

Identifikasi Karakteristik Fisik Berbagai Jenis Agregat Halus dan Korelasinya pada Sifat Beton Segar dan Beton Padat

N.N. Kencanawati^{a*}, S. Rawiana^a, A. Rofaida^a dan N.A. Febriyanti^a

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram, Indonesia 83115

* Corresponding author's e-mail: nkencanawati@unram.ac.id

Received: 13 June 2023; revised: 8 July 2023; accepted: 10 July 2023

Abstract: One of the main constituents of concrete is fine aggregate or sand. As a filler, the characteristics of sand affect the properties of both fresh and hardened concrete. The aim of this research is to identify the characteristics of various types of sand and to correlate them with the properties of the concrete. The type of sand used in the experiment is common type of sand used in construction; for instance, silt sand, river sand, and beach sand, as well as recycled sand from concrete waste. The examination on physical characteristics includes visualization with a digital microscope, specific gravity, water absorption, fine modulus, and impurities content. This characteristic is compared with the value of slump, concrete unit weight, and concrete compressive strength. Quarry sand has denser particles and a fairly coarse texture, while recycled sand has the finest, hollowest, lightest particles and a lighter color than other sands. According to the properties of fresh concrete, silt sand produces the lowest slump value while recycled sand has the highest slump value. A positive correlation in the form of $y = 1,55x + C$ is obtained from the relationship of the specific gravity of sand (x) to the compressive strength of concrete (y) and constants (C). the same correlation but in a negative relationship is obtained from the influence of water absorption characteristics.

Keywords: *fine aggregate, physical characteristics, fresh concrete, hardened concrete*

Abstrak: Salah satu bahan penyusun utama beton adalah agregat halus atau pasir. Sebagai bahan pengisi, maka karakteristik dari pasir berpengaruh pada sifat beton baik pada saat cair maupun padat. Tujuan riset untuk mengidentifikasi karakteristik dari berbagai tipe pasir dan mengkorelasikannya dengan sifat beton yang dihasilkan. Tipe pasir yang digunakan dalam eksperimen adalah pasir yang sering digunakan dalam konstruksi diantaranya pasir galian, pasir sungai, dan pasir pantai, serta pasir daur ulang dari limbah beton. Pengujian karakteristik berupa tinjauan visualisasi dengan mikroskop digital, berat jenis, penyerapan, modulus halus, dan kandungan lumpur. Karakteristik ini dibandingkan dengan nilai slump, berat volume beton, dan kuat tekan beton. Pasir galian mempunyai partikel yang lebih padat dan tekstur cukup kasar, sedangkan pasir daur ulang memiliki partikel yang paling halus, berongga, ringan dan warna lebih terang daripada pasir lainnya. Ditinjau dari sifat beton segar, pasir galian menghasilkan nilai slump terendah sedangkan pasir daur ulang memiliki nilai slump tertinggi. Korelasi positif berupa $y = 1,55x + C$ didapatkan dari hubungan berat jenis pasir (x) terhadap kuat tekan beton (y) dan konstanta (C). Persamaan korelasi yang sama namun dalam hubungan negatif didapatkan dari pengaruh karakteristik penyerapan air.

Kata kunci: *agregat halus, karakteristik fisik, beton segar, beton padat*

1. Pendahuluan

Agregat merupakan salah satu bahan dasar penyusun beton disamping bahan lainnya seperti semen, air dan bahan tambah. Agregat dalam beton dibedakan berdasarkan ukuran diameter maksimum ukuran butirannya yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus memiliki ukuran butiran maksimum sebesar 4,75 mm. Agregat dengan ukuran butiran maksimum yang lebih besar digolongkan menjadi agregat kasar [1]–[3].

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beton berasal dari sungai atau pertambangan [1]. Dibeberapa tempat di belahan dunia terdapat banyak gunung, sungai dan sumber daya alam lainnya. Dengan demikian bahan dasar agregat untuk pembuatan beton lebih mudah untuk didapatkan. Namun saat ini telah berkembang beton berkelanjutan (*sustainable concrete*) [4]–[6] yang salah satunya menggunakan agregat daur ulang khususnya agregat kasar sebagai pengganti agregat alami [7]–[10]. Agregat halus daur ulang masih jarang digunakan dan masih dalam tahap studi lebih lanjut [11].

