

## STUDI KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK CAMPURAN PASIR PANTAI DAN AIR LAUT SONGKA KOTA PALOPO PADA PEMBUATAN MORTAR

Lusman Sulaiman<sup>1,\*</sup>, Mayang Sari<sup>2,\*\*</sup>, Nurhijrah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Andi Djemma, Palopo

### ABSTRACT

The use of sea sand, river sand mixed and combined with seawater and river water as material in making mortar for construction materials has been a big question to engineers and scientists. Therefore, the objective of this research is to understand the physical and mechanical characteristics of fine aggregates mixed with sea water and river water in various compositions for mortar production. Material sources were obtained from around the beach and Songka river in Palopo City. In the design process, at first to do was sea sand treatment by washing it and next step was analyzing the properties to each of materials such as sieve analysis, fineness modulus, absorption, density, specific gravity, sludge analysis and compressive strength of mortars. After a series of properties analysis gain, the sample tests were formed into matrix mortar 5 cm x 5 cm x 5 cm as much of 54 samples in total and then compressive strength was performed to sample mortars in 3, 7, and 28 days. The results show that generally the characteristics PPC-AT, PPC-AL and PPTC-AL have met the standard of requirement for physical and mechanical test analysis as alternative materials for building construction infrastructure.

**Keywords:** *Sea Sand, Sea Water, Properties of Aggregate, Compressive Strength*

### ABSTRAK

Penggunaan pasir pantai, pasir sungai yang dicampur dan dikombinasikan dengan air laut dan air tawar sebagai bahan pembuatan mortar masih menjadi pertanyaan besar bagi insinyur dan peneliti untuk material konstruksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat halus campuran air laut dan air tawar dalam variasi campuran pembuatan mortar. Material-material ini diperoleh dari sekitar pantai dan Sungai Songka di Kota Palopo. Dalam proses desainnya, terlebih dahulu dilakukan perlakuan seperti pencucian pasir pantai yang selanjutnya dilakukan analisis terhadap karakteristik masing-masing material seperti analisis saringan, modulus kehalusan, absorpsi, berat volume, berat jenis, kadar lumpur agregat halus serta kuat tekan mortarnya. Setelah serangkaian proses analisis karakteristik, dibuatlah benda uji berbentuk kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan sampel sebanyak 54 buah dari enam jenis desain campuran dan kemudian dilakukan uji tekan pada umur 3, 7, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum karakteristik untuk komposisi campuran mortar PPC-AT, PPC-AL, dan PPTC-AL telah memenuhi standar analisis fisik dan mekanik untuk dijadikan sebagai alternatif bahan konstruksi bangunan infrastruktur.

**Kata Kunci:** *Pasir Pantai, Air laut, karakteristik agregat, kuat tekan*

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan luas sebesar 7,81 juta kilometer dan sebanyak 3,25 juta kilometer adalah lautan dimana pulau-pulainya membentang hamparan pasir pantai yang dikelilingi air laut. Selain itu, daratan Indonesia memiliki sebaran sungai-sungai yang dengan potensi besar sebagai sumber pasir dan air untuk konstruksi bangunan. Seiring masifnya pembangunan infrastruktur, maka potensi ini tentunya akan mengalami penurunan kuantitas yang akan menyebabkan kurangnya material konstruksi khususnya pasir dan air yang bersumber dari kuari di sungai-sungai tersebut [1]. Namun masih sangat jarang dijumpai pemanfaatan pasir pantai dan air laut yang memiliki potensi besar untuk dijadikan sebagai sumber material alternatif dalam dunia konstruksi bangunan.

