

## VARIASI PENGGUNAAN PASIR BESI PADA CAMPURAN MORTAR

Article history

Received

8 Januari 2018

Received in revised form

23 Pebruari 2018

Accepted

5 Mei 2018

Fitro Darwis<sup>a</sup>, Mufti Amir Sultan<sup>b\*</sup>, Demi Sidogu<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universitas Pasifik, Morotai, Indonesia

<sup>b</sup>Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

\*Corresponding author  
[muftiasltn@unkhair.ac.id](mailto:muftiasltn@unkhair.ac.id)

### Graphical abstract

#### Abstract

Iron sand is a natural resource that many found in North Maluku one of them in Yao Village District Morotai Island. Iron sand mining results have the potential to become an Indonesian commodity but iron sand processing is still not maximized at this time. The purpose of this research is to know whether the sand of Yao Village including iron sand, To know the effect of iron sand usage as fine aggregate on the mortar mixture against compressive strength and against absorption. In this research, the test of compressive strength and mortar absorption. This research uses fine aggregate substitution material is Yao Village sand. Preparation of specimen with Fas 0,40, Yao Village sand composition as substitution of fine aggregate that is 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% to the fine aggregate weight. The composition of Sand Yao Village after the most dominant purification was Fe (75.84%) of the total iron ore content, followed by Si, Ti, Ca, Al, and other minor elements, so it was classified as an iron sand. There is a decrease in compressive strength along with the increase of iron sand composition 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. Large decreases in compressive strength of each s 19.20 MPa, 19.00 MPa, 18.60 MPa, 13.00 MPa, 13.00 MPa and 12.36 MPa. absorption of mortar in 20% iron sand substitution and 40% of absorption increased, at 60% composition decreased.

*Keywords:* yao village, mortar, compressive strength, absorption, iron sand

#### Abstrak

Pasir besi merupakan sumber daya alam yang banyak terdapat di Maluku Utara salah satunya di Desa Yao Kabupaten Pulau Morotai. Hasil penambangan pasir besi berpotensi untuk menjadi suatu komoditas negara Indonesia namun pengolahan pasir besi masih belum maksimal saat ini. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui apakah pasir Desa Yao termasuk pasir besi, Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir besi sebagai agregat halus pada campuran mortar terhadap kuat tekan dan terhadap penyerapan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan penyerapan mortar. Penelitian ini menggunakan bahan substitusi agregat halus adalah pasir Desa Yao. Pembuatan benda uji dengan Fas 0,40, komposisi pasir Desa Yao sebagai substitusi agregat halus yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% terhadap berat agregat halus. Komposisi pasir Desa Yao setelah dilakukan pemurnian yang paling dominan adalah Fe (75,84 %) dari total kadar kandungan bijih besi disusul dengan unsur Si,Ti, Ca, Al, serta unsur minor lainnya, sehingga digolongkan sebagai pasir besi. Terjadi penurunan kuat tekan seiring dengan meningkatnya komposisi pasir besi 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Besar penurunan kuat tekan masing-masing s 19,20 MPa, 19,00 MPa, 18,60 Mpa, 13,00 MPa, 13,00 MPa dan 12,36 MPa. penyerapan mortar pada substitusi pasir besi 20% dan 40% penyerapan semakin meningkat, pada komposisi 60% mengalami penurunan.

