

ANALISIS PERAMBATAN RETAK DAN HASIL SEM PADA BETON NORMAL DENGAN SUBSTITUSI PASIR LIMBAH SUNBLASTING

Qomariah¹⁾, Agustin Dita Lestari²⁾

Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 9 Malang

¹⁾ qomariah.suryadi2@gmail.com

²⁾ agustinditalestari@polinema.ac.id

Abstrak

Industri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah sunblasting, pada akhirnya akan mencemari lingkungan. Salah satu solusi untuk mengurangi limbah tersebut adalah dengan memanfaatkannya sebagai campuran pada beton normal. Penelitian ini akan menganalisis tentang hasil perambatan retak dan hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada beton normal dengan variasi penambahan pasir limbah sunblasting sebesar 0%, 30%, dan 40%. Metode perancangan beton normal dilakukan menurut SNI-03-2834-2000. Menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta dilakukan pengujian tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari dan pengujian SEM. Dengan variasi penambahan pasir sandblasting 30%, nilai kuat tekan beton meningkat sesuai dengan berat benda uji. Hal ini menunjukkan penggunaan limbah sandblasting meningkatkan pengikatan semen pada beton. Berdasarkan hasil kuat tekan, hasil XRF, dan SEM, maka substitusi limbah sandblasting sebesar 30% merupakan variasi yang paling optimal.

Kata Kunci: pasir *sandblasting*, perambatan retak, *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1. PENDAHULUAN

Perusahaan industri yang bergerak di bidang peralatan dan menjadi produsen pengecoran yang diantaranya menghasilkan peralatan industri baja dan besi. Dari proses industri yang dilakukan menghasilkan limbah padat melalui proses Sandblasting. Menurut Setyarini dan Sulisty, 2011, sandblasting adalah suatu proses penyemprotan material yaitu material yang berupa besi atau baja dengan bahan abrasif, biasanya berupa pasir kuarsa atau juga disebut pasir silika (*steel grit*) dengan tekanan yang tinggi pada suatu permukaan dengan tujuan untuk menghilangkan material material seperti karat, cat, garam dan oli yang menempel. Menurut Wildani dan Sukandar, 2009 limbah sandblasting merupakan sisa hasil dari proses sandblasting di industri. Berdasarkan lampiran 2 Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 sandblasting ditetapkan sebagai limbah B3 dengan pencemaran berupa logam berat.

Pasir silika atau juga disebut pasir kwarsa memiliki harga jual yang cukup mahal. Namun setelah digunakan dalam proses sandblasting, pasir ini tidak memiliki nilai ekonomis dan menjadi limbah. Limbah sandblasting selalu menjadi permasalahan dalam dunia industri. Debu limbah yang sangat halus jika tidak ditangani dengan baik dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi lingkungan kerja maupun lingkungan warga yang berada di sekitar pabrik. Menurut Wildani dan Sukandar (2009), penanganan limbah sandblasting umumnya limbah tersebut di timbun dalam kontainer yang tertutup ataupun diurug dalam sebuah lahan.

Menurut Kasiati dkk. (2012), berbagai macam inovasi dilakukan dalam pembuatan beton dengan

menggunakan material alternatif pasir limbah sebagai bahan buangan dianggap tidak menguntungkan dan jumlahnya sangat melimpah. Dibandingkan pasir sungai, pasir silika memiliki kualitas yang cukup baik untuk digunakan dalam campuran beton. Menurut Antonius dkk. (2012), penduduk di daerah Pati dan Rembang ke arah timur banyak menggunakan pasir silika sebagai campuran beton dengan komposisi 1:2 sebagai usaha pemanfaatan limbah untuk beton, jugamelihat fungsinya pada beton. Pada penelitian sebelumnya gradasi pasir limbah ini masuk pasir halus bisa dikatakan dapat meningkatkan kepadatan beton dengan menggunakan kerikil gradasi rapat pada perancangan beton.