Hal ini menjadi dasar pertanyaan besar bahwa mengapa tidak dijadikan sebagai pengganti dari pasir sungai dan air tawar. Kemungkinan hal ini disebabkan karena karakteristik yang begitu berbeda antara kedua material tersebut. Hal utama dalam pembuatan mortar untuk konstruksi bangunan adalah karakteristik fisik dan mekanik material penyusun mortarnya. Pasir adalah bahan utama selain air dan semen pada pembuatan mortar dimana pasir yang terkandung dalam mortar sebanyak 60-70 persen dari total campuran. Karakteristik fisik dapat berupa gradasi agregat, resapan, berat jenis dan karakteristik mekanik mortar dapat berupa kekuatan

---

\* Korespondensi penulis: Lusman Sulaiman, email [lusman.s@lecturer.politeknikpu.ac.id](mailto:lusman.s@lecturer.politeknikpu.ac.id)

\*\* Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

tekan [2]. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat halus campuran air laut dan air tawar dalam variasi campuran pembuatan mortar.

Seperti diketahui bahwa material yang mengandung garam seperti pasir pantai dan air laut akan mengalami proses kimia sehingga menyebabkan korosi pada tulangan struktur beton. Menurut Dhondy dkk [3] mengungkapkan bahwa untuk dapat menghindari hal tersebut dapat digunakan tulangan besi *fibre reinforced polymer* (FRP) yang tahan terhadap korosi dan memiliki kuat tarik yang besar. Selain itu penggunaan pasir dapat mengurangi pemakaian pasir sungai dan air tawar yang semakin hari semakin berkurang jumlahnya. Zhao dkk [4] mengatakan dalam penelitian terbaru mereka bahwa dari segi karakteristik pasir pantai dan air laut yang digunakan dalam pembuatan beton sangat menjanjikan dengan cara meningkatkan struktur pori, mempercepat proses hidrasi semen dan durabilitasnya dengan komposisi campuran yang tepat.

Penelitian ini sangat penting untuk menambah referensi terkait dengan pemanfaatan pasir pantai dan air laut untuk dijadikan sebagai alternatif pengganti pasir sungai dan air tawar. Selain itu kebutuhan pembangunan infrastruktur di daerah kepulauan pada pesisir pantai dapat memudahkan para kontraktor untuk mendapatkan sumber bahan yang terjangkau dan murah serta efisien. Terlebih dilihat dari jumlah agregat pasir pantai yang memiliki karakteristik yang hampir serupa dengan pasir sungai walaupun masih perlu adanya peningkatan dari sisi kekuatan dan durabilitasnya [5].

## 2. METODE PENELITIAN

Mortar dibuat dengan campuran semen, agregat halus (pasir pantai & pasir sungai) dan air (air laut & air tawar) terdiri dari enam variasi campuran seperti pada Tabel 1 dimana pasir pantai diberi perlakuan khusus yaitu dicuci dan tidak dicuci dengan air tawar. Penelitian ini menggunakan semen *Portland composite cement* (PCC). Pasir pantai dan pasir sungai diperoleh dari pantai dan sungai Songka Kota Palopo Sulawesi Selatan. Air laut dan air tawar yang digunakan diambil dari Pantai Songka dan PDAM. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap karakteristik masing-masing agregat sesuai dengan standar pengujian untuk masing-masing material. Analisis pasta semen campuran air laut dan air tawar dilakukan dengan mengetahui konsistensi, waktu ikat awal dan ikat akhir. Untuk analisis agregat halus, analisis dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap karakteristik material pada pasir sungai, pasir pantai dicuci dan tidak dicuci terhadap gradasi, berat jenis, berat volume, kadar lumpur, kadar air, resapan. Pengujian kuat tekan untuk keenam variasi campuran dilakukan dengan menggunakan alat *compression test machine* (CTM). Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai dengan standar ASTM C109 [6].

Selanjutnya adalah melakukan desain campuran dengan perbandingan semen berbanding agregat halus yaitu 1:3 dengan nilai faktor air semen (fas) sebesar 0.3 untuk keenam jenis variasi campuran. Pencetakan sampel benda uji dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm dilakukan dengan memperhatikan proses pencampuran material hingga tahapan pengujian benda uji sesuai prosedur yang relevan. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, pertama adalah setelah benda uji berumur satu hari maka dilakukan perawatan dengan melakukan perendaman spesimen ke dalam bak perendaman selama 3, 7 dan 28 hari berturut-turut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perilaku mortar sebelum dan setelah mencapai masa kekuatan maksimum.

Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dengan mesin CTM berkapasitas beban 50 ton dan dengan kecepatan yang diberikan sebesar 0.1 mm/detik yang dimaksudkan agar beban yang terjadi adalah statis dan tidak terjadi getaran/gerak dinamis. Pengujian dilakukan terhadap benda uji hingga mengalami keretakan dan keruntuhan dan beban puncak dapat tercapai yang kemudian dilakukan pencatatan baik beban maksimum.

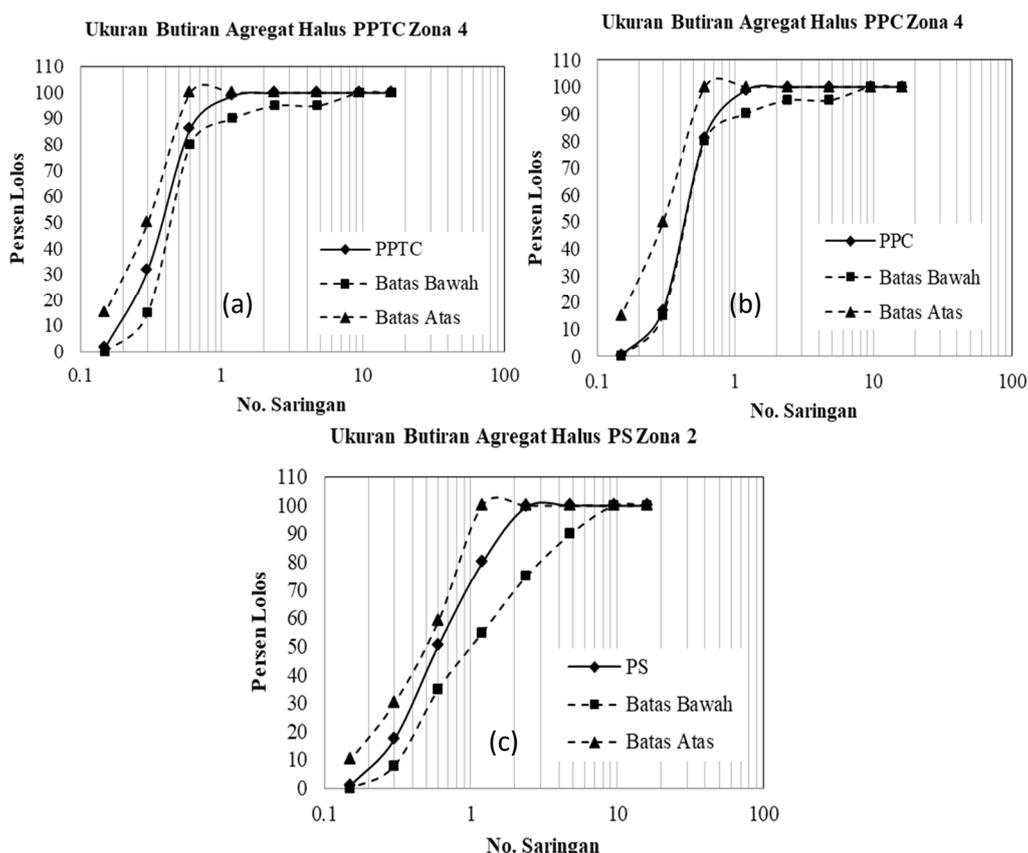
Tabel 1 detail variasi campuran material pembuatan mortar

Simbol	Variasi campuran mortar	Jumlah sampel (buah)	Umur pengujian (hari)	Ket.
PS-AT	Semen+Pasir Sungai+Air Tawar	9		Kontrol sampel uji
PS-AL	Semen+Pasir Sungai+Air Laut	9		
PPC-AT	Semen+Pasir Pantai Cuci+Air Tawar	9	3, 7, 28	
PPC-AL	Semen+Pasir Pantai Cuci+Air Laut	9		
PPTC-AT	Semen+Pasir Pantai Tidak Cuci+Air Tawar	9		
PPTC-AL	Semen+Pasir Pantai Tidak Cuci+Air Laut	9		

