

# ***Uji Kuat Tekan Mortar Pasangan Menggunakan Agregat Halus Pasir dari Beberapa Tempat di Pulau Timor***

*The Compressive Strength Test of Masonry Mortar by Using Delicate Sand Aggregate from Several Places on the Island of Timor*

**Nedelina Taseseb<sup>1</sup>, Partogi H. Simatupang<sup>2</sup>, Jusuf J.S. pah<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Mortar, Kuat Tekan, Nilai Kelecekan, Agregat Halus

Keywords:

*Mortar, Compressive Strength, Workability Value, Delicate Aggregate*

Article history:

Received: 02-02-2024

Accepted: 25-05-2024

\*Koresponden email:

[nhedhel.t@gmail.com](mailto:nhedhel.t@gmail.com)

[partogi\\_simatupang@yahoo.com](mailto:partogi_simatupang@yahoo.com)

[yuser\\_pah@staf.undana.ac.id](mailto:yuser_pah@staf.undana.ac.id)

## **Abstrak**

Di Pulau Timor, terdapat beberapa tempat yang menyediakan pasir sebagai material penyusun mortar pasangan, diantaranya Pasir Sumlili, Pasir Noelmina, Pasir Noemuti Pasir Benain dan Pasir Noebunu. Meski sudah banyak digunakan oleh masyarakat setempat namun, belum ada penelitian secara ilmiah yang menyatakan bahwa material pasir yang berasal dari Kali tersebut memiliki mutu yang sesuai dengan standar spesifikasi SNI dan layak sebagai agregat halus penyusun mortar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statistik deskriptif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dari agregat tersebut, serta untuk mengetahui nilai kelecekan dari agregat tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, yang memenuhi standar spesifikasi SNI dan layak digunakan sebagai agregat halus penyusun mortar adalah semua jenis agregat halus dengan semua variasi komposisi campuran pada umur perawatan 7 hari dan 28 hari. Sedangkan untuk nilai kelecekan untuk semua jenis agregat halus, menghasilkan nilai yang memenuhi standar spesifikasi SNI.

## **Abstract**

On the Timor Island, there are several places that provide sand as a building material for masonry mortar, including Sumlili sand, Noelmina sand, Noemuti sand, Benain sand and Noebunu sand. Even though it has been widely used by the local community, there has been no scientific research with states that the sand material originating from those places has quality that complies with SNI specification standard and is suitable as fine aggregate mortar maker. The method used in this research descriptive statistical method. The aim of this research is to determine the quality of the aggregates, as well as to determine the workability value of the aggregates. The research result, which meet SNI specification standards and are suitable for use as fine aggregate for mortar are all types of fine aggregates with all variation in mixture composition at a curing age of 7 days and 28 days. Meanwhile, the workability value for all types of fine aggregates produces values that meet the SNI specification standards.

## 1. Pendahuluan

Pasir merupakan agregat halus yang mempunyai ukuran diameter 1,00 mm – 5,00 mm (Asroni 2010). Di Pulau Timor, terdapat beberapa tempat yang menyediakan pasir sebagai material untuk keperluan pembangunan infrastruktur, baik pembangunan infrastruktur milik pemerintah maupun milik masyarakat, diantaranya yaitu pasir Kali Sumlili, terletak di Desa Sumlili, Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang, Pasir Kali Noelmina, terletak di Desa Oebobo, Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Timor Tengah Selatan, pasir Kali Noemuti terletak di Kecamatan Noemuti Kabupaten Timor Tengah Utara, pasir Kali Benain terletak di Desa Puna, Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan dan pasir Kali Noebunu terletak di Desa Oeekam, Kecamatan Amanuban Timur, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Mortar adalah bahan bangunan yang terbuat dari air, bahan perekat dan agregat halus (Tjokrodimuljo 2007). Berdasarkan bahan ikatnya, mortar dibagi menjadi 4 jenis, yaitu mortar semen, mortar kapur, mortar polimer dan mortar pozzolan (Tjokrodimuljo 1992). Mutu kuat tekan mortar dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jumlah semen, factor air semen, umur mortar serta perawatan mortar, sedangkan kecepatan bertambahnya kekuatan mortar dipengaruhi oleh kualitas semen dan suhu perawatannya (Mulyono 2003).