Penelitian saat ini akan mengangkat topik yang belum tersampaikan pada penelitian sebelumnya, yaitu tentang perambatan retak dan hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM). Peneliti akan menganalisis hubungan antara perambatan retak dengan hasil SEM pada beton normal dengan variasi penambahan pasir limbah sunblasting.

2. KAJIAN PUSTAKA

Menurut Lin, Y. W., dkk (2022), dengan mengoptimalkan bahan sintesis zeolit dari limbah kaca panel surya dan limbah sandblasting dengan metode Box-Behnken, mereka mengkonfirmasi kelayakan penggunaan kembali dan komersialisasi limbah kaca LCD dan limbah cair bahan bangunan. Dengan begitu, dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pembuangan limbah.

Sedangkan dalam bidang Teknik Sipil, penelitian Palaniyappan, S. dkk (2022) tentang pengujian batu bata *fireclay* dengan menggunakan beberapa limbah lumina abrasif (0 %, 10 %, 20 %, dan 30%). Hasil pengujian menunjukkan bahwa

peningkatan suhu pembakaran dan persentase limbah abrasive dapat mengurangi porositas dan menghasilkan produksi batu bata tahan api tebal tanpa kesalahan struktural. Mereka memberikan rekomendasi bahwa substitusi limbah lumina abrasive mengurangi dampak lingkungan dan mengubah limbah industri yang tidak terdegradasi menjadi bahan dengan nilai tambah untuk industri konstruksi.

2.1. Limbah Sandblasting

Adapun karakteristik dari limbah sandblasting adalah sebagai berikut:

a. Karakteristik fisik

Limbah sandblasting berasal dari silika yang memiliki bentuk umum menyerupai kristal (tridimit, quartz, dan kristobalit). Silika memiliki rumus molekul SiO₂ (silicon dioksida). Silika diperoleh dari alam melalui proses tambang atau galian dalam bentuk mineral seperti kuarsa, granit, dan feldspar (Riandani, 2014). Pasir silika umumnya berwarna putih, merupakan mineral yang transparan dan tembus cahaya dan sering digunakan dalam industri kaca. Silika memiliki butiran yang membundar. Karakteristik silika dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

TABEL 2.1. KARAKTERISTIK SILIKA

Uraian	Keterangan
Nama lain	Silikon Dioksida
Rumus Molekul	SiO ₂
Berat Jenis (g/cm ³)	2,6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm ²)	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73 – 75
Resistivitas (m)	>10 ¹⁴
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa

b. Karakteristik kimia

Kandungan kimia limbah *sandblasting* PT. Boma Bisma Indra Pasuruan harus memenuhi syarat yang ditetapkan Pemerintah Republik Indonesia melalui Peraturan Pemerintah nomer 85 tahun 1999 tentang “Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun” untuk dapat diolah kembali menjadi suatu hasil yang berguna. dari hasil analisis pengujian di

Laboratorium SUCOFINDO Bekasi dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

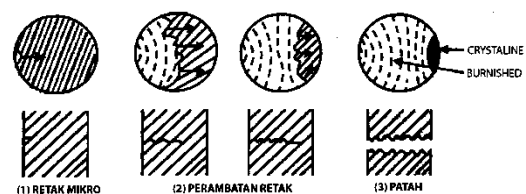
TABEL 2.2. HASIL PENGUJIAN LIMBAH SANDBLASTING

Parameter	Hasil Pengujian	Nilai Batas*)
Arsenic	< 0.003	5.0
Cadmium	< 0.02	1.0
Chorium	< 0.1	5.0
Lead	< 0.09	5.0
Zinc	17.1	50.0