Jenis agregat halus atau sering disebut pasir banyak ditemukan di lapangan. Peranan pasir dalam campuran beton adalah sebagai bahan pengisi (*filler*). Selain agregat kasar, pasir menempati volume yang cukup besar dalam tubuh beton sehingga keberadaan pasir juga mempengaruhi sifat-sifat beton. Dengan demikian pemilihan jenis pasir merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Dilaporkan bahwa kualitas beton dipengaruhi oleh penggunaan berbagai jenis pasir yang berbeda-beda [12]. Mengoptimalkan kehalusan pasir demi mendapatkan kuat tekan beton yang optimal juga telah dilakukan [13]. Komposisi pasir dalam adukan campuran beton untuk mendapatkan sifat kelecakan (*workability*) beton segar juga telah dipelajari [14].

Secara prinsip kualitas beton yang dihasilkan dari berbagai penggunaan pasir yang berbeda adalah karena adanya perbedaan karakteristik pasir khususnya secara fisik. Maka dari itu penelitian ini mencoba mengaplikasikan pasir dengan karakteristik fisik yang berbeda dan mengkorelasikannya dengan sifat beton segar (*workability*)

dan sifat beton padatnya. Jenis pasir yang ditinjau adalah jenis pasir yang umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi di Indonesia meliputi pasir sungai, pasir galian, dan pasir pantai. Sejalan dengan perkembangan beton berkelanjutan, pasir daur ulang juga ditinjau dalam penelitian ini.

2. Metode Penelitian

2.1. Tahap Pengambilan dan Pengujian Karakteristik Pasir

Pasir galian diambil dengan cara di gali menggunakan sekop dengan pada kedalaman 50 cm dari permukaan tanah. Pasir sungai diambil dari salah satu daerah penambangan pasir. Pasir pantai diambil langsung dengan menggali pada kedalaman 80 cm dari permukaan dengan menggunakan cetakan Lokasi pengambilan langsung dipinggir pantai. Setelah pengambilan, pasir galian, pasir sungai, dan pasir pantai disimpan di dalam karung plastik dan dibawa ke laboratorium untuk pengujian. Selanjutnya untuk pasir daur ulang merupakan produk samping dari produksi agregat kasar daur ulang dari limbah beton. Proses penggerusan sisa mortar yang menempel pada permukaan agregat kasar daur ulang menyisakan bagian yang lebih halus. Bagian ini terdiri dari pasta semen keras dan pasir.

Semua jenis pasir dikondisikan jenuh kering muka (*saturated surface dry-SSD*) sebelum dilakukan pengujian karakteristik. Pengujian karakteristik meliputi visualisasi butiran, berat satuan, berat jenis, penyerapan air, analisis saringan, gradasi, dan kandungan lumpur [15]–[17].

2.2. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang Perencanaan Campuran Beton Normal [18]. Perencanaan campuran diawali dengan perhitungan proporsi agregat halus dan agregat kasar dalam campuran agar memenuhi batas atas dan batas bawah kurva yang menghasilkan campuran beton dengan kelecakan yang mudah untuk dikerjakan [1]. Kelecakan ini artinya campuran beton segar tidak terlalu keras dan tidak terlalu encer sehingga mudah untuk dikerjakan. Tabel 1 menunjukkan perbandingan proporsi pasir dan agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimum butiran sebesar 20 mm.

Tabel 1. Perbandingan proporsi agregat halus dan kasar dalam campuran beton

Jenis Pasir	Persentase Gabungan Agregat	
	Halus (%)	Kasar (%)
Pasir Galian	35	65
Pasir Sungai	33	67
Pasir Pantai	34	66
Pasir Daur Ulang	32	68

Selanjutnya Tabel 2 menunjukkan kebutuhan masing-masing bahan penyusun beton per meter kubik campuran. Nilai faktor air semen ditetapkan sebesar 0,54 pada semua variasi campuran. Dengan demikian semua campuran dengan masing-masing jenis pasir memiliki jumlah air dan semen yang sama. Sedangkan jumlah pasir dan batu pecah

berbeda-beda sesuai dengan hasil pemeriksaan pendahuluan dan perhitungan proporsi seperti yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 2. Proposi bahan penyusun beton pada tiap jenis pasir

Variasi Jenis Pasir	Komposisi Campuran Beton			
	Air (liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu Pecah (kg)
Pasir Galian	205	379,63	565,4	1049,97
Pasir Sungai	205	379,63	531,4	1078,97
Pasir Pantai	205	379,63	618,9	1201,47
Pasir Daur Ulang	205	379,63	469,2	997,13

2.3. Pengujian Beton Segar dan Beton Padat

Pengujian beton segar meliputi pengujian nilai slump. Tujuan dari pengujian slump adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton atau kelecakan (*workability*). Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat [1], [2]. Gambar 1 menunjukkan proses pengujian *slump*.



