

# PEMANFAATAN PASIR OTTAWA *REJECT* DENGAN PENGUJIAN KUAT TEKAN MENGGUNAKAN STANDAR ASTM DAN ISO

Aulia Priya Amanda dan Ari Susanti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
auliaamd86@gmail.com ; [ari.susanti@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Pasir Ottawa standar banyak digunakan sebagai material acuan dalam pengujian kuat tekan mortar semen karena memiliki kestabilan sifat fisik dan kimia yang tinggi. Namun, ketergantungan terhadap impor pasir tersebut menimbulkan kendala dalam aspek logistik dan biaya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan teknis dan ekonomis pemanfaatan pasir Ottawa *reject* sebagai alternatif material dalam pengujian kuat tekan mortar semen. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental kuantitatif antara pasir Ottawa standar dan pasir Ottawa *reject* pada tujuh jenis semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari mengacu pada standar ASTM C109 dan ISO 679, sementara analisis kandungan kimia dilakukan dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil menunjukkan bahwa pasir Ottawa *reject* memiliki kadar SiO<sub>2</sub> sebesar 96,14% dan persentase lolos ayakan 600 µm sebesar 96,53%, yang memenuhi kriteria ASTM C778. Nilai kuat tekan mortar yang menggunakan pasir Ottawa *reject* berada pada kisaran rating 4–5 terhadap nilai *assigned value*, menunjukkan hasil yang presisi dan dapat diterima. Selain itu, pemanfaatan pasir *reject* juga berpotensi memberikan efisiensi biaya hingga sekitar Rp 54.000.000. Oleh karena itu, pasir Ottawa *reject* dinilai layak digunakan sebagai alternatif agregat halus untuk uji kuat tekan mortar secara teknis maupun ekonomis.

**Kata kunci:** industri semen, pasir Ottawa, pengujian kuat tekan mortar, pengujian XRF

## ABSTRACT

Standard Ottawa sand is widely used as a reference material in cement mortar compressive strength testing due to its highly consistent physical and chemical properties. However, reliance on imported sand creates challenges in terms of logistics and cost. Therefore, this study aims to evaluate the technical and economic feasibility of utilizing rejected Ottawa sand as an alternative material for mortar compressive strength testing. The research was conducted using a quantitative experimental method with a comparative approach between standard Ottawa sand and rejected Ottawa sand on seven types of cement. Compressive strength tests were performed at 3, 7, and 28 days following ASTM C109 and ISO 679 standards, while the chemical composition was analyzed using X-Ray Fluorescence (XRF). The results showed that the rejected Ottawa sand contained 96.14% SiO<sub>2</sub> and 96.53% passing through a 600 µm sieve, meeting the ASTM C778 requirements. Mortar compressive strength values using the rejected sand were rated between 4 and 5 against the assigned value, indicating precise and acceptable results. Additionally, the utilization of rejected sand has the potential to reduce testing costs by approximately Rp54,000,000. Thus, rejected Ottawa sand is considered technically and economically feasible as an alternative fine aggregate for mortar compressive strength testing.

**Keywords:** cement industry, Ottawa sand, mortar compressive strength testing, XRF testing



## 1. PENDAHULUAN

Semen merupakan salah satu material utama dalam bidang konstruksi yang berperan penting dalam pembentukan beton dan mortar. Proses produksi semen melibatkan tahapan yang kompleks dan saling berkaitan, mulai dari percampuran batu kapur, tanah liat, pasir silika dan pasir besi sebagai bahan baku hingga tahap akhir berupa pengemasan produk. Campuran bahan baku tersebut dipanaskan pada suhu tinggi di dalam kiln sehingga terjadi reaksi kimia yang menghasilkan butiran padat yang disebut *clinker*. Setelah proses pendinginan, *clinker* dicampur dengan bahan tambahan seperti gypsum, trass, atau *fly ash*, kemudian digiling hingga menjadi serbuk halus yang dikenal sebagai semen portland [1].