*Berdasarkan PP No. 85/1999 SUCOFINDO

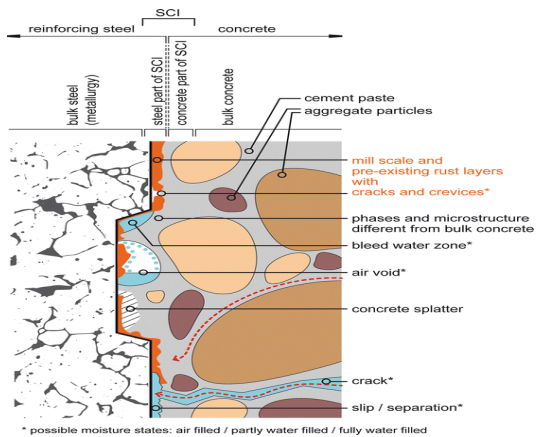
2.2. Pola dan Perambatan Retak Beton

Pola retak pada beton sangat ditentukan oleh kandungan bahan penyusunnya dan besarnya tekanan yang diberikan pada beton tersebut. Pola retak menunjukkan ada dua kemungkinan, yang pertama beton gagal dan kemungkinan yang kedua adalah beton masih dapat dikembangkan. Kecepatan dan panjang retak pada balok dipengaruhi oleh banyak variabel. Propagasi retak dapat digunakan untuk mengindikasikan kecepatan perambatan retak. Semakin landai kurva hubungan panjang retak dengan beban pada balok, maka dapat dikatakan balok mempunyai kecepatan retak yang tinggi.



Gambar 1. Pola Retak Beton

Interface zone adalah ketebalan lapisan mengelilingi agregat yang sangat tipis dan hal ini sangat sulit untuk diperhitungkan dengan jelas untuk permodelan dari beton. Menurut Scrivener et al (2004), interface zone antara agregat dan semen pasta pada suatu beton bertulang adalah area yang sangat khusus pada suatu beton bertulang. Hal ini dimaksudkan pada area pasta semen berhadapan pada permukaan partikel agregat yang mempunyai mikrostruktur yang dirusak oleh adanya agregat itu sendiri. Zimbel Mann (1987) dan Bentur and Odler (1996) menemukan pembentukan interface zone adalah penyebab utama terjadinya micro bleeding dan pengaruh dinding cetakan. Gambar berikut ini menunjukkan proses terjadinya interface area yang berlanjut pada proses retak pada beton dan mengalami perambatan.



Gambar 2. Diagram area interface

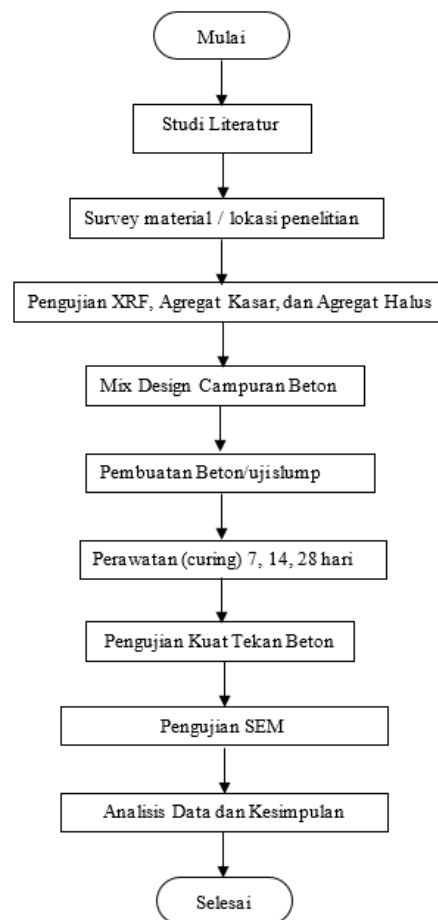
2.3. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu. Alat ini digunakan untuk mengamati detail permukaan struktur mikroskopik dan menampilkan pengamatnya secara tiga dimensi. Fungsi SEM adalah untuk memindai terfokus balok halus electron ke sampel kemudian electron tersebut akan berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari electron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi electron yang dihasilkan dari sampel.