*Kata kunci:* desa yao, mortar, kuat tekan, penyerapan, pasir besi

© 2018 Penerbit Fakultas Teknik Unkhair. All rights reserved

## 1.0 PENDAHULUAN

Teknologi beton tidak lepas dari upaya mengoptimalkan potensi lokal untuk kepentingan kemajuan teknologi beton, potensi lokal yang sangat penting adalah material lokal yang berasal dari dalam negeri yang layak untuk ditingkatkan nilai ekonominya. Salah satu hasil dari sumber daya alam yang banyak di Indonesia yaitu pasir besi. Secara umum pasir besi merupakan salah satu bahan baku dasar dalam industri besi baja dimana keterdapatannya banyak dijumpai di daerah pesisir seperti di pesisir Jawa, Sumatra, Sulawesi, Maluku Utara dan Nusa Tenggara. Selain sebagai bahan baku industri besi baja, pasir besi juga dapat dimanfaatkan pada industri semen, karena pasir besi mengandung kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  dan lain – lain. Dalam usaha untuk menciptakan alternatif dan inovatif, maka pemanfaatan pasir besi dapat diterapkan dalam pembuatan mortar beton dalam bidang bahan bangunan. Untuk memproduksi mortar beton mutu tinggi diperlukan bahan halus yang ditentukan oleh ASTM sebagai substitusi semen untuk mengurangi porositas beton. Pasir besi yang mempunyai kandungan  $\text{FeO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan ukuran butiran 50 – 100 mesh atau 0,3 mm – 0,15 mm berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam produksi mortar beton.

Beberapa penelitian penggunaan pasir besi dalam bidang Teknik Sipil : Pada penelitian dengan menggunakan pasir besi sebagai agregat kasar pada campuran beton untuk menahan radiasi. Dari pengujian kualitas beton dengan agregat barit - pasir besi, didapat nilai: berat jenis, kuat tekan, modulus elastisitas, yaitu 3121 kg/m<sup>3</sup>, 15,38 MPa dan 21,396 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton barit mempunyai berat jenis tinggi sehingga terkategori beton berat. Berdasarkan uji kuat tekan, beton mampu menahan struktur sehingga dalam perencanaan ini sangat aman karena tujuan awal perencanaan terutama untuk desain dinding yang merupakan bagian non struktur dalam bangunan. [10]. Pasir besi Kulonprogo memiliki massa jenis 4,311 gr/cm<sup>3</sup> yang tergolong tinggi dan dapat mendasari digunakannya sebagai bahan agregat perisai radiasi sinar gamma. Berat satuan pasir besi Kulonprogo adalah 2,554 gr/ cm<sup>3</sup> dan penyerapan air SSD 0,422%. Hasil pemeriksaan gradasi masuk dalam daerah IV (sangat halus) dengan nilai mhb 1,330.[9]. Hasil analisis volumetrik campuran menunjukkan bahwa penggunaan pasir besi yang lebih banyak menghasilkan nilai rongga dalam campuran dan rongga antar agregat yang cenderung menurun tetapi meningkatkan rongga yang tersisi aspal. Indeks kekuatan Sisa, setelah direndam dalam air selama 24 jam pada temperatur 60° C, menunjukkan bahwa pasir besi campuran yang menggunakan pasir besi mempunyai daya tahan yang lebih rendah terhadap perubahan cuaca, temperatur, dan air. [11]. Penggunaan pasir besi dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah karena secara mekanik gradasi pasir besi mampu mengisi pori-pori diantara butiran-butiran gradasi pasir normal sehingga meningkatkan kepadatan beton yang mengakibatkan meningkatnya kuat tekan dan kuat tarik belah beton [4]. Untuk memperbaiki sifat mortar beberapa penelitian antara lain : Penelitian dengan penambahan fly ash dan conplast pada mortar pasir apung dan pasir sungai mengakibatkan kuat tekan yang lebih besar dari mortar normal [12]. Mortar batu apung memiliki struktur yang lebih baik dibandingkan mortar pasir sungai dan pasir pantai dalam mengurangi laju difusi ion klorida [9]. Tepung dolomit dapat dijadikan sebagai substitusi pasir pada pembuatan mortar batako [6]. Penambahan limbah gypsum dalam campuran mortar batako dapat meningkatkan nilai kuat tekan, tarik belah mortar batako [8]. Penambahan serbuk halus ex cold milling dalam campuran batako dalam uji bahan, benda uji mortar batako lebih baik dibanding dengan bata ringan merk elephant. Sedangkan uji kuat lentur mortar batako TB. Bintang Terang dengan benda uji batako pada penambahan serbuk halus ex cold milling [3]. Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu [2]. Mortar memiliki nilai penyusutan yang relatif kecil. Kekuatan geser mortar harus dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar serta mortar harus tahan terhadap penyerapan air, karena mortar akan mengeras dengan cepat apabila penyerapan air pada mortar terlalu besar.