Dalam industri semen, pasir silika memiliki peranan penting khususnya sebagai bahan agregat dalam pembuatan mortar untuk pengujian kuat tekan. Selama ini, industri semen di Indonesia menggunakan pasir ottawa sebagai agregat halus karena material ini merupakan pasir silika acuan internasional untuk pengujian mortar berdasarkan ASTM C109. Dalam pengujian tersebut digunakan pasir ottawa sebagai agregat standar yang spesifikasinya diatur dalam ASTM C778. Pasir Ottawa merupakan pasir silika dengan kemurnian tinggi yang hampir seluruhnya tersusun dari butiran kuarsa tunggal dan memiliki kandungan amorf yang sangat rendah, yakni kurang dari 1% [2]. Kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi serta distribusi ukuran partikel yang homogen menjadikan pasir Ottawa memiliki kestabilan sifat fisik dan mekanik yang sangat baik. Karakteristik tersebut memungkinkan pasir Ottawa meminimalkan variasi hasil pengujian sehingga secara luas digunakan sebagai agregat acuan dalam pengujian kuat tekan mortar dan evaluasi performa material berbasis semen [3].

Kebutuhan terhadap pasir Ottawa dalam industri semen Indonesia saat ini mencapai sekitar 113 ton per tahun dan diperkirakan akan naik hingga mencapai 150 ton per tahun seiring dengan meningkatnya kapasitas produksi semen [2]. Namun demikian, sebagian besar pasir Ottawa yang digunakan masih bergantung pada impor sehingga menimbulkan berbagai tantangan, terutama terkait dengan biaya pengadaan, regulasi impor, serta kendala logistik distribusi. Selain itu, dalam proses distribusi sering ditemukan pasir Ottawa yang mengalami kerusakan kemasan akibat paparan air hujan atau air laut, sehingga material tersebut terkontaminasi oleh berbagai pengotor seperti tanah liat, kayu, batu kapur, dan material asing lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan pasir tidak lagi memenuhi persyaratan kemurnian untuk pengujian laboratorium dan kemudian dikategorikan sebagai pasir Ottawa *reject* yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengkaji penggunaan material alternatif sebagai pengganti pasir Ottawa dalam pengujian kuat tekan mortar. Rachmawati *dkk.* (2020) meneliti pemanfaatan pasir silika lokal Sidrap sebagai alternatif pasir standar dengan melakukan proses pencucian dan pengayakan untuk meningkatkan kemurnian serta keseragaman ukuran partikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir silika lokal memiliki potensi untuk digunakan sebagai agregat dalam pengujian mortar, meskipun karakteristik dan konsistensi hasil pengujiannya masih perlu dievaluasi lebih lanjut agar dapat memenuhi standar yang dipersyaratkan [2]. Penelitian lain menunjukkan bahwa kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) pada agregat halus dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Pradana *dkk* (2022) melaporkan bahwa penambahan pasir silika pada campuran beton mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemurnian silika berperan dalam meningkatkan kinerja mekanik beton [3].

Meskipun beberapa penelitian telah mengevaluasi penggunaan agregat alternatif, kajian mengenai pemanfaatan pasir Ottawa *reject* sebagai agregat dalam pengujian kuat tekan mortar masih sangat terbatas. Padahal material ini tersedia dalam jumlah yang cukup signifikan dan berpotensi dimanfaatkan kembali setelah melalui proses evaluasi teknis yang tepat. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum melakukan evaluasi hasil pengujian berdasarkan nilai *assigned value*, yaitu nilai acuan yang digunakan untuk menilai kesesuaian hasil uji laboratorium terhadap batas toleransi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, kajian mengenai pemanfaatan pasir Ottawa *reject* menjadi penting untuk dilakukan sebagai upaya meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya sekaligus mengurangi limbah industri.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pemanfaatan pasir Ottawa *reject* sebagai alternatif agregat dalam pengujian kuat tekan mortar perlu dikaji lebih lanjut. Material ini berpotensi memberikan manfaat dalam mengurangi limbah industri, meningkatkan efisiensi biaya pengujian laboratorium, serta mengurangi ketergantungan terhadap pasir Ottawa impor. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan teknis dan ekonomis pemanfaatan pasir Ottawa *reject* sebagai alternatif material dalam pengujian kuat tekan mortar semen.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian meliputi data dan teknik pengumpulan data, model penelitian, definisi operasional variabel dan metode analisis data.