Sebagian besar masyarakat setempat memanfaatkan pasir ini sebagai sumber mata pencaharian. Pasir ini juga digunakan untuk pembangunan gedung, rumah tinggal dan kegiatan pembangunan lainnya di bidang konstruksi. Meski sudah banyak digunakan, namun belum ada penelitian secara ilmiah yang menyatakan bahwa material pasir yang berasal dari Kali Sumlili, Kali Noelmina, Kali Noemuti, Kali Benain dan Kali Noebunu ini memiliki mutu yang sesuai dengan standar spesifikasi SNI dan layak sebagai agregat halus penyusun mortar.

Penelitian ini juga bermaksud memberi informasi bagi para akademisi, pekerja konstruksi bahkan bagi masyarakat sekitar mengenai kualitas agregat halus pasir yang berasal dari Kali Sumlili, Kali Noelmina, Kali Noemuti, Kali Benain dan Kali Noebunu sebagai bahan campuran untuk mortar sehingga dapat digunakan oleh banyak orang.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus yang diambil dari 5 tempat di Pulau Timor, yaitu pasir Kali Sumlili, terletak di Desa Sumlili, Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang, Pasir Kali Noelmina, terletak di Desa Oebobo, Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Timor Tengah Selatan, pasir Kali Noemuti terletak di Kecamatan Noemuti Kabupaten Timor Tengah Utara, pasir Kali Benain terletak di Desa Puna, Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan dan pasir Kali Noebunu terletak di Desa Oeekam, Kecamatan Amanuban Timur, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland Komposit (Semen Kupang) dan air yang digunakan adalah air yang terdapat pada bak penampungan air bersih Laboratorium Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang.

### 2.1 Pengujian Mortar

#### 1. Uji Kelecekan Mortar

Kelecekan dapat diartikan “kemudahan untuk dikerjakan”, dalam hal ini harus dipertimbangkan bahwa mortar yang dibuat harus mudah dicampur, diangkut, dituangkan dan dipadatkan. Mortar konstruksi biasanya membutuhkan nilai sebar yang lebih besar dari pada mortar laboratorium, dan akibatnya memiliki kandungan air yang lebih besar. Standar mortar biasanya memerlukan retensi air minimal 75%, berdasarkan nilai sebar awal hanya 105 – 115%. Mortar konstruksi biasanya memiliki aliran awal (meskipun jarang diukur) dalam kisaran 130 hingga 150% (50 – 60 mm dengan penetrasi kerucut sebagaimana dilampirkan pada metode uji yang terlampir dalam ASTM C-270 untuk menghasilkan kemampuan kerja yang memuaskan bagi tukang.

Penyebaran diameter dasar kerucut dihitung dengan rumus :

$$\text{Nilai Sebar} = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

d1 = Diameter rata-rata uji sebar (cm)

d0 = Diameter bawah kerucut (cm)

2. Uji Kuat Tekan Mortar

Menurut Tjokrodinuljo (2007:80), mortar mempunyai kuat tekan yang bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya dan perbandingan antara bahan penyusunnya. Pada umumnya kuat tekan mortar semen berkisar antara 3-17 MPa. Kekuatan tekan mortar semen portland adalah gaya maksimum persatuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tentent. (Badan Standardisasi Nasional SNI 03-6825-2002 2002)

Kuat tekan mortar diperoleh dengan rumus berikut:

$$f_c' = \frac{F}{A} \tag{2}$$

keterangan :

$f_c'$  = kuat tekan (MPa)

F = gaya beban maksimum (N)

A = luas bidang permukaan (mm<sup>2</sup>)

2.2 Jenis Data

1. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian di Laboratorium antara lain untuk pengujian Pasir Kali Sumlili, Pasir Kali Noelmina, Pasir Kali Noemuti, Pasir Kali Benain dan Pasir Kali Noebunu yang meliputi analisis saringan, berat jenis pasir, berat volume pasir, kadar air pasir, kadar lumpur pasir, kadar organik, *workability* mortar dan kuat tekan mortar. Untuk pengujian semen meliputi berat volume semen.