Mortar dicetak dengan proses pemadatan menjadi bentuk persegi atau segi banyak dengan ukuran dan persyaratan tertentu kemudian untuk proses pengerasannya, mortar ditempatkan pada tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung maupu hujan. Adapun jenis-jenis mortar seperti mortar semen portland, mortar semen polimer, mortar kapur, dan mortar pozzolan.

Spesifikasi mortar harus memenuhi ketentuan persyaratan bahan dan pengujian. Spesifikasi mortar terdiri dari dua [1], yaitu:

1. Spesifikasi proporsi
2. Spesifikasi sifat

## Mortar

Mortar yang memenuhi ketentuan dalam spesifikasi ini harus didasarkan pada hasil pengujian terhadap mortar yang disiapkan di laboratorium. Mortar yang disiapkan di laboratorium harus terdiri dari suatu campuran bahan pengikat bersifat semen, agregat dan air yang seluruhnya harus memenuhi persyaratan bahan-bahan dan sifat-sifatnya harus memenuhi persyaratan mortar pada Tabel 1

**Table 1 Persyaratan spesifikasi sifat**

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari Min. (Mpa)	Retensi air Min. (%)	Kadar udara maximum (%)	Rasio agregat (pengukuran pada kondisi lembab, gembur)
Kapur Semen	M	17.2	75	12	21/4 – 31/2 kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12.4	75	12	
	N	5.2	75	14bj	
	O	2.5	75	14bj	
Semen Pasangan	M	17.2	75	.....c)	
	S	12.4	75	.....c)	
	N	5.2	75	.....c)	
	O	2.4	75	.....c)	

## Kuat tekan mortar

Kekuatan tekan mortar adalah gaya maksimum persatuan luas yang bekerja pada benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran tertentu dan umur tertentu [2]. Kekuatan tekan mortar diwakili oleh kekuatan tekan maksimum dengan satuan MPa.

Kekuatan tekan mortar sangat dipengaruhi oleh air. Proporsi campuran mortar sangat mempengaruhi kekuatan tekan pada mortar itu sendiri. Semakin rendah faktor air semen, maka semakin tinggi kuat tekannya. Akan tetapi, jika faktor air semen rendah maka sangat sulit dalam pengerjaannya. Rumus kuat tekan mortar adalah sebagai berikut :

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

Keterangan :

- $\sigma_m$  : kekuatan tekan mortar (MPa)
- $P_{maks}$  : gaya tekan maksimu (N)
- $A$  : luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat adalah faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan mortar.

## Faktor air semen (FAS)

Pada umumnya nilai FAS minimum yang diberikan adalah sekitar 0,4 dan maksimumnya adalah 0,65 [13]. Untuk mengetahui FAS pada mortar perlu adanya angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran mortar ataupun beton. Nilai FAS yang tinggi menyebabkan semakin rendah mutu beton, akan tetapi jika nilai FAS yang rendah juga akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya kemudian nilai FAS yang rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

Kekuatan mortar belum tentu tinggi apabila kandungan semennya lebih banyak. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, begitu pula pastinya yang dapat menyebabkan kandungan pori lebih banyak dari pada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Karena kandungan porinya yang dapat mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen pada mortar juga harus mempunyai nilai yang optimum tertentu agar dapat memberikan kuat tekan yang tinggi.

Selain faktor air semen dan jumlah semen, umur mortar juga sangat berperan penting pada kuat tekan mortar. Di mana pada umur 28 hari mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan. Bentuk, kekerasan permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat merupakan sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan mortar.

### Pasir Besi

Pasir besi adalah sejenis pasir dengan konsentrasi besi yang signifikan. Hal ini biasanya berwarna abu-abu gelap atau berwarna kehitaman. Pasir ini terdiri dari magnetit,  $Fe_3O_4$ , dan juga mengandung sejumlah kecil titanium, silika, mangan, kalsium dan vanadium. Pasir besi memiliki kecenderungan memanas di bawah sinar matahari langsung, menyebabkan suhu yang cukup tinggi untuk menyebabkan luka bakar ringan.