Gambar 1. Pengujian nilai *slump*

Pengujian pada beton padat meliputi pengujian kuat tekan beton dan pemeriksaan berat volume. Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin CTM (*Compression Testing Machine*) pada benda uji berbentuk silinder. Ukuran silinder beton adalah diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji dan pengujian silinder beton adalah berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang Pengujian Silinder Beton Normal di Laboratorium [19]. Gambar 2 menunjukkan pengujian tekan beton. Nilai kuat tekan diperoleh dari nilai beban tekan maksimum yang mampu ditahan silinder sampai runtuh dibagi dengan luas penampang silinder seperti pada persamaan (1).

$$f'_c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dengan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas penampang (mm²)











Gambar 2. Pengujian kuat tekan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemeriksaan Visualisasi Butiran Pasir

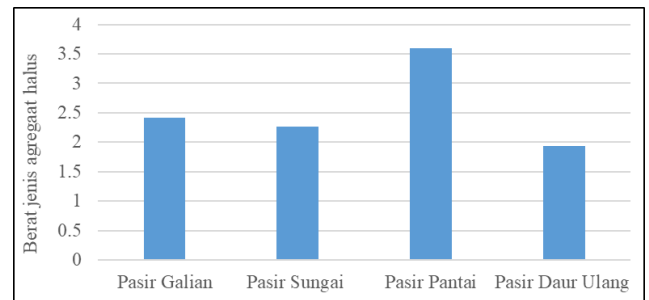
Secara visual, seperti terlihat pada Tabel 3, pasir galian memiliki ukuran pasir yang kecil hingga sedang dan tekstur cukup kasar. Pasir sungai memiliki ukuran lebih beragam dengan ukuran besar dan lonjong lebih dominan dibandingkan pasir galian. Sedangkan ukuran pasir pantai, ukuran pasir kecil lebih dominan, terdapat kristal garam (berwarna putih) dan tekstur pasir yang dimiliki kurang begitu halus. Sementara pasir daur ulang untuk partikelnya sendiri berongga dan bertekstur cukup halus dan ringan.

Tabel 3. Visualisasi masing-masing jenis pasir

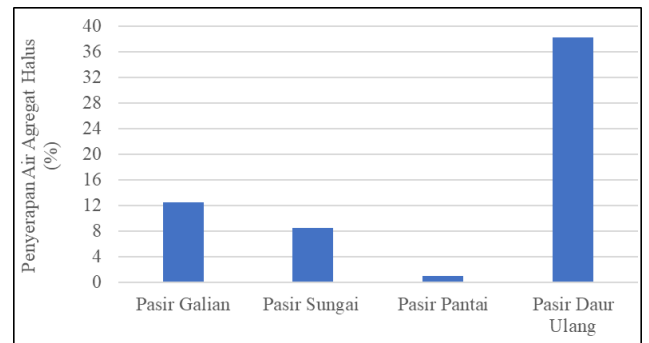
Jenis Pasir	Visualisasi	Pembesaran
Pasir Galian		
Pasir Sungai		
Pasir Pantai		
Pasir Daur Ulang		