2. Data Sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari literatur-literatur yang berkaitan dengan pengujian yang dilakukan terlebih dahulu mengenai pengujian mortar.

2.3 Rancangan Benda Uji Mortar

Rancangan benda uji kubus mortar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Rancangan benda uji kubus mortar

Variasi Campuran	Pengujian Kuat Tekan Mortar															Jumlah (buah)
	Pasir Kali Sumlili			Pasir Kali Noelmina			Pasir Kali Noemuti			Pasir Kali Benain			Pasir Kali Noebunu			
Jumlah Hari	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	
1:1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
1:2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
1:3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
1:4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
1:5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
1:6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Total																270

2.4 Teknik Analisa Data

Teknik analisa terhadap data yang diperoleh menggunakan metode statistik deskriptif, yaitu dengan mengkaji hasil penelitian di laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik hasil pengujian mortar dengan menggunakan Pasir Kali Sumlili, Kali Noelmina, Kali Noemuti, Kali Benain dan Kali Noebunu.

2.5 Langkah-langkah Penelitian

1. Persiapan Bahan

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah tahap persiapan baik persiapan alat maupun bahan, bahan yang di persiapkan adalah :

- a. Agregat halus  
Agregat halus merupakan pasir alam hasil desintegrasi alami dari batu atau pasir yang dihasilkan dari industri pemecah batu dengan ukuran butir terbesar 5,00 mm (Kadimas 2017). Butiran-butiran agregat yang baik harus kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (Pagut 2017). Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Kali Sumlili, terletak di Desa Sumlili, Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang, Pasir Kali Noelmina, terletak di Desa Oebobo, Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Timor Tengah Selatan, pasir Kali Noemuti terletak di Kecamatan Noemuti Kabupaten Timor Tengah Utara, pasir Kali Benain terletak di Desa Puna, Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan dan pasir Kali Noebunu terletak di Desa Oekam, Kecamatan Amanuban Timur, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian kadar lumpur, berat jenis, gradasi, berat volume dan kadar air.
  - b. Air  
Air yang digunakan tidak boleh mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, misalnya yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen (Nawy 1998). Pada penelitian ini air yang digunakan adalah air yang terdapat pada bak penampung air bersih di Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik (FST) Universitas Nusa Cendana Kupang.
  - c. Semen  
Semen merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen dengan satu atau lebih anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain (BSN SNI 15-3758-2004 2004). Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Kupang (Semen Portland Komposit). Pemeriksaan terhadap semen Portland komposit adalah pemeriksaan berat volume semen dan secara visual untuk mengamati kehalusan semen.
2. Pengujian Bahan Pembentuk Mortar  
Bahan pembentuk mortar yang diuji pada penelitian ini yaitu agregat halus (pasir) dan semen Portland, untuk air dan ekstrak lignin kulit kopi tidak diuji lebih lanjut dan cukup disiapkan. Pengujian bahan pasir dalam penelitian ini meliputi :
    - a. Pengujian gradasi pasir (SNI 03-1968-1990, 1990)
    - b. Pengujian kadar lumpur pasir (SNI 03-4142-1996, 1996)
    - c. Pengujian kadar air pasir (SNI 03-1971-1990, 1990)
    - d. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir (SNI 03-1970-1990, 1990)
    - e. Pengujian berat volume pasir (SNI 03-4804-1998, 1998)
    - f. Pengujian kadar organik pasir (SNI 03-2816-2014, 2014)
  3. Pengujian kelecakan (*workability*) mortar  
Pengujian kelecakan mortar dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor air semen (FAS) dalam campuran mortar. Pengujian ini dilakukan pada kelima jenis pasir, yakni Pasir Kali Sumlili, Pasir Kali Noelmina, Pasir Kali Noemuti, Pasir Kali Benain dan Pasir Kali Noebunu dan dilakukan untuk semua variasi komposisi campuran, yakni 1 PCC : 1 Psr, 1PCC : 2 Psr, 1 PCC : 3 Psr, 1 PCC : 4 Psr, 1 PCC : 5 Psr dan 1 PCC : 6 Psr. Syarat untuk mortar yang disiapkan di laboratorium dengan jumlah air penyampur yang memberikan kelecakan (*flow*) ( $110 \pm 5\%$ ). (Badan Standardisasi Nasional SNI 03-6882-2002 2002).
  4. Pembuatan benda uji mortar  
Pembuatan benda uji mortar dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan.
  5. Pengujian kuat tekan mortar  
Pengujian terhadap benda uji dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Pengujian diawali dengan menimbang benda uji yang sebelumnya telah direndam sampai umur yang telah ditentukan, setelah itu benda uji di letakan pada mesin penekan, kemudian benda uji ditekan dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji pecah. Pada saat pecah, dicatat besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja.