## 2.0 METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : Timbangan, saringan standar, bak air, gelas ukur 100 ml, cetakan mortar, mesin pengaduk standar ASTM [2] yang kecepatan perputarannya dapat diatur, dilengkapi dengan mangkok pengaduk, Meja leleh lengkap Standar ASTM [1] dengan cincin leleh dan mesin uji tekan mortar. Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut : semen portland, pasir, abu vulkanik, air bersih

### 2.2 Pembuatan benda uji

Semen yang digunakan untuk campuran bahan mortar ini adalah semen tipe 1. Pada keadaan normal, terhadap semen ini tidak dilakukan pengujian karena sudah cukup dengan menggunakan data – data hasil pengujian yang dilakukan oleh pabrik pembuat. Pasir yang digunakan langsung dipakai tanpa diadakan penyaringan terlebih dahulu yang berasal dari quarry Kalumata Kota Ternate, pasir besi diambil dari wilayah Desa Yao Kabupaten Pulau Morotai.

Benda uji yang digunakan berukuran 5x5x5 cm dengan komposisi 1 semen : 4 pasir dengan FAS 0.4, dimana matriks benda ujinya disajikan pada Tabel 2.

**Table 2 Matriks benda uji**

No	Kode Benda Uji	Komposisi Pasir Kalumata (%)	Komposisi Pasir Ex Desa Yao (%)	Jumlah (buah)
1	MP1	100	0	6
2	MP2	80	20	6
3	MP3	60	40	6
4	MP4	40	60	6
5	MP5	20	80	6
6	MP6	0	0	6

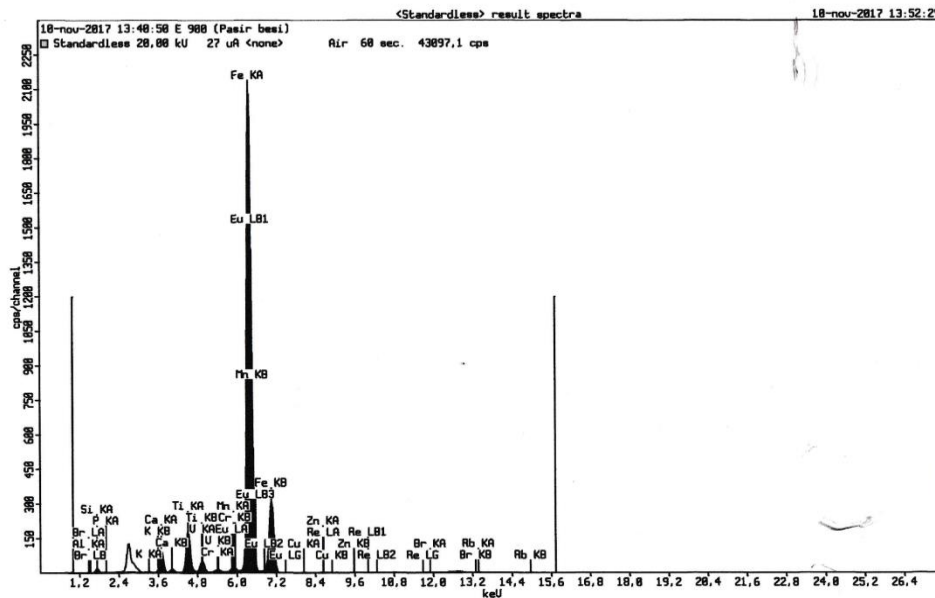
### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Komposisi Mineral Pasir Ex Desa Yao

Untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat dalam pasir ex Desa Yao telah dilakukan analisis dengan alat difraksi sinar-X dan hasilnya disajikan sebagai gambar 2 dan Tabel 3. Unsur yang dominan adalah Si, Fe dan Ca.

Tabel 3. Kandungan Unsur dalam Pasir Ex Sungai Yao

Compound	Si	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Br	Eu	Re	Al	P
Concentrasi	6,6	0,18	4,27	5,35	0,64	0,18	0,52	75,84	0,08	0,04	0,66	0,23	0,6	0,3	4,00	0,27
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Gambar 2. Pola difraksi Pasir Ex Desa Yao

Tabel 2 menjelaskan bahwa kadar dari unsur penyusun pasir Yao setelah dilakukan pemurnian yang paling dominan adalah Fe sekitar 75,84 % dari total kadar kandungan bijih besi keseluruhan disusul dengan unsur Si, Ti, Ca, Al, serta unsur minor lainnya. Dari gambar 2 dan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa pasir Desa Yao digolongkan sebagai Pasir Besi.