SEM merupakan suatu metode analisis statistik multivariat yang dapat melakukan olah data regresi atau analisis. Selain itu, juga dapat memberikan informasi terkait komposisi kimia dalam suatu bahan, baik bahan konduktif maupun bahan non konduktif. Tergantung dengan tujuan melakukan uji SEM itu sendiri, misalnya ingin mengetahui bahan dasar sendiri atau ikatan antara material dalam hal ini kerikil, pasir dan semen serta air.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Untuk pengambilan bahan substitusi berupa limbah sandblasting berasal dari PT. Boma Bisma Indra, Pasuruan. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tekan akan dilaksanakan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari. Penelitian dilakukan dengan cara pengujian pada laboratorium dan tata cara disesuaikan dengan tinjauan pustaka yang baik yang berdasarkan standar Indonesia yaitu SK SNI ataupun Standar asing yaitu ASTM, AASHTO dan BS. Hasil penelitian ini adalah menganalisis hasil perambatan retak dan hasil SEM pada beton normal dengan substitusi pasir limbah 0%, 30%, dan 40%. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini lebih jelas ditunjukkan dalam diagram alir berikut ini.



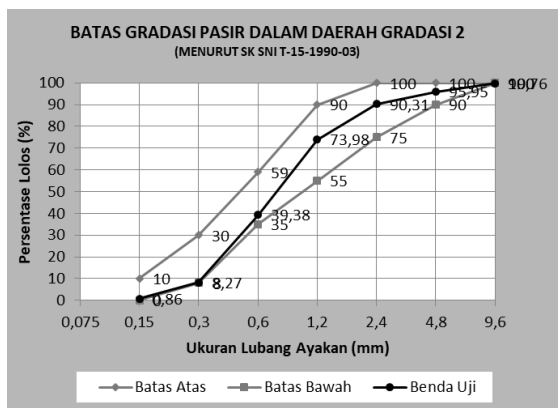
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian Agregat

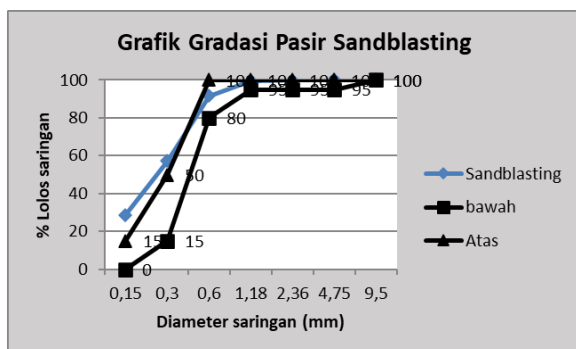
Agregat halus berperan sebagai pengisi bagian diantara agregat kasar yang tidak dapat diisi oleh agregat kasar. Pasir harus diuji terlebih dahulu agar memenuhi syarat sebagai campuran beton, adapun uji material yang dilakukan adalah gradasi, berat jenis, penyerapan, kadar air, kadar organik, dan kadar lumpur.

Gradasi agregat halus penting untuk diuji, guna mendapatkan penyebaran ukuran gradasi pasir yang memenuhi standar mutu pasir. Dari analisa ayakan yang dilakukan, pasir yang akan dipakai memenuhi standar pasir zona II menurut SK –SNI T 15-1990-03. Gradasi pasir Zona II adalah daerah pasir yang terbaik, karena penyebaran ukuran pasir sedang (\emptyset 0.6 – 1.2 mm) persentasenya lebih banyak yaitu total 50 % dibandingkan pasir kasar maupun pasir halus. Artinya jumlah pasir sedang tidak memerlukan semen yang banyak dan dalam pengisian pori antar agregat akan sangat menguntungkan dalam pencapaian kepadatan penuh. Hasil analisa gradasi pasir dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Gradik Gradasi Pasir