6. Analisis data hasil pengujian

Analisis data pengujian diperlukan untuk mengetahui nilai kelecakan dan juga nilai kuat tekan benda uji mortar yang nantinya akan diaplikasikan pada pekerjaan suatu konstruksi.

**3. Hasil dan Pembahasan**

*3.1 Hasil Pengujian Kelecakan Mortar*

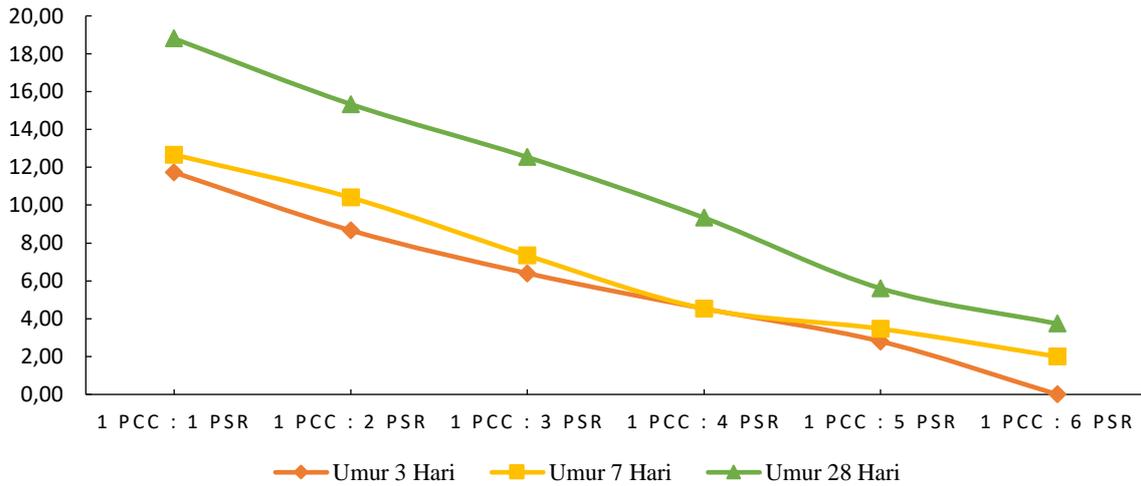
Pada Tabel 2 adalah hasil pengujian kelecakan (*workability*) mortar dari Pasir Kali Sumlili, Pasir Kali Noelmina, Pasir Kali Noemuti, Pasir Kali Benain dan Pasir Kali Noebunu.