### 2.1 Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui pengujian kuat tekan mortar semen dengan jenis agregat halus, yaitu pasir Ottawa standar dan pasir Ottawa *reject* yang sampelnya dikerjakan di laboratorium industri semen. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimental melalui uji laboratorium berdasarkan prosedur standar:

- **ASTM C109:** *standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in. Or [50-mm] cube specimen)*
- **ASTM C778:** *standard specification for standard sand*
- **ISO 679:** *Methods of testing cements – determination of strength*

Pengambilan data dilakukan terhadap hasil uji kuat tekan pada umur 3, 7 dan 28 hari. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan digital, gelas ukur, cetakan spesimen kubus, ruang penyimpanan, mesin uji kuat tekan serta alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk analisis unsur kimia dalam pasir.

### 2.2 Model Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Model ini membandingkan performa kuat tekan mortar menggunakan pasir Ottawa standar sebagai kontrol dengan pasir Ottawa *reject* sebagai perlakuan. Penelitian dilakukan untuk menilai kelayakan teknis pasir Ottawa *reject* berdasarkan deviasi dari nilai *assigned value*.

### 2.3 Operasional Variabel

Variabel dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi kelayakan dan kinerja pasir Ottawa *reject* dalam pengujian kuat tekan mortar. Variabel yang digunakan dalam

penelitian ini adalah jenis pasir, yaitu jenis agregat halus yang digunakan dalam campuran mortar terdiri dari pasir Ottawa standar dan pasir Ottawa *reject*. Sebagai kontrol uji digunakan 7 jenis semen dari berbagai standar yang digunakan secara konsisten untuk membandingkan pengaruh kedua jenis pasir tersebut. Hasil dari pengujian kuat tekan mortar ini berupa satuan megapascal (MPa) berdasarkan pengujian pada umur 3, 7 dan 28 hari sesuai prosedur ASTM C109 dan ISO 679.

## 2.4 Prosedur Penelitian

### a. Analisis Kandungan Kimia Pasir Ottawa

Langkah awal dalam penelitian ini adalah analisis komposisi kimia pasir Ottawa standar dan pasir Ottawa *reject* menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kadar silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebagai komponen utama, serta unsur lain seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{SO}_3$  yang dapat mempengaruhi hasil uji kuat tekan mortar. Prinsip dasar dari XRF adalah mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi unsur dalam suatu sampel dengan mendeteksi spektrum radiasi sinar-X yang dipancarkan oleh unsur-unsur tersebut ketika dikenai sinar-X, lalu membandingkannya dengan spektrum standar yang telah diketahui [4].

### b. Pre-Treatment Pasir Ottawa Reject

Pasir Ottawa *reject* terlebih dahulu disaring menggunakan saringan berukuran  $600\ \mu\text{m}$ , sesuai dengan standar ASTM C778 untuk memastikan distribusi ukuran partikel seragam sebelum digunakan dalam pengujian kuat tekan mortar [5].

### c. Penentuan Komposisi Mortar

Komposisi mortar yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada standar ASTM C109, dengan rasio semen:pasir:air sebesar 1 : 2,75 : 0,485. Setiap sampel semen memiliki besaran nilai permintaan air (*water demand*) yang berbeda, sehingga volume air disesuaikan berdasarkan karakteristik masing-masing semen.

**Tabel 1.** Data penentuan komposisi mortar

No	Sampel Semen	Berat Sampel (gr)	Berat Pasir Silika (gr)	Air (ml)	Water Demand
1	Sampel 1	500	1.375	249,5	0,499
2	Sampel 2	500	1.375	251	0,502
3	Sampel 3	500	1.375	243	0,486
4	Sampel 4	500	1.375	241	0,482
5	Sampel 5	500	1.375	275	0,55
6	Sampel 6	500	1.375	273	0,546
7	Sampel 7	500	1.375	250	0,5

### d. Pembuatan Benda Uji

Benda uji mortar disiapkan dengan mencampurkan semen, air dan pasir sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Campuran awal dibuat dengan mengaduk semen dan air dalam mangkuk mixer, kemudian ditambahkan pasir secara bertahap hingga tercampur homogen. Campuran mortar kemudian dituangkan ke dalam cetakan kubus

berukuran 5x5x5 cm<sup>3</sup> dan dilakukan pemadatan dengan *vibrating machine* untuk menghilangkan udara yang terjebak. Setelah percentakan, benda uji diletakkan dalam ruang penyimpanan selama 24 jam, kemudian direndam dalam air hingga waktu pengujian tiba [6].