#### 3.2. Karakteristik agregat halus

Pengujian agregat yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar lumpur, *specific gravity*, berat volume agregat, dan modulus kehalusan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus. Hasil pengujian karakteristik agregat halus pasir Kalumata [13] dan pasir Desa Yao dapat dilihat pada tabel 4. Umumnya properties pasir Kalumata memenuhi spesifikasi SNI kecuali pada kadar lumpur melebihi batas spesifikasi SNI. Oleh karena itu sebelum maka sebelum pelaksanaan maka agregat halus harus dicuci terlebih dahulu. Setelah dicuci maka kadar lumpur sebesar 2%.

Hasil pengujian agregat halus Desa Yao dapat dilihat bahwa kadar lumpur dan penyerapan memenuhi spesifikasi SNI. Berat jenis dan berat volume tidak memenuhi spesifikasi SNI, cenderung lebih besar dari agregat yang disyaratkan SNI pada umumnya. MHB lebih rendah dari spesifikasi SNI, ini mengindikasikan bahwa gradasi agregat halus pasir Desa sangat halus. Gradasi agregat halus Kalumata dan Desa Yao seperti pada gambar 3.

**Table 4 Karakteristik Agregat Halus**

No	Jenis Pengujian	Pasir Kalumata	Pasir Ex Desa Yao	Jumlah (buah)
	Kadar Lumpur	9,00 %	2,00 %	0,2 – 5 %
	Berat jenis kering	2,20	3,96	1,6 – 3,2
	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2,10	4,08	1,6 – 3,2
	Berat jenis semu	1,67	4,51	1,6 – 3,2
	Penyerapan	4,71%	3,09%	Max 5%
	Berat volume padat	1,49	2,28	1,40 – 1,90
	Berat volume halus	1,40	2,44	1,40 – 1,90
	Modulus halus butir (MHB)	2,21%	1,43%	2,2 – 3,1%