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Karakteristik Material Pasir Pantai dan Pasir Sungai

Dari serangkaian pengujian karakteristik terhadap material yang digunakan pada penelitian ini maka diperoleh hasil analisis gradasi saringan yang dapat digambarkan pada Gambar 1. Dengan menggunakan saringan no.4 hingga no.100 diperoleh distribusi butiran agregat halus PPTC (Gambar 1(a)) dan PPC (Gambar 1(b)) termasuk pada zona 4. Hal ini memperlihatkan bahwa sebaran butiran agregat pantai yang ada di kota Palopo memiliki butiran halus. Selanjutnya adalah agregat halus PS (Gambar 1(c)) yang termasuk pada zona 2 dengan sebaran butiran termasuk pasir sungai agak kasar. Penentuan zona ini sesuai dengan SK SNI T-15-1990-03.



Gambar 1 (a) Pasir pantai tidak dicuci (PPTC), (b) Pasir pantai dicuci (PPC), dan (c) Pasir sungai

Tabel 2 karakteristik fisik PPTC, PPC, dan PS

Propertis Agregat Halus	PPTC	PPC	PS	Batasan	Standar
Modulus kehalusan	1.8	2.3	2.5	2.3 - 3.1	ASTM C33
Berat volume (kg/m <sup>3</sup> )					
Kondisi lepas	1.4	1.4	1.5	1.4-1.9	SK SNI T-15-1990-03
Kondisi padat	1.6	1.5	1.6		
Berat jenis					
Apparent	2.7	2.7	2.7	Min. 2.6	ASTM C128
On dry basic	2.5	2.5	2.4	Min. 2.6	ASTM C129
SSD basic	2.6	2.6	2.5	Min. 2.6	ASTM C130
Ukuran maksimum (mm)	4.76	4.76	4.76	Maks. 4.76	ASTM C136
Kadar lumpur (%)	0.6	0.2	2.9	Maks. 5	SNI 03-4142-1996
Kadar air (%)	0.4	1.3	0.7	0.5 - 2	SNI-1971-1990
Penyerapan (%)	2.1	1.8	5.0	Maks. 2.3	ASTM C128

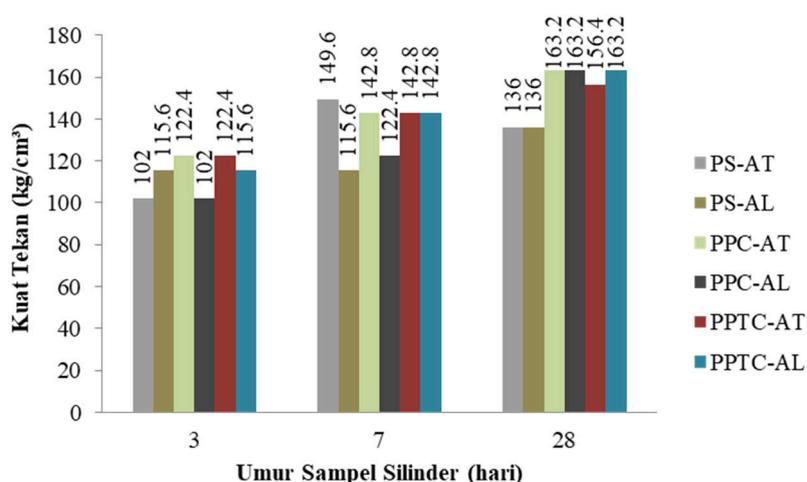
Selanjutnya detail karakteristik fisik untuk ketiga sampel agregat halus (PPTC, PPC dan PS) yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Modulus kehalusan pasir untuk PPC dan PS berada pada rentang 2.3 - 3.1 sesuai standar ASTM C33, sebaliknya agregat halus PPTC masih diluar rentang yang disyaratkan sehingga sangat perlu dilakukan proses pencucian pasir pantai untuk menghilangkan butiran yang lebih halus sebelum digunakan dalam campuran pembuatan mortar. Selanjutnya, analisis berat volume pada saat pengujian kondisi padat dan lepas untuk masing-masing sampel telah memenuhi standar material menurut SK SNI-T-15-1990-03. Untuk berat jenis, agregat PPTC, PPC dan PS untuk kondisi *apparent* telah memenuhi persyaratan minimum 2.6 berdasarkan standar ASTM C128. Tetapi saat dilakukan pengujian *on dry basic* terlihat bahwa hasilnya berada di bawah standar minimum yang ditentukan oleh ASTM C129. Sedangkan saat kondisi SSD (jenuh permukaan) tergambar bahwa material PPTC dan PPC telah mencapai standar minimum yang masing-masing sebesar 2.6 berdasarkan referensi ASTM C130. Sebaliknya agregat PS berada diluar standar minimum ditentukan dan ini disebabkan karena terjadi kering permukaan yang berlebih akibat dari proses absorpsi kecil. Untuk desain campuran diperlukan agregat berada pada keadaan SSD sehingga saat akan digunakan di lapangan diperlukan perlakuan khusus pada agregat PS dengan memberikan air lebih pada desain campurannya.