**e. Uji Kuat Tekan**

Benda uji yang telah direndam diuji kekuatannya pada umur 3,7 dan 28 hari menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan standar ASTM C109. Nilai uji kuat tekan dicatat dalam satuan megapascal (MPa) dan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja pasir Ottawa *reject* dibandingkan dengan pasir Ottawa standar [6].

**2.5 Metode Analisis Data**

Metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif, dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh substitusi pasir Ottawa standar dengan pasir Ottawa *reject* terhadap nilai kuat tekan mortar yang dihasilkan. Pengujian kuat tekan mortar merupakan prosedur fundamental dalam mengevaluasi mutu material konstruksi, khususnya semen dan agregat halus, melalui pengukuran ketahanan material terhadap beban tekan hingga terjadi kerusakan struktural [7]. Data yang diperoleh dari hasil pengujian, berdasarkan variasi jenis pasir dan sampel semen yang digunakan, dianalisis dengan pendekatan statistik deskriptif, meliputi perhitungan rata-rata yang kemudian dibandingkan terhadap nilai *assigned value* yang ditetapkan untuk masing-masing sampel semen. Untuk evaluasi hasil pengujian, suatu nilai dinyatakan memenuhi kriteria apabila berada dalam batas ambang toleransi yang telah ditentukan. Nilai *assigned value* merujuk pada nilai acuan yang digunakan sebagai dasar penilian terhadap hasil uji laboratorium [8].

Tahapan selanjutnya mencakup analisis kelayakan hasil pengujian berdasarkan sistem rating, dengan mempertimbangkan rentang 1-1,5 kali dari nilai *assigned value* sebagai batas toleransi penerimaan hasil uji (*rating* 4-5). Sistem rating ini merupakan pendekatan penilaian kuantitatif yang mendasarkan diri pada tingkat deviasi hasil uji terhadap *assigned value*, yang dinyatakan dalam satuan standar deviasi. Semakin kecil deviasi yang terjadi, maka semakin tinggi nilai rating yang diperoleh, yang menandakan bahwa hasil pengujian memiliki akurasi dan presisi yang baik [9]. Untuk menentukan signifikansi perbedaan antara pengaruh penggunaan pasir Ottawa standar dan pasir Ottawa *reject* terhadap nilai kuat tekan mortar, dilakukan pengujian dengan menggunakan metode statistik. Seluruh prosedur analisis dilakukan berdasarkan acuan standar pengujian profesiensi laboratorium serta pedoman analisis data dalam pengujian mutu material konstruksi yang mengacu pada standar nasional maupun internasional, termasuk SNI, ASTM dan ISO.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Analisis Fisik dan Kimia Pasir Ottawa *Reject***

Pasir Ottawa *reject* yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan karakteristik fisik dibandingkan pasir Ottawa standar. Sebelum dilakukan proses pengayakan, material tersebut memiliki berbagai jenis kontaminan seperti kerikil, batu kecil, daun, dan limbah padat lainnya. Oleh karena itu, dilakukan prapemrosesan berupa pengayakan menggunakan saringan 600 µm. Prosedur ini mengacu pada ketentuan dalam standar ASTM C778 terkait distribusi ukuran partikel pada pasir standar, yang mensyaratkan bahwa 96 - 100% partikel harus dapat melewati saringan 600 µm [5].

Berdasarkan hasil analisis, sebanyak 96,53% pasir Ottawa *reject* berhasil lolos dari saringan tersebut, yang menunjukkan bahwa material tersebut memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam ASTM C778. Hasil analisis fisik menunjukkan bahwa pasir Ottawa *reject* memiliki warna putih kecoklatan serta distribusi ukuran partikel yang tidak seragam, yang disebabkan oleh keberadaan material pengotor. Setelah dilakukan proses pengayakan, sampel pasir Ottawa *reject* kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode XRF.