3.2. Pengujian Karakteristik Fisik Pasir

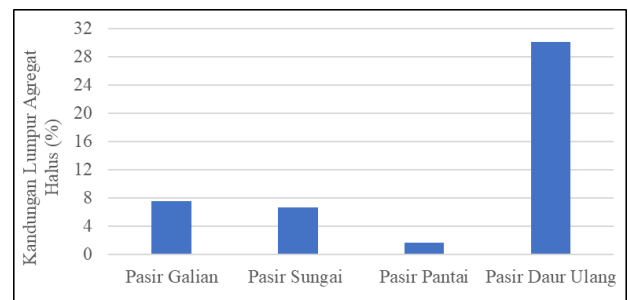
Pengujian karakteristik fisik pasir terdiri dari pengujian berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur, analisis saringan, dan modulus kehalusan butiran. Pasir pantai memiliki berat jenis dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) tertinggi yaitu 3,60 sedangkan pasir daur ulang memiliki nilai terendah yaitu 1,94. Kontras dengan nilai berat jenis, nilai penyerapan air pasir pantai menunjukkan nilai terendah yaitu 1,01% dan pasir daur ulang memiliki nilai tertinggi sebesar 38,29%. Demikian pula dengan nilai kandungan lumpur, dimana nilai ini sejalan dengan nilai daya serap air pada semua jenis pasir. Nilai ketiga parameter fisik untuk pasir galian dan pasir sungai terletak diantaranya. Pasir daur ulang memiliki daya serap air yang sangat tinggi dibandingkan dengan tipe pasir lainnya karena secara tekstur berongga akibat proses penggerusan saat produksi. Demikian pula kandungan lumpur yang tinggi sebenarnya berasal dari sisa semen halus dari proses penggerusan. Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan perbandingan nilai karakteristik pasir untuk berat jenis, penyerapan air, dan kadar lumpur.



Gambar 3. Berat jenis pasir

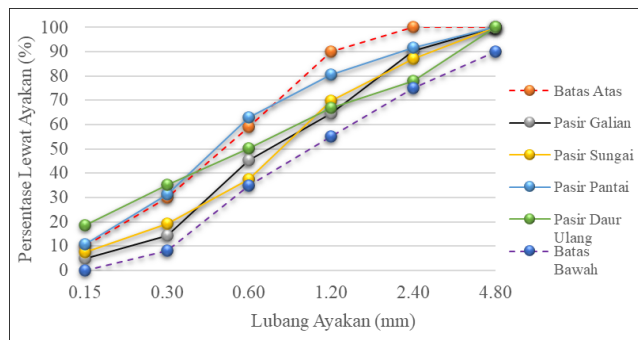


Gambar 4. Penyerapan air pasir

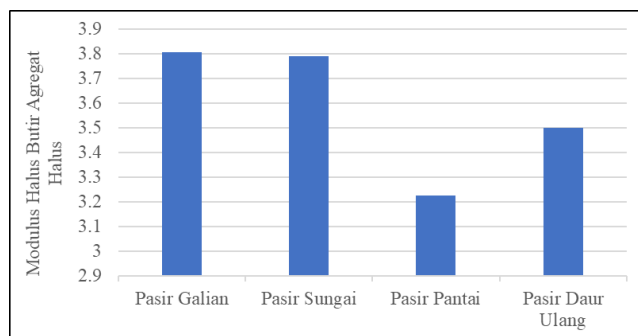


Gambar 5. Kadar lumpur pasir

Seperti tampak pada pada Gambar 6, diketahui bahwa seluruh tipe agregat halus termasuk daerah II dengan ciri-ciri yaitu sebaran butiran agak kasar. Pasir galian memiliki nilai modulus kehalusan butiran paling tinggi yaitu sebesar 3,81 dan diikuti oleh pasir sungai dengan nilai modulus kehalusan butiran sebesar 3,79. Pasir pantai menunjukkan nilai modulus kehalusan terendah yaitu sebesar 3,23. Nilai modulus kehalusan butiran masing-masing jenis pasir ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Analisis saringan pasir



Gambar 7. Modulus kehalusan butir pasir

3.3. Pengujian Beton Segar dan Beton Padat

Tabel 4 menunjukkan bahwa pasir daur ulang memiliki nilai slump tertinggi yaitu 9,5 cm diikuti oleh nilai slump dari pasir pantai sebesar 9,4 cm. Diasumsikan nilai slump yang tinggi pada kedua jenis pasir ini karena nilai modulus kehalusan butiran yang rendah dibandingkan dengan pasir galian dan pasir sungai. Sedangkan beton yang terbuat dari pasir galian memiliki nilai slump terendah disebabkan pasir galian memiliki nilai penyerapan air tertinggi sebesar 12,4% dibandingkan dengan pasir pantai dan pasir sungai. Penyerapan air yang tinggi berpengaruh pada rendahnya nilai slump [3].