Kemudian juga diperoleh kadar lumpur, kadar air dan resapan yang telah memenuhi standar masing-masing sampel agregat PPTC dan PPC. Untuk agregat PS, nilai dari pemeriksaan kadar lumpur dan kadar air didapatkan berturut-turut sebesar 2.9 dari maksimal 5% dan 0.7 dari rentang 0.5-2%. Akan tetapi nilai berbeda diperlihatkan untuk penyerapan untuk material PS dimana diperoleh nilai 5.0 dari maksimum 2.3%. Ini menggambarkan bahwa agregat PS memiliki pori yang besar sehingga dengan mudah mengalami hidrasi pada butirannya. Hal ini juga didukung oleh hasil analisis saringan dengan butiran termasuk zona 2 agak kasar dengan permukaan butiran yang besar.

### 3.2. Kuat Tekan Mortar

Hasil pengujian kuat tekan pada umur 3, 7 dan 28 hari terhadap enam variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 2. Pada umur 3 hari kuat tekan maksimum diperoleh dari campuran mortar PPC-AT dan PPTC-AT masing-masing sebesar 122.4 kg/cm<sup>2</sup>, jika dibandingkan dengan mortar campuran PS-AT dan PPC-AL yang memiliki nilai kuat tekan terendah masing-masing sebesar 102 kg/cm<sup>2</sup>. Pada umur 7 hari pengujian kuat tekan diperoleh kekuatan maksimum sebesar 149.6 kg/cm<sup>2</sup> untuk campuran mortar PS-AT dan terendah mencapai 115.6 kg/cm<sup>2</sup> untuk campuran mortar PS-AL. Untuk pengujian pada umur 28 hari kekuatan tekan maksimum didapatkan sebesar 163.2 kg/cm<sup>2</sup> untuk campuran mortar PPC-AT, PPC-AL, dan PPTC-AL. Dari serangkaian pengujian kuat tekan yang telah dilakukan terlihat bahwa terjadi peningkatan kekuatan tekan dimulai pada umur 3 hari hingga 28 hari untuk keseluruhan variasi campuran mortar. Walaupun demikian, mortar PS-AT dan PS-AL sebagai kontrol hanya dapat mencapai kuat tekan maksimum sebesar 136 kg/cm<sup>2</sup> bila dibandingkan jenis campuran mortar lainnya.