**Gambar 1.** Pasir ottawa *reject* a) sebelum proses pengayakan b) sesudah proses pengayakan

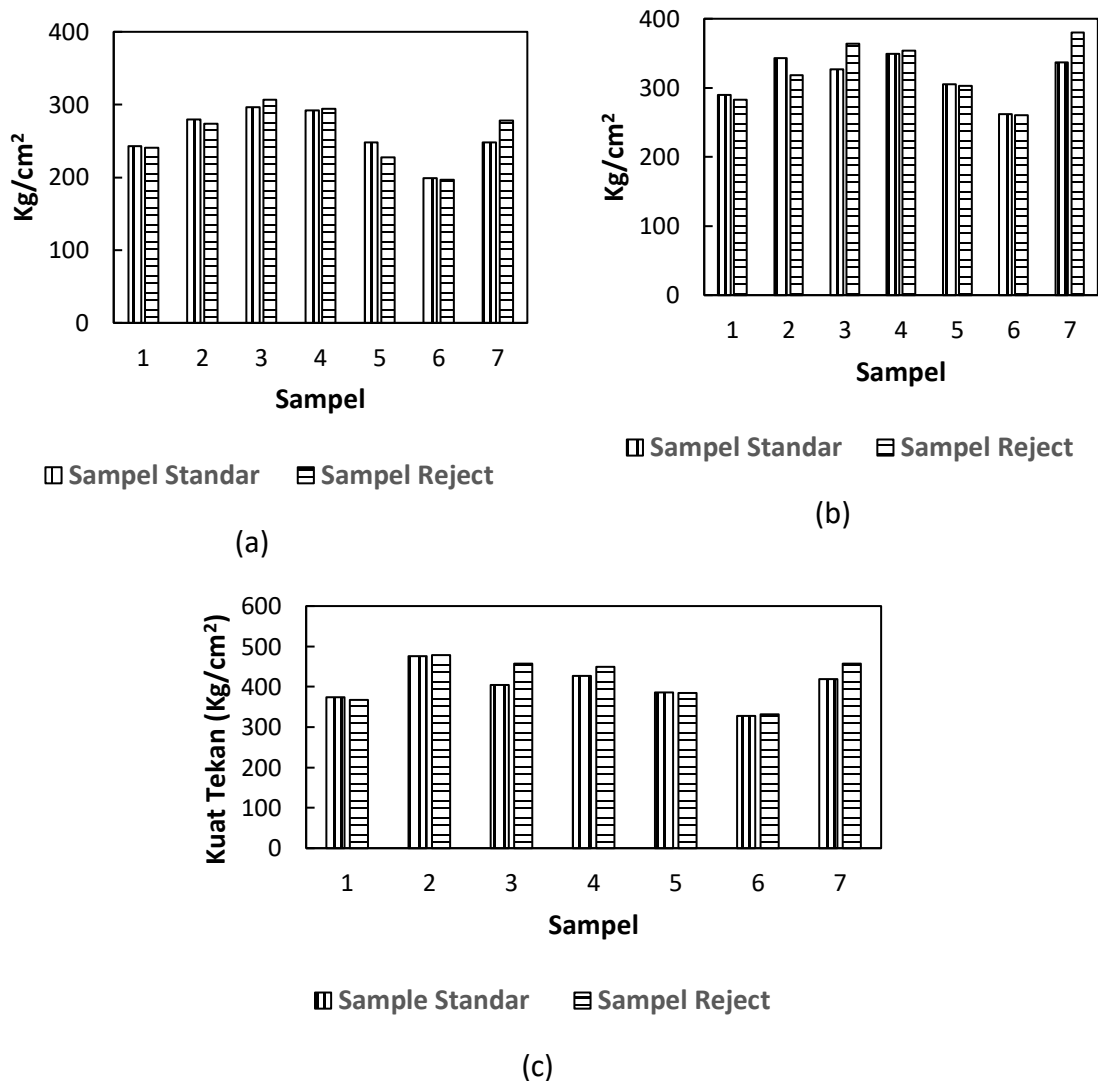
**Tabel 2.** Hasil pengujian XRF

Parameter	Pasir Silika Standar	Pasir Silika <i>Reject</i>
SiO <sub>2</sub>	98,16	96,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,51	1,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,56
CaO	0,41	1,62
MgO	0,06	0,00
K <sub>2</sub> O	0,22	0,17
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,03
SO <sub>3</sub>	0,49	0,41
Total	100,00	100,00