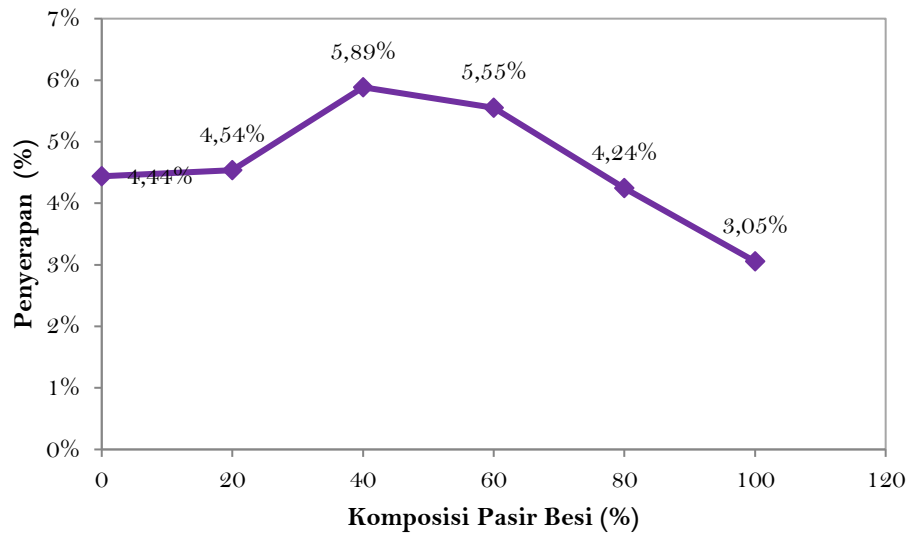
a. Pasir Kalumata



b. Pasir Yao

Gambar 3. Gradasi agregat halus

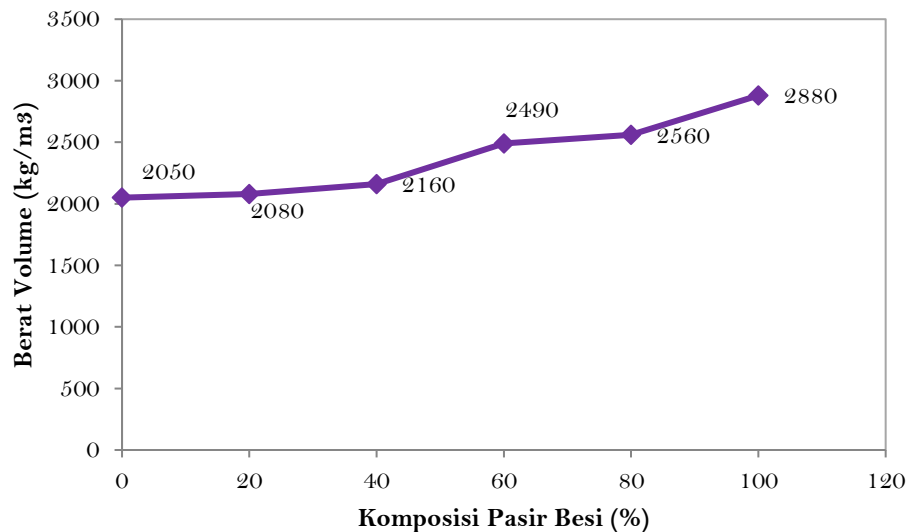
### 3.2. Penyerapan mortar



Gambar 4. Hubungan komposisi pasir besi (Desa Yao) dengan penyerapan mortar

Gambar 4. menunjukkan dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus dengan komposisi 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Pada substitusi pasir besi 20% dan 40% penyerapan semakin meningkat, pada komposisi 60% sampai 100% mengalami penurunan. Ini memperlihatkan bahwa tingkat penyerapan mortar setelah agregat halus pasir besi lebih dominan akan menurun disebabkan jenis material ini mempunyai tingkat penyerapan lebih kecil dari pasir Kalumata.

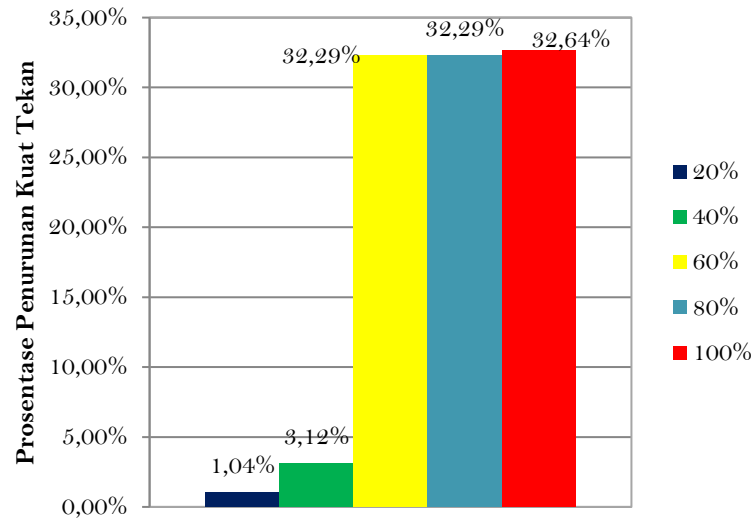
### 3.2. Berat volume mortar



Gambar 5. Hubungan komposisi pasir besi (Desa Yao) dengan berat volume mortar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil mortar setelah campuran mortar diberi perlakuan dengan substitusi agregat halus dengan pasir besi. Dengan komposisi substitusi pasir besi terhadap agregat halus 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% menghasilkan berat volume masing-masing 2050 Kg/m<sup>3</sup>, 2080 Kg/m<sup>3</sup>, 2160 Kg/m<sup>3</sup>, 2490 Kg/m<sup>3</sup>, 2560 Kg/m<sup>3</sup> dan 2880 Kg/m<sup>3</sup>. Seperti ditunjukkan pada gambar 5.