Mortar PPC-AT, PPC-AL, dan PPTC-AL yang memiliki kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari memberikan gambaran bahwa karakteristik fisik agregat pasir cukup signifikan berpengaruh pada pencapaian



Gambar 2 kuat tekan variasi campuran mortar

kuat tekan yang diperoleh. Dengan gradasi pasir halus pada pasir pantai baik dengan perlakuan dicuci dan tidak dicuci serta dengan campuran air laut dan air tawar dapat memberikan pengaruh kekuatan pada mortar. Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Westerholm dkk [7] dimana agregat halus dapat meningkatkan tegangan yield pada mortar. Seperti diketahui bahwa peningkatan tegangan yield besar akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan mortar. Selain itu, dengan adanya campuran antara air laut dan pasir pantai tidak memberikan pengaruh penurunan kuat tekan pada mortar di umur 28 hari. Bahkan menurut Zhao dkk [4] bahwa pemanfaatan air laut dan pasir pantai merupakan material potensial dalam pembuatan beton. Oleh karena itu, pemanfaatan air laut dan pasir pantai dimungkinkan dapat digunakan dalam konstruksi bangunan sebagai material alternatif pengganti pasir sungai dan air tawar dan sebagai referensi bagi peneliti dalam memperkaya ilmu tentang bahan konstruksi bangunan. Selain itu, penelitian ini kedepannya akan dikembangkan dengan membuat desain campuran beton yang selanjutnya dilakukan pengujian dan analisis terhadap karakteristik mekaniknya seperti kuat tekan, kuat belah, kuat tarik, dan modulus elastisitasnya.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran dalam pembuatan mortar untuk keenam variasi penggunaan agregat halus dan air memberikan karakteristik yang berbeda antara satu dan lainnya. Mulai dari susunan gradasi untuk pasir pantai tidak dicuci (PPTC) dan pasir pantai dicuci (PPC) termasuk ke dalam pasir halus pada zona 4 sedangkan pasir sungai (PS) termasuk ke dalam pasir agak kasar pada zona 2. Secara umum karakteristik agregat halus (pasir pantai dan pasir sungai) yang ada di wilayah Songka Kota Palopo dapat memenuhi persyaratan sesuai SNI dan ASTM. Selain itu, pencapaian nilai kekuatan tekan maksimum diperoleh sebesar 163.2 kg/cm<sup>2</sup> untuk komposisi campuran mortar PPC-AT, PPC-AL, dan PPTC-AL. Sehingga dimungkinkan penggunaan material tersebut untuk dijadikan alternatif sumber bahan untuk konstruksi struktur bangunan beton. Untuk penelitian selanjutnya akan dilakukan pengujian dan analisis karakteristik mekanik ketika dijadikan sebagai material beton.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada Politeknik Pekerjaan Umum dan Universitas Andi Djemma atas segala bentuk dukungan yang telah diberikan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Ioannidou, G. Sonnemann, and S. Suh, "Do we have enough natural sand for low-carbon infrastructure?," *J. Ind. Ecol.*, vol. 24, no. 5, pp. 1004–1015, 2020, doi: 10.1111/jiec.13004.
- [2] J. Rashmi Nayak, J. Bochen, and M. Gołaszewska, "Experimental studies on the effect of natural and synthetic fibers on properties of fresh and hardened mortar," *Constr. Build. Mater.*, vol. 347, no. May, 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.128550.
- [3] T. Dhondy, A. Remennikov, and M. N. Shiekh, "Benefits of using sea sand and seawater in concrete : a comprehensive review," *Aust. J. Struct. Eng.*, vol. 20, no. 4, pp. 280–289, 2019, doi: 10.1080/13287982.2019.1659213.
- [4] Y. Zhao, X. Hu, C. Shi, Z. Zhang, and D. Zhu, "A review on seawater sea-sand concrete: Mixture proportion, hydration, microstructure and properties," *Constr. Build. Mater.*, vol. 295, p. 123602, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123602.
- [5] A. M. T. Isam, O. O. Mahgoub, I. O. Haider, M. R. Tarig, H. S. Osman, and B. A. Abdel-Hafiz, "Influence of seawater in strengths of concrete mix design when used in mixing and curing," *Key Eng. Mater.*, vol. 711, pp. 382–389, 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.711.382.
- [6] ASTM C109/C109M-02, "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars," *Annu. B. ASTM Stand.*, vol. 04, p. 9, 2020.
- [7] M. Westerholm, B. Lagerblad, J. Silfwerbrand, and E. Forsberg, "Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 30, no. 4, pp. 274–282, 2008, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2007.08.008.