Dari hasil analisis kimia yang dilakukan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) diketahui bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> dalam pasir Ottawa *reject* mencapai 96,14%, nilai ini lebih rendah dibandingkan kandungan SiO<sub>2</sub> dalam pasir Ottawa standar yang sebesar 98,16%. Meskipun demikian, kadar silika tersebut telah melampaui batas minimum yang dipersyaratkan untuk pasir uji mortar, yaitu lebih dari 90% [2]. Selain itu, konsentrasi senyawa lain seperti aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan kalsium oksida (CaO) pada pasir Ottawa *reject* tercatat lebih tinggi dibandingkan pasir Ottawa standar. Kandungan senyawa-senyawa ini berpotensi mempengaruhi sifat mekanik mortar, yang dapat disebabkan oleh akibat perbedaan morfologi, ukuran partikel dan interaksi antar partikel. Tingginya kandungan silika memberikan kontribusi positif terhadap kestabilan mineralogi pasir. Namun demikian, keberadaan variasi dalam komposisi unsur-unsur minor perlu diperhatikan karena dapat berdampak terhadap perubahan karakteristik mekanik mortar yang dihasilkan [10].

Kemurnian serta konsistensi komposisi pasir merupakan parameter penting dalam menjamin reproduisibilitas dan keandalan hasil pengujian mutu mortar maupun semen. Pasir Ottawa umumnya memiliki sifat mineralogi yang stabil dan distribus ukuran partikel yang seragam, sehingga mendukung tercapainya hasil uji yang konsisten [11]. Oleh karena itu, walaupun terdapat perbedaan dalam komposisi kimia antara pasir Ottawa *reject* dan pasir Ottawa standar, pasir Ottawa *reject* tetap dapat dikategorikan layak secara teknis sebagai alternatif material dalam pengujian kuat tekan mortar.

### 3.2 Pengaruh Pasir Ottawa *Reject* Pada Uji Kuat Tekan Mortar



**Gambar 2.** Hasil pengujian kuat tekan mortar (Kg/cm<sup>2</sup>) (a) waktu pengujian 3 hari; (b) waktu pengujian 7 hari; (c) waktu pengujian 28 hari

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 3, 7, dan 28 hari untuk membandingkan kinerja pasir Ottawa *reject* yang telah melalui proses pengayakan dengan pasir Ottawa standar terhadap tujuh jenis semen yang berasal dari berbagai standar. Berdasarkan hasil pengujian, sebagian besar sampel yang menggunakan pasir Ottawa *reject* menunjukkan nilai kuat tekan mortar yang tergolong dalam rating 5 dan 4 sesuai dengan sistem evaluasi dari *Cement and Concrete Reference Laboratory* (CCRL). Sistem ini menilai

performa berdasarkan deviasi terhadap nilai acuan (*assigned value*). Pencapaian rating yang tinggi mengindikasikan bahwa hasil pengujian memiliki tingkat akurasi dan konsistensi yang baik, yang merupakan aspek krusial dalam menjamin keandalan serta keterulangan data hasil uji. Estimasi terhadap presisi pengujian tersebut menjadi komponen penting dalam menilai kualitas data yang dihasilkan [9].

Meskipun secara keseluruhan menunjukkan performa yang baik, terdapat sejumlah penyimpangan nilai kuat tekan antara sampel yang menggunakan pasir Ottawa *reject* dan yang menggunakan pasir Ottawa standar. Penyimpangan ini dimungkinkan akibat perbedaan kandungan mineral seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$ , serta variasi dalam bentuk dan ukuran partikel. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi tingkat kepadatan struktur mortar dan kekuatan mekaniknya. Literatur menunjukkan bahwa bentuk partikel yang seragam sebagaimana terdapat pada pasir Ottawa standar berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tekan yang lebih konsisten. Hal ini disebabkan oleh efisiensi dalam pengemasan partikel dan minimnya ruang antar butiran, yang menghasilkan struktur mortar yang lebih padat dan stabil [3, 12]. Selain itu, pada umur pengujian 28 hari nilai kuat tekan mortar umumnya menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini berkaitan dengan reaksi hidrasi semen yang semakin berkembang serta keberadaan kandungan silika dalam agregat yang berperan dalam memperkuat struktur mikro mortar, sehingga menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi [13].