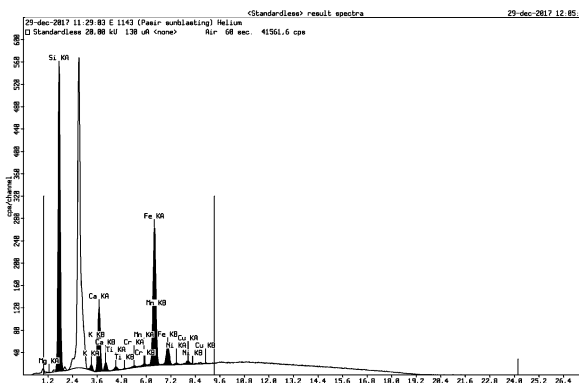
Hasil analisa gradasi pasir sandblasting, memenuhi standar gradasi pasir Zona IV menurut SK-SNI T 15-1990-03. Ukuran penyebaran pasir lebih banyak ukuran dibawah Ø 1.18 mm dengan jumlah diatas 65 %, termasuk jenis pasir sedang – ke halus, dan bersifat memberikan kepadatan rongga yang ada diantara kerikil dan pasir kasar. Pasir ini masih diizinkan dipakai, dan biasanya kebutuhan semen lebih meningkat dengan zona pasir IV (zona pasir halus).



Gambar 5. Grafik Gradasi Limbah Sandblasting

4.2. Pengujian XRF Sandblasting

Uji pasir sandblasting dilakukan karena pasir ini sudah digunakan untuk membersihkan permukaan karat dan cat pada logam atau beton. Oleh karena itu, perlu diuji apakah kandungan mineral pasir sudah berubah dan mengalami kontaminasi akibat penggunaan dengan cara penyemprotan dengan tekanan tinggi. Hasil pengujian XRF menunjukkan bahwa kandungan mineral tidak berubah sedikitpun. Sebagian besar senyawa tersebut tidak tercemar oleh proses sandblasting dan konsentrasi silika masih cukup tinggi untuk digunakan dalam beton.



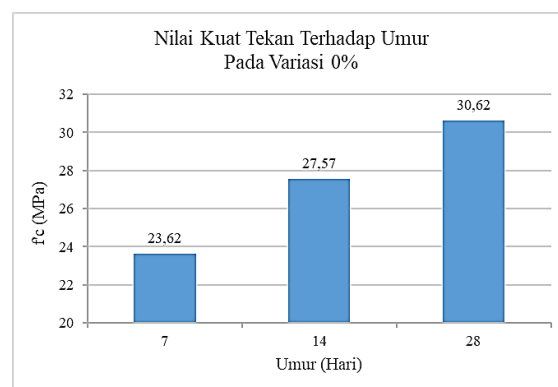
Gambar 6. Hasil pengujian XRF

4.3. Nilai Kuat Tekan Beton

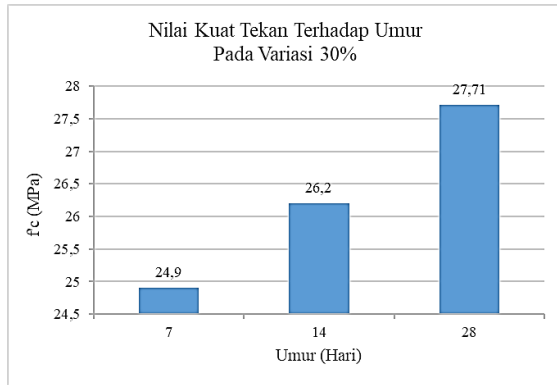
Pada variasi 0%, nilai kuat tekan meningkatkan dari umur 7 hari ke 14 hari sebesar 16.72% akibat pengaruh dari proses perawatan beton. Kemudian untuk umur 14 hari ke 28 hari juga mengalami kenaikan sebesar 11.06%. Hal ini merupakan reaksi pengikatan dari silika yang terkandung pada semen itu sendiri.

Demikian juga dengan substitusi pasir limbah sandblasting 30%, terjadi kenaikan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan meningkat sebesar 5.22% dari umur 7 hari ke umur 14 hari. Dengan adanya pasir limbah yang mengandung silika, sifat pasir silika ini menaikkan nilai kekuatan beton yang dapat diterima, pengikatan semakin kuat ditambah dengan adanya proses perawatan yang diberikan pada beton.