Selanjutnya pasir daur ulang memiliki kandungan sisa semen yang masih tidak terpisahkan saat produksi agregat daur ulang [8], seperti tampak pada Tabel 3. Butiran semen yang sangat halus ini memiliki kemampuan menyerap air lebih cepat [1] namun berpengaruh pada cepatnya tingkat kejenuhan karena volume pori yang rendah pada butiran, sehingga mengakibatkan nilai slump yang tinggi.

Pasir pantai menunjukkan nilai berat volume beton padat tertinggi, begitu pula pada kuat tekannya. Secara karakteristik fisik, pasir pantai memiliki porositas yang lebih rendah sehingga menghasilkan daya serap yang

rendah dan lebih padat; dengan demikian berat jenis SSD menjadi lebih tinggi. Selain itu pasir ini memiliki kandungan lumpur yang lebih rendah dibandingkan pasir lainnya sehingga lekatan antara bahan penyusun beton menjadi lebih baik. Keunggulan karakteristik fisik ini menghasilkan sifat beton padat yang terbuat dari jenis pasir pantai menjadi tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh tentang perbandingan kuat tekan pasir sungai dan pasir pantai pada umur beton 28 hari dimana kuat tekan pasir pantai lebih besar dibandingkan pasir sungai dengan nilai masing-masing 281,92 kg/cm² dan 205,07 kg/cm² [20].

Tabel 4. Nilai slump, berat volume, dan kuat tekan beton

Jenis Pasir	Slump (cm)	Berat volume (kg/m ³)	Kuat tekan (MPa)
Pasir Galian	7,90	2282,30	23,93
Pasir Sungai	8,75	2280,41	24,44
Pasir Pantai	9,40	2434,54	26,61
Pasir Daur Ulang	9,50	2198,00	21,61

Sejauh ini aplikasi pasir pantai sebagai bahan penyusun beton jarang dilakukan karena adanya kandungan garam yang tinggi. Kandungan garam yang tinggi akan berbahaya bagi keberadaan tulangan baja didalam beton karena kurangnya pasivitas sehingga mempercepat laju korosi [1]. Potensi penggunaan pasir pantai dapat saja tinggi bila ketersediaan jenis pasir alam lainnya seperti pasir galian dan pasir sungai terancam habis. Namun diperlukan suatu perlakuan (*treatment*) lanjutan pada pasir pantai sebelum dipakai sebagai bahan penyusun beton seperti proses distabilisasi karakteristik butiran pasir dan proses reduksi kadar garam [20].

Sebaliknya pasir daur ulang menunjukkan nilai berat volume dan kuat tekan paling rendah dibandingkan jenis pasir lainnya. Selama ini proses untuk produksi agregat daur ulang kualitas tinggi cukup berhasil [8], [21], [22], namun untuk proses ekstraksi pasir dari limbah beton masih memerlukan studi lebih lanjut agar kualitasnya setara dengan pasir alami lainnya. Jenis pasir galian dan sungai menghasilkan beton dengan nilai kuat tekan dan berat volume diantara nilai pasir pantai dan pasir daur ulang. Kedua jenis pasir ini menunjukkan sifat karakteristik fisik yang lebih stabil sehingga menghasilkan sifat beton yang lebih baik; dengan demikian pasir galian dan pasir sungai ini direkomendasikan oleh standar nasional sebagai bahan penyusun beton [1], [16]

3.4. Korelasi Karakteristik Fisik Pasir dan Sifat Beton

Korelasi antara sifat beton padat berupa kuat tekan dengan karakteristik fisik pasir berupa berat jenis dan penyerapan air ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9. Diperoleh hubungan linier positif antara nilai berat jenis dengan kuat tekan seperti pada Persamaan (2).

$$y = 1,55 x + 20,27 \tag{2}$$

dengan:

y = Kuat tekan beton (MPa)
 x = Berat jenis beton

Sedangkan hubungan linier negatif didapatkan pada korelasi antara daya penyerapan air dengan kat tekan seperti pada persamaan (3).

$$y = 1,55x + 28.03 \quad (3)$$

dengan:

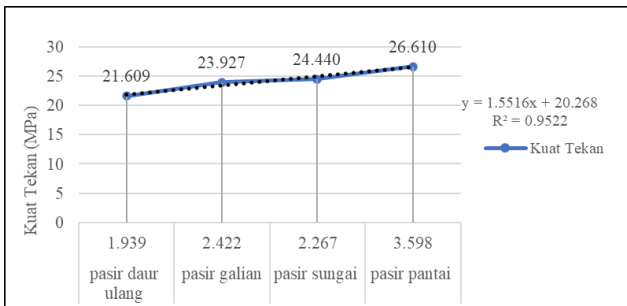
y = Kuat tekan beton (MPa)
 x = Daya serap air (%)

Secara umum kedua korelasi menunjukkan nilai gradien yang sama yaitu dengan nilai 1,55, sehingga korelasi sifat fisik dengan kuat tekan secara umum dapat ditulis dengan Persamaan (4) dimana untuk karakteristik berat jenis, Persamaan (4) bernilai positif dan untuk karakteristik daya serap air maka Persamaan (4) akan bernilai negatif.

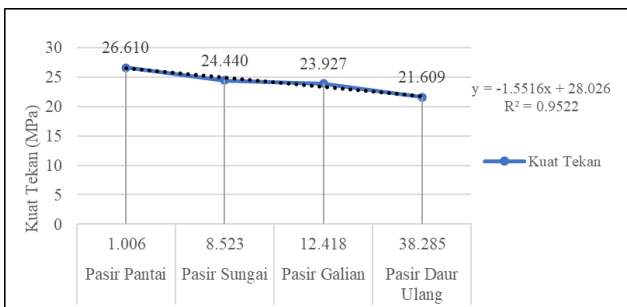
$$y = 1,55x + C \quad (4)$$

dengan:

y = Kuat tekan beton (MPa)
 x = Karakteristik fisik pasir
 C = Konstanta



Gambar 8. Korelasi kuat tekan-berat jenis pasir



Gambar 9. Korelasi kuat tekan-daya serap air pasir

3.5 Keterbatasan dan Kelemahan Penelitian

Identifikasi karakteristik meliputi deskripsi butiran, berat jenis, penyerapan air, kadar lumpur, analisis saringan dan modulus halus butiran (MHB) dari pasir galian, pasir sungai, pasir pantai, dan pasir daur ulang telah dikaji. Selanjutnya pasir-pasir tersebut digunakan sebagai bahan penyusun beton dimana sifat beton segar dan beton padatnya juga telah dievaluasi. Korelasi antara berat jenis pasir dengan kuat tekan beton serta korelasi antara daya serap air pasir dengan kuat tekan disajikan dalam bentuk

persamaan linier dimana kedua korelasi menunjukkan gradient yang sama. Namun demikian nilai korelasi ini perlu dikaji lebih lanjut pada penelitian berikutnya dengan jumlah benda uji yang lebih banyak. Demikian pula untuk pemilihan query pasir agar tidak hanya pada satu tempat saja namun pada beberapa jangkauan lokasi yang lebih luas sehingga hasil korelasi dapat mewakili karakteristik pasir secara umum pada daerah asal.

4. Kesimpulan

Artikel ini membahas tentang karakteristik fisik pasir galian, pasir sungai, pasir pantai, dan pasir daur ulang dan hubungannya dengan sifat beton padat berupa kuat tekan, tekstur cukup kasar. Pasir galian mempunyai partikel yang lebih padat dan tekstur cukup kasar, sedangkan pasir daur ulang memiliki partikel yang paling halus, berongga, ringan dan warna lebih terang daripada pasir lainnya. Pasir pantai memiliki berat jenis dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) tertinggi yaitu 3,60 sedangkan pasir daur ulang memiliki nilai terendah yaitu 1,94. Kontras dengan nilai berat jenis, nilai penyerapan air pasir pantai menunjukkan nilai terendah yaitu 1,01% dan pasir daur ulang memiliki nilai tertinggi sebesar 38,29%. Ditinjau dari sifat beton segar, pasir galian menghasilkan nilai slump paling rendah sedangkan pasir daur ulang memiliki nilai slump tertinggi. Pasir pantai menunjukkan nilai berat volume beton padat tertinggi, begitu pula pada kuat tekannya. Korelasi positif berupa $y = 1,55x + C$ didapatkan dari hubungan berat jenis pasir (x) terhadap kuat tekan beton (y) dan konstanta (C). Persamaan korelasi yang sama namun dalam hubungan negatif didapatkan dari pengaruh karakteristik penyerapan air.