### 3.3. Kuat Tekan Mortar



Gambar 6. Prosentase penurunan kuat tekan terhadap komposisi pasir besi

Terjadi penurunan kuat tekan seiring dengan meningkatnya komposisi pasir besi 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% masing-masing sebesar 19,20 MPa, 19,00 MPa, 18,60 Mpa, 13,00 MPa, 13,00 MPa dan 12,36 MPa. Prosentase perubahan kuat tekan terhadap komposisi pasir besi seperti pada gambar. 5. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa dengan penambahan pasir besi maka prosentase penurunan kuat tekan semakin meningkat.

### 4.0 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pasir Desa Yao digolongkan sebagai besi bahwa kadar dari unsur penyusun pasir Yao setelah dilakukan pemurnian yang paling dominan adalah Fe sekitar 75,84 % dari total kadar kandungan bijih besi keseluruhan disusul dengan unsur Si, Ti, Ca, Al, serta unsur minor lainnya.
- Hubungan komposisi pasir besi sebagai bahan substitusi agregat halus dengan kuat tekan mortar, menunjukkan hubungan komposisi pasir besi sebagai bahan substitusi agregat halus dengan kuat tekan mortar. Terjadi penurunan kuat tekan seiring dengan meningkatnya komposisi pasir besi 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% masing-masing sebesar 19,20 MPa, 19,00 MPa, 18,60 Mpa, 13,00 MPa, 13,00 MPa dan 12,36 MPa.
- Hubungan komposisi pasir besi sebagai bahan substitusi agregat halus dengan kuat tekan mortar, menunjukkan hubungan komposisi pasir besi sebagai bahan substitusi agregat halus dengan penyerapan mortar menunjukkan dengan substitusi pasir besi terhadap agregat halus dengan komposisi 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Pada substitusi pasir besi 20% dan 40% penyerapan semakin meningkat, pada komposisi 60% mengalami penurunan

### References

- [1] Badan Standardisasi Nasional "SNI 03-6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil", Jakarta 2002
- [2] Badan Standardisasi Nasional "SNI 03-6882-2002 Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan", Jakarta 2002
- [3] Irawan, B., Sudjarmiko, A., Trinugroho dan Suhendro (2014), "Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Serbuk Halus Ex Cold Milling", *Naskah Publikasi UMM*.



- [4] Lutfi. 2012. Penggunaan Pasir Besi Sebagai Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah. *Media Bina Ilmiah* 6(2) : 24-28
- [5] Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. Andi Offset, Jogjakarta
- [6] Maulana, I. 2012. Pengaruh Variasi Dolomit Material Lokal Kabupaten Bangkalan Sebagai Substitusi Agregat Dalam Pembuatan Batako Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi. *Jurnal Sipil*, pp: 1-4.
- [7] Nugraha, P dan Antoni. 2007. Teknologi Beton, Andi Offset, Jogjakarta.
- [8] Nugroho, A.S., Sudjatmiko, A., Trinugroho dan Suhendro. 2014. Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum. *Naskah Publikasi UMM*.
- [9] Putra, A., Putra, A.E. 2013. Perbandingan Difusivitas Klorida Mortar Batu Apung, Pasir Sungai dan Pasir Pantai. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, pp: 255-262.
- [10] Sri, S., Iman, S., Agus, B.W. 2007. Penggunaan Pasir Besi dan Barit Sebagai Agregat Beton Berat untuk Perisai Radiasi Sinar Gamma. *Media Teknik Sipil*, pp : 93-100.
- [11] Sumarny. H.Ali., Taufik, T. 2011. Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus pada Beton Aspal Lapisan Aus. *Jurnal Transportasi* . 11(2) pp: 123-134.
- [12] Simanullang, D.Y. 2014. Kajian Kuat Tekan Mortar Menggunakan Pasir Sungai dan Pasir Apung dengan Bahan Tambah Fly Ash dan Conplast dengan Perawatan (Curing). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, pp: 621-631
- [13] Sultan M A., Yudasuptra, M.T. 2017. Pengaruh Tekanan pada Pembuatan Bata Semen Berbahan Dasar Pasir Apung. *Prosiding Simposium II – University Network for Indonesia Infrastructure Development (UNIID II)*. pp:360-364

Halaman ini sengaja dikosongkan