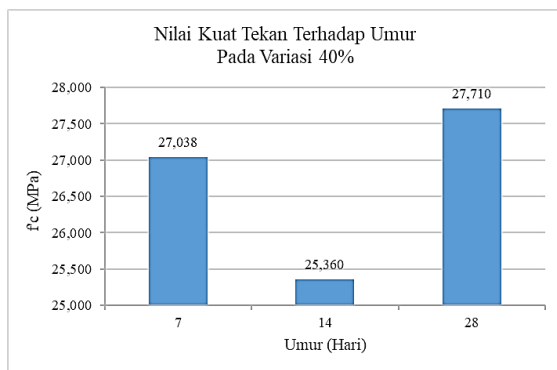
Jika pada beton dengan variasi substitusi limbah sandblasting 0% dan 30% terjadi kenaikan terhadap nilai kuat tekan beton, maka pada substitusi sebesar 40%, nilai kekuatan beton mengalami penurunan. Ini disebabkan oleh pada penambahan bahan silika pada campuran menyebabkan beton bersifat getas sehingga menerima kekuatan tekan kecil. Karena sifat silika yang ada pada sandblasting bersifat memantulkan cahaya, cahaya tidak terserap oleh silika pada semen, dengan peningkatan jumlah silicanya maka menimbulkan sifat getas, sehingga jika beton dibebani akan cepat mengalami keretakan.



Gambar 7. Nilai Kuat Tekan Variasi 0%



Gambar 8. Nilai Kuat Tekan Variasi 30%



Gambar 9. Nilai Kuat Tekan Variasi 40%

4.4. Analisis Retak dan SEM

Berikut ini merupakan gambar-gambar yang menunjukkan hasil benda uji setelah dilakukan pengujian tekan. Terlihat pola retak belah yg terjadi di pusat silinder. Mortarnya berada di bagian luar silinder sedangkan kerikal berada di tengah, sehingga retak yang terjadi seakan membelah silinder. Ini terjadi pada campuran normal belum ada pengaruh pasir limbah. Beban silinder mencapai titik lemah yang hanya diterima oleh ikatan pasta semen saja.

Sedangkan pada variasi 30%, keruntuhan silinder terjadi di bagian luar berupa retak yang merambat. Di bagian dalam silinder didominasi kerikal, pola keruntuhannya kerikal menekan ke samping, jadi yang pecah bagian luar silinder.