Daftar Pustaka

- [1] K. Tjokrodinuljo, *Concrete Technology (in Indonesian)*, Yogyakarta: Nafiri, 2007.
- [2] N.N. Kencanawati and S. Murtiadi, *Material Beton dan Baja serta Aplikasinya pada Struktur Beton Bertulang*, Mataram: LPPM Universitas Mataram Press, 2022.
- [3] M.S. Shetty and A.K. Jain, *Concrete Technology (Theory and Practice)*, New Delhi: S. Chand Publishing, 2019.
- [4] L. Assi, K. Carter, E. Deaver, R. Anay, and P. Ziehl, "Sustainable Concrete: Building a Greener Future", *Journal of Cleaner Production*, vol. 198, p. 1641, 2018.
- [5] S. Mindess, *Sustainability of Concrete in Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*, Newyork: Woodhead Publishing, 2019.
- [6] S. Ismail, K.W. Hoe, and M. Ramli, "Sustainable Aggregates: The Potential and Challenge for Natural Resources Conservation", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 101, p. 100, 2013.
- [7] A. Katz, "Treatments for the Improvement of Recycled Aggregate", *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 16, no. 6, p. 1, 2004.

- [8] N.N. Kencanawati, A. Akmaluddin, I.N. Merdana, N. Nuraida, I.R. Hadi, and M. Shigeishi, "Improving of Recycled Aggregate Quality by Thermal-mechanical-chemical Process", *Procedia engineering*, vol. 171, p. 640, 2017.
- [9] A. Mistri, S.K. Bhattacharyya, N. Dhami, A. Mukherjee, and S.V Barai, "A Review on Different Treatment Methods for Enhancing the Properties Of Recycled Aggregates for Sustainable Construction Materials", *Construction and Building Materials*, vol. 233, p. 117894, 2020.
- [10] S. Seara-Paz, B. González-Fontebao, F. Martínez-Abella, and J. Eiras-López, "Deformation Recovery of Reinforced Concrete Beams Made with Recycled Coarse Aggregates", *Engineering Structures*, vol. 251, p. 113482, 2022.
- [11] G.S. Kumar and A.K. Minocha, "Studies on Thermo-Chemical Treatment of Recycled Concrete Fine Aggregates for Use in Concrete", *Journal of Material Cycles and Waste Managemen.*, vol. 20, no. 1, p. 469, 2018.
- [12] K. Yanuar, "Variasi Pemakaian Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi f'c 35", *POROS Teknik*, vol. 6, no. 1, p.1, 2014.
- [13] B. Wibowo, E. Kasiati, T. Triaswati, and D. Pertiwi, "Pengaruh Kehalusan Pasir terhadap Kuat Tekan Beton", *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 10, no. 2, p. 61, 2012.
- [14] S.A. Sari, T.P. Artiningsih, and H. Purwanti, *Perbandingan Pengaruh Beberapa Jenis Pasir Terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur Dan Kuat Tarik Belah Beton*, Bogor: Univ. Pakuan, 2017.
- [15] SNI ASTM C136-2012, *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2012.
- [16] SNI 03-1750-1990, *Indonesian National Standard: Aggregate for Concrete, Quality and Testing Methods*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 1990.
- [17] SNI 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 1990.
- [18] SNI 03-2834-2000, *Indonesia National Standard Code: Procedure for Designing Normal Concrete Mixture*, Jakarta, Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [19] SNI 1974:2011, *Testing of Concrete Compressive Strength with a Cylindrical Test Object*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.
- [20] I.S. Fuad and B. Asmawi, "Pengaruh Penggunaan Pasir Sungai Dengan Pasir Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Pada Mutu Beton K-225", *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2015.
- [21] N.N. Kencanawati, H. Hariyadi, A. Akmaluddin, I.D.M.A. Karyawan, F. Mahmud, and P.N. Saputro, "Effectiveness of Vibratory Added Mixing Concrete with Heating-Grinding Recycled Coarse Aggregate", *IOP Publishing*, vol. 847, no. 1, p. 12004, 2021.
- [22] V.W.Y. Tam, C.Y. Lo, and J. Xiao, "Bringing Recycled Aggregate to Its Full Potential", *Proc. Institute of Civil Engineering-Waste Resources Management*, vol. 166, no. 3, p. 128, 2013.