### **3.3 Faktor Lingkungan dan Penyimpanan terhadap Hasil Pengujian**

Terdapat sejumlah faktor yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan hasil pengujian kuat tekan antar pasir Ottawa *reject* dengan pasir Ottawa standar. Komposisi kimia yang terkandung dalam pasir akan sangat mempengaruhi hasil kuat tekan karena kuantitas pasir lebih besar daripada semen. Kandungan senyawa seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  dalam pasir dapat mempengaruhi hasil uji kuat tekan akibat perbedaan komposisi mineral serta variasi karakteristik morfologi partikel. Pasir Ottawa *reject* yang memiliki distribusi bentuk partikel yang cenderung seragam cenderung memberikan nilai kuat tekan yang dapat diprediksi. Sebaliknya, kehadiran  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  dalam pasir Ottawa dapat menyebabkan variasi dalam bentuk dan ukuran partikel, yang mempengaruhi sifat mekaniknya yang dihasilkan [10].

Beberapa sampel memiliki hasil rating yang rendah dikarenakan perbedaan hasil kuat tekan pasir Ottawa standar yang berbeda secara signifikan dengan pasir Ottawa *reject* yang mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  karena adanya variasi komposisi dan ukuran partikel. Adanya senyawa yang memiliki nilai yang lebih tinggi dari pasir Ottawa standar ini dapat mengubah sifat mekanik, mempengaruhi kekuatan keseluruhan dan karakteristik material. Pasir Ottawa Standar memiliki kekuatan tekan yang tinggi karena ukuran dan bentuk partikelnya yang seragam, yang mendorong pengemasan yang efektif dan rongga yang minimal [14]. Perilaku mekanik bahan granular ini sangat dipengaruhi oleh bentuk partikel. Variasi bentuk dan ukuran dapat menyebabkan perbedaan kekuatan dan stabilitas keseluruhan di bawah beban [15]. Bentuk butiran yang lebih seragam, seperti yang terlihat pada pasir Ottawa standar, menghasilkan rongga yang lebih kecil dan kekuatan yang lebih baik, sementara pasir Ottawa *reject* mungkin tidak mencapai tingkat pemadatan yang sama karena adanya perbedaan bentuk material [12].

Kandungan kelembapan pada sampel juga akan mempengaruhi hasil kuat tekan. Pada laboratorium sampel standar yang digunakan terkadang terkontaminasi dengan air dan suhu ruang penyimpanan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, sampel semen yang disimpan di lingkungan yang terjaga pada suhu yang lebih rendah  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  dengan kelembapan sedang (53% RH) menunjukkan kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan dengan sampel yang disimpan dalam kondisi suhu yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa menjaga suhu lingkungan tempat penyimpanan dapat meningkatkan sifat mekanik semen [16].

### **3.4 Evaluasi Teknis dan Ekonomis Penggunaan Pasir Ottawa Reject**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasir Ottawa *reject* memiliki potensi sebagai alternatif bahan uji kuat tekan, karena memenuhi spesifikasi fisik dan kimia sesuai standar ASTM C778, serta menghasilkan kuat tekan mortar yang masih dalam batas kelayakan CCRL. Dari sisi teknis, penggunaan pasir ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap pasir Ottawa standar impor.

Dari segi ekonomi, pemanfaatan pasir Ottawa *reject* memberikan potensi penghematan biaya yang signifikan. Dengan asumsi harga pasir Ottawa standar sebesar Rp 80.000/kg dan ketersediaan pasir *reject* sebanyak 15 zak (masing-masing 45 kg), potensi efisiensi biaya mencapai Rp 54.000.000. Ini menunjukkan bahwa optimalisasi limbah internal perusahaan sebagai bahan uji alternatif tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga sangat menguntungkan secara finansial.

## **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa pasir Ottawa *reject* memiliki potensi sebagai bahan alternatif dalam pengujian kuat tekan mortar. Berdasarkan hasil pengayakan, pasir ini memenuhi standar ASTM C778 dengan 96,53% lolos ayakan 600  $\mu\text{m}$ . Hasil dari analisis kimia menggunakan XRF terdapat kandungan silika pada pasir Ottawa *reject* sebesar 94,14% yang melebihi ambang batas minimum (>90%). Hasil pengujian kuat tekan pada umur 3, 7, dan 28 hari menunjukkan bahwa sebagian besar sampel berada dalam kategori rating 4 dan 5, menandakan bahwa secara teknis pasir Ottawa *reject* ini layak digunakan. Meskipun terdapat penyimpangan pada beberapa sampel, hal ini diduga dipengaruhi oleh komposisi mineral minor serta kondisi penyimpanan semen. Secara ekonomis, pemanfaatan pasir Ottawa *reject* berpotensi menghemat biaya hingga  $\pm$  Rp 54.000.000.