Gambar 10. Benda Uji Variasi 0% setelah Uji Tekan

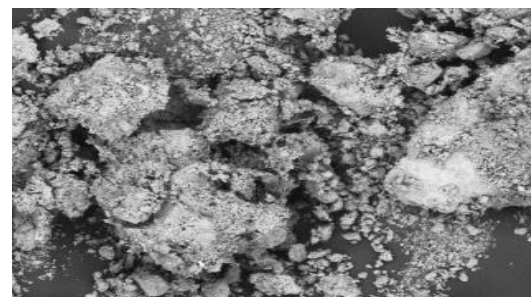


Gambar 11. Benda Uji Variasi 30% setelah Uji Tekan

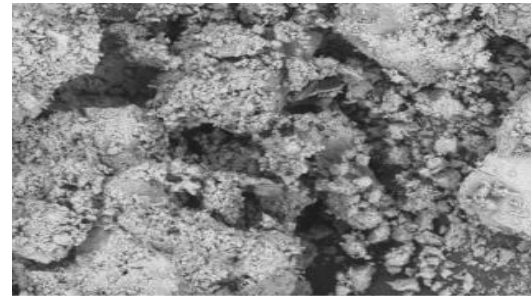


Gambar 12. Benda Uji Variasi 40% setelah Uji Tekan

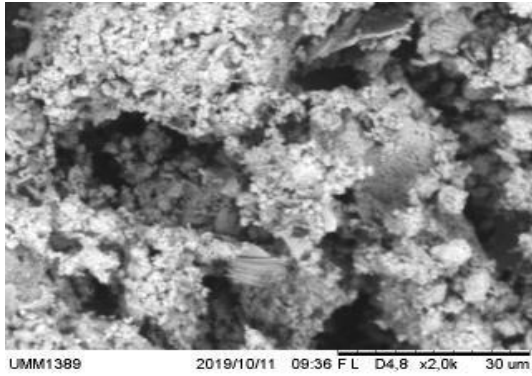
Pada permukaan beton dengan variasi sandblasting 0%, ditemukan rongga-rongga nonpadat yang mungkin sudah retak-retak. Pada Gambar 13 teridentifikasi bahwa porositas tidak diisi oleh butiran semen atau produk hidrasi, dan dengan demikian hasil dari semua tindakan yang dibahas di atas pada masing-masing perbesaran 600x, 1000x dan 2000x. Mereka memiliki potensi untuk terlepas dan akhirnya berubah menjadi retakan.



