-10 adalah 12 gr/cm² dan 14 gr/cm². Berdasarkan hasil pemeriksaan nilai absorpsi mortar, dapat disimpulkan bahwa MT-10, menyerap air lebih besar dari pada MT-0. Hasil ini sinkron dengan hasil pengujian dari porositas mortar, dimana MT-10 memiliki nilai kadar rongga terbesar. Hal ini dikemukakan juga dalam penelitian pada referensi [13] dimana berdasarkan analisa *Scanning Electron Microscopy (SEM)* diperoleh bahwa pengaruh tailing tidak signifikan sebagai *filler* pada umur awal dan akan lebih maksimal ketika umur benda uji di atas 180 hari.



Gambar 5. Absorpsi mortar dengan dan tanpa tailing pada (a) 7 hari dan (b) 28 hari

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai *flow table* untuk mortar normal (MT-0) adalah 15 cm dimana penambahan tailing sebagai pengganti semen membuat nilai *flow table* menjadi lebih kecil. Jadi dapat

disimpulkan bahwa semakin besar prosentase tailing yang dipakai pada campuran mortar, akan semakin kecil pula nilai *flow table*, dikarenakan karakteristik taling yang lebih halus dari semen sehingga banyak menyerap air dibandingkan dengan semen.

2. Kuat tekan yang diperoleh dari mortar dengan tailing bervariasi antara 19-24 MPa pada umur 28 hari. Hal ini memenuhi standar SNI 8882:2014 untuk pekerjaan pasangan maupun struktural dan non-struktural bangunan seperti lapisan dinding interior dan eksterior.
3. Berdasarkan hasil nilai porositas terlihat bahwa semakin bertambahnya prosentase tailing pada mortar menjadi 15% dari berat semen, nilai porositas mortar semakin berkurang. Hal ini menunjukkan karakteristik tailing yang dapat menjadi pengisi pori-pori mortar sehingga meningkatkan tingkat densitasnya.
4. Hasil pengujian absorpsi menunjukkan bahwa mortar dengan prosentase 10% tailing (MT-10) memiliki nilai absorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan mortar kontrol (MT-0) sedangkan pada nilai absorpsinya. Hal ini sejalan dengan hasil porositas dimana mortar dengan komposisi 10% tailing memiliki kadar pori yang lebih besar sehingga lebih menyerap air.

6. SARAN

Penelitian pengaruh pemanfaatan tailing masih perlu dilanjutkan dengan pengujian skala laboratorium yang lain seperti uji ketahanan sulfat, uji korosi, uji kuat tarik dan lentur termasuk analisa mikrostuktur sehingga didapatkan justifikasi yang tepat tentang potensi pemanfaatan tailing sebagai material konstruksi yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pandeleke, R., 2010, Kajian manfaat tailing untuk bahan bangunan konstruksi, Tekno, Vol. 07, No. 52, 75-80. Onuaguluchi, O., 2012, *Properties of Cement Based Materials Containing Copper Tailings*, Dissertation, Eastern Mediterranean University, Gazimagusa, North Cyprus.
- [2] Riogilang, H. dan Masloman, H., 2009, Pemanfaatan limbah tambang untuk bahan konstruksi bangunan, Vol. 9, No. 1: 69-73.
- [3] Simanjuntak, J., 2013, Kajian sifat mekanik beton tailing pada pengerjaan beton dalam air laut (underwater-cast concrete), Jurnal Sipil Statik, Vol. 1, No. 10, September 2013 (685-688).
- [4] Onuaguluchi, O. and Eren, O., 2012, Cement mixtures containing copper tailings as an additive: Durability Properties, *Materials Research*, 15(6):1029-1036.
- [5] Onuaguluchi, O., 2012, *Properties of Cement Based Materials Containing Copper Tailings*, Dissertation, Eastern Mediterranean University, Gazimagusa, North Cyprus.
- [6] ASTM C618-19. Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

- [7] ASTM C109/C109-16a, Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50-mm] cube specimens), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016.

- [8] ASTM C1403-15, Standard test method for rate of water absorption of masonry mortars. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

- [9] Gou, M., Zhou, L., and Then, N. 2019. Utilization of tailings in cement and concrete: A review. *Science Engineering Composite Material*, Vol. 26, 449-464.

- [10] Standar Nasional Indonesia (SNI) 6882:2014 tentang Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan.

- [11] Han, F., Li, L., Song, S., and Liu, J. 2017. Early-age hydration characteristics of composite binder containing iron tailing powder. *Powder Technology*, Vol. 315, pp. 322-331.

- [12] Z.L. Yi., H.H. Sun, X.Q., Wei, C. Li, Iron ore tailings used for the preparation of cementitious material by compound thermal activation, *International Journal of Minerals Metallurgy and Materials* 16(3) (2009) 355-358.

- [13] Zhang, L., Song, D., Liu, S. 2019. Effect of the content of micro-active copper tailing on the strength and pore structure of cementitious materials. *Materials*. 12, 1861. DOI: 10.3390/ma12111861.