Berdasarkan hal tersebut, disarankan agar pemanfaatan pasir Ottawa *reject* diatur melalui standarisasi internal laboratorium untuk menjaga konsistensi pengujian. Proses pre-treatment harus dilakukan secara optimal guna meminimalkan pengaruh pengotor. Selain itu, kondisi penyimpanan semen perlu dikendalikan dengan baik agar tidak mempengaruhi hasil uji.

## **REFERENSI**

- [1] T. R. Harjanto, A. Prastya, S. Bahri, dan O. Prasadi, "Analisis Kontribusi Pemanfaatan Limbah Kantong Semen (*Reject*) Berdasarkan Prespektif Life Cycle Assessment (Studi Kasus : PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk.)," *Jurnal Lingkungan*, vol. 5, no. 2, hal. 126–135, 2023.
- [2] T. Rachmawati, W. Pratiwi, dan G. A. Karim, "Pengolahan Pasir Silika Lokal Skala Pilot

- Plant sebagai Pengganti Pasir Standar Ottawa untuk Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”* hal. A6-1-A6-7, 2020.
- [3] B. P. Frengky, S. Dewi, dan S. M. Afif, “Pengaruh Pasir Silica Pada Persentase 0%, 50% Dan 100% Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton,” *Jurnal Surya Beton*, vol. 6, no. 2, hal. 50–55, 2022.
- [4] D. N. S. P. Tanggara dan W. Kristiana, “Peluang Pemanfaatan Pasir Silika Di Wilayah Kota Palangka Raya Sebagai Bahan Baku Industri Modern,” 2022.
- [5] ASTM, “Standard Specification for Standard Sand,” *ASTM International*, hal. 1–317, 2000.
- [6] ASTM, “Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars,” *ASTM International*, hal. 9, 2020.
- [7] Supriyadi, Triwardaya, Parhadi, Suroso, dan W. Herry, Ludiro, “Analisis Kuat Tekan Mortar Dengan Penambahan Sikagrout 215,” *Bangun Rekaprima*, vol. 8, no. 2, hal. 1, 2022.
- [8] M. Thompson, S. L. R. Ellison, dan R. Wood, “The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories: (IUPAC technical report),” *Pure and Applied Chemistry*, vol. 78, no. 1, hal. 145–196, 2006.
- [9] P. Elizabeth dan V. Barwick, *Quality Assurance in Analytical Chemistry*. 2007.
- [10] M. Kasmuri dan A. Ajeng, “Pengaruh Alkali Silika Reaktif Pasir Terhadap Kuat Tekan Mortar Rendaman,” *Construction and Material Journal*, vol. 5, no. 1, hal. 13–20, 2023.
- [11] T. J. Carey, N. Stone, dan B. L. Kutter, “Grain Size Analysis and Maximum and Minimum Dry Density Testing of Ottawa F-65 Sand for LEAP-UCD-2017,” *Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading - LEAP-UCD-2017*, hal. 31–44, 2020.
- [12] W. Hanini, F. Ghomari, S. Mohammed, E. Amine, dan B. Hacene, “Etude comparative de la compacité expérimentale et prévisionnelle des milieux granulaires,” *Afrique SCIENCE*, vol. 11, no. 1, hal. 27–34, 2015.
- [13] E. Riyanto, E. Widyananto, dan R. Ray, “Analisis Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Silica Fume dan Kapur Tohor,” *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [14] C. Y. Chin, “Static and dynamic strength and deformation characteristics of Ottawa and Li-Kang sands,” 1988.
- [15] M. S. Lim, D. C. Wijeyesekera, A. Zainorabidin, dan I. Bakar, “The Effects of Particle Morphology ( Shape and Sizes) Characteristics on its Engineering Behaviour and Sustainable Engineering Performance of Sand,” *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 4, no. 3, hal. 27–37, 2012.
- [16] B. Kiema, O. Coulibaly, dan E. Ouedraogo, “Study of The Influence of Storage Media on the Thermo-mechanical Behavior of Concrete and Cement Blocks,” *Physical Science International Journal*, vol. 28, no. 1, hal. 45–55, 2024.