UMM1391 2019/10/11 09:37 F L D4.8 x600 100 um

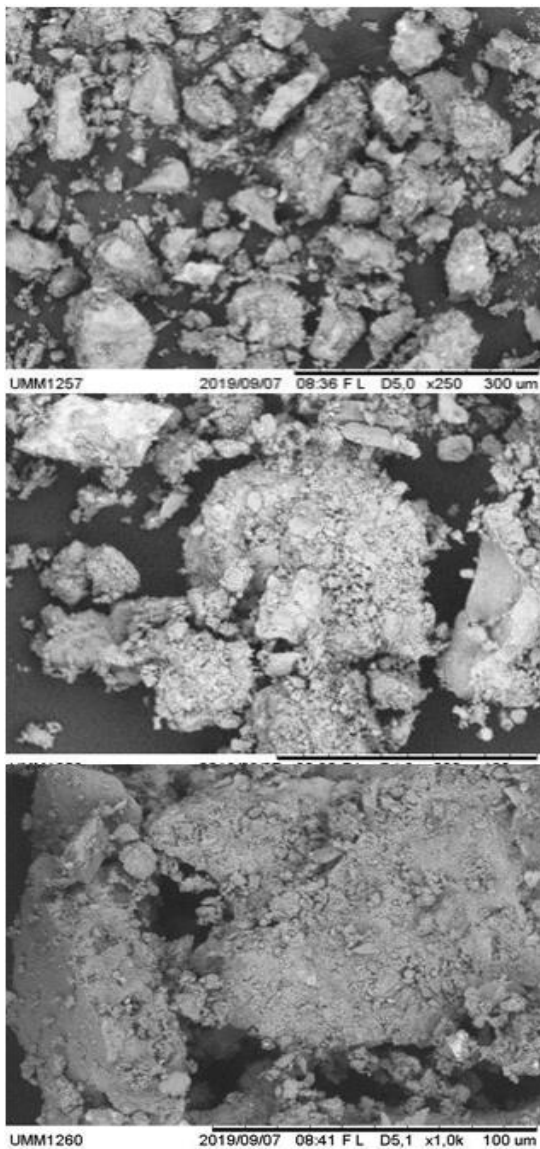


UMM1392 2019/10/11 09:38 F L D4.8 x1.0k 100 um



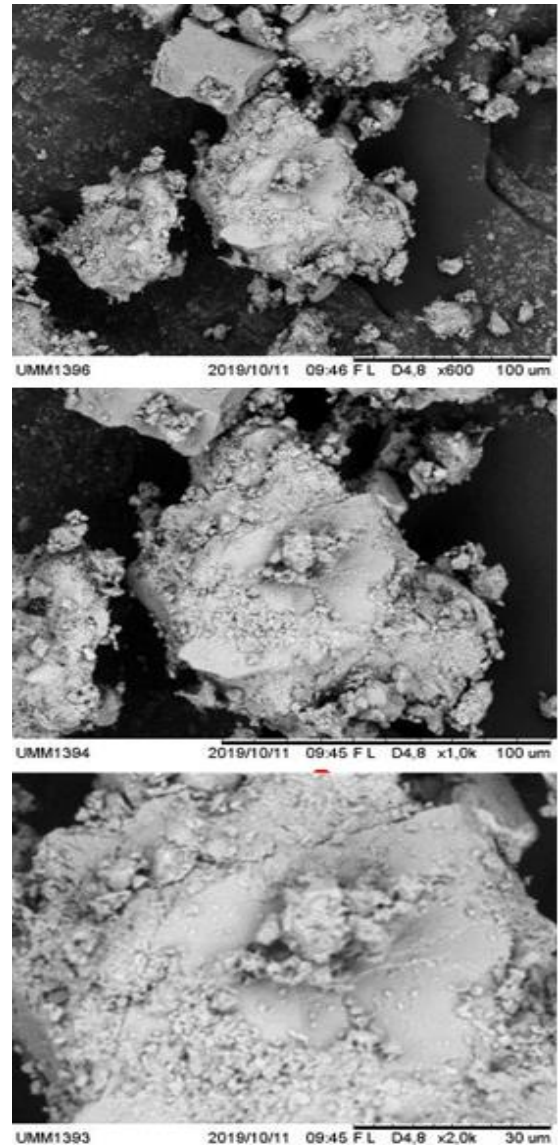
Gambar 13. Hasil SEM Variasi 0% (600x, 1000x, 2000x)

Gambar 14 menunjukkan celah atau porositas yang lebih besar pada variasi pasir limbah sandblasting 30%, sehingga mengakibatkan penurunan kuat tekan seperti yang digambarkan pada masing-masing perbesaran 250x, 800x, 1000x.



Gambar 14. Hasil SEM Variasi 30% (600x, 1000x, 2000x)

Untuk variasi 40%, Gambar 15 menunjukkan porositas terbesar yang pernah ada pada 40% pasir sisa sandblasting, sehingga membuat beton lebih getas serta menurunkan kuat tekan secara signifikan seperti yang dijelaskan pada masing-masing perbesaran 250x, 800x dan 1000x.



Gambar 15. Hasil SEM Variasi 40% (600x, 1000x, 2000x)

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, uji XRF, dan SEM, maka:

- Variasi substitusi limbah sandblasting sebesar 30% merupakan variasi yang paling optimal. Kandungan limbah sandblasting yang lebih besar dari 30% akan membuat beton menjadi lebih rapuh sehingga kuat tekan cenderung menurun.
- Pemanfaatan limbah sandblasting dimungkinkan untuk dikembangkan sebagai material agregat halus ramah lingkungan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Wibowo, B., Kasiati, E., Triaswati, T., & Pertiwi, D. (2012). Pengaruh Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 10(2), 61-68.
- [2] Lin, Y. W., Lee, W. H., & Ka e-Long, L. (2022). A novel approach for preparing ecological Zeolite material from solar panel waste as a sandblasting waste: microscopic characteristics and humidity control performance. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 4028-4140.
- [3] Palaniappan, S., Annamalai, V. E., Ashwinkumar, S., Thenmuhil, D., & Veeman, D. (2022). Utilization of abrasive industry waste as a substitute material for the production of fireclay brick. *Journal of Building Engineering*, 45, 103606.
- [4] Sulisty, E., & Setyorini, P. H. (2011). Pengaruh waktu dan sudut penyemprotan pada proses sand blasting terhadap laju korosi hasil pengecatan baja AISI 430. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(3), 205-208.
- [5] Setyarini P H and Sulisty E 2011 Optimasi Proses Sand Blasting Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja Aisi 430 *Jurnal Rekayasa Mesin* 2(2) J. Clerk Maxwell, "A Treatise on Electricity and Magnetism." 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [6] Antonius 2012 Effectivity of quarsa sand as a fine aggregate in Charactreistic Mechanic of concrete Prosiding National Seminar "Kebijakan dan Strategi dalam Pembangunan Infra Struktur dan Pengembangan Wilayah berbasis Green tecnnology.