**Tabel 2.** Hasil uji kelecakan mortar Sumlili, Noelmina, Noemuti, Benain dan Noebunu

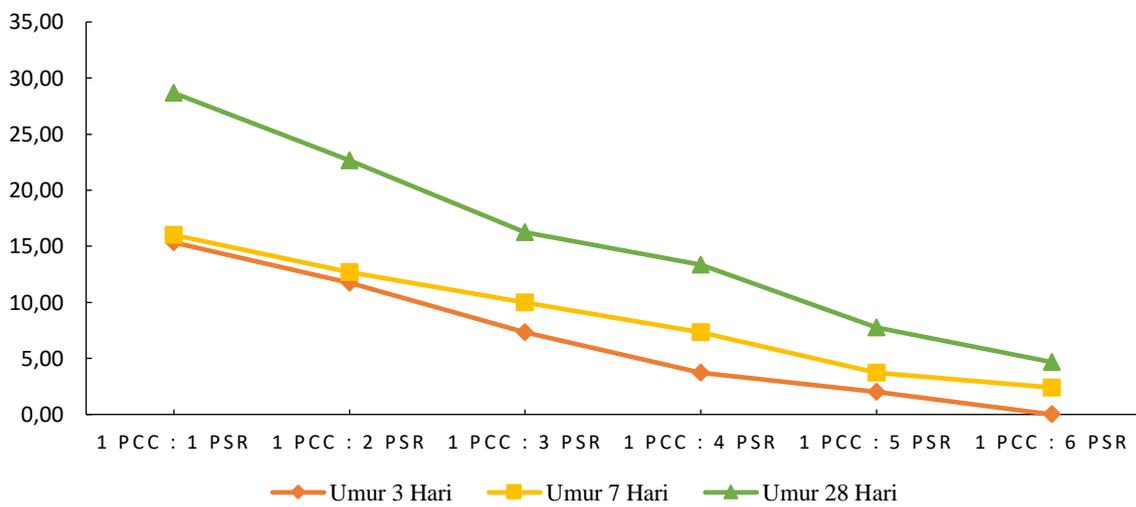
Jenis Agregat Halus	Komposisi Campuran	FAS	Diameter Sebaran (mm)				Rata-Rata (mm)	Nilai Sebar (%)
			I	II	III	IV		
Pasir Sumlili	1 PCC : 1 Psr	0.47	179.20	178.60	178.60	174.05	177.61	77.61
	1 PCC : 2 Psr	0.78	179.80	182.50	175.60	182.05	180.10	80.10
	1 PCC : 3 Psr	1.34	203.20	206.20	200.40	186.10	198.91	98.98
	1 PCC : 4 Psr	1.63	191.35	198.20	198.20	202.00	197.44	97.44
	1 PCC : 5 Psr	2.28	209.00	206.00	202.40	207.10	206.13	106.13
	1 PCC : 6 Psr	2.91	183.50	187.50	182.00	186.00	184.75	84.75
Pasir Noelmina	1 PCC : 1 Psr	0.45	205.00	204.00	203.15	203.00	203.79	103.79
	1 PCC : 2 Psr	0.73	191.25	189.30	187.70	186.00	188.56	88.56
	1 PCC : 3 Psr	1.00	198.30	195.00	198.10	196.10	196.88	96.88
	1 PCC : 4 Psr	1.38	204.00	201.00	198.30	205.00	202.08	102.08
	1 PCC : 5 Psr	1.52	193.40	195.00	191.00	194.00	193.35	93.35
	1 PCC : 6 Psr	1.95	201.20	196.20	192.10	202.10	197.90	97.90
Pasir Noemuti	1 PCC : 1 Psr	0.38	195.22	193.20	194.10	196.70	194.81	94.81
	1 PCC : 2 Psr	0.77	183.60	182.10	181.00	179.40	181.53	81.53
	1 PCC : 3 Psr	0.94	183.50	186.11	185.70	186.10	185.35	85.35
	1 PCC : 4 Psr	1.34	191.10	187.25	185.00	186.01	187.34	87.34
	1 PCC : 5 Psr	1.88	188.65	189.35	186.30	194.00	189.58	89.58
	1 PCC : 6 Psr	2.38	186.25	188.00	184.30	189.15	186.93	86.93
Pasir Benain	1 PCC : 1 Psr	0.49	185.00	175.40	175.30	180.00	178.93	78.93
	1 PCC : 2 Psr	0.83	208.60	208.60	202.00	202.00	205.30	105.30
	1 PCC : 3 Psr	1.15	196.00	190.30	193.40	204.50	196.05	96.05
	1 PCC : 4 Psr	1.53	181.40	171.40	178.00	177.70	177.13	77.13
	1 PCC : 5 Psr	1.96	178.70	182.30	188.80	174.00	180.95	80.95
	1 PCC : 6 Psr	2.48	183.40	198.00	189.94	192.50	190.96	90.96
Pasir Noebunu	1 PCC : 1 Psr	0.43	197.30	193.00	197.45	195.10	195.71	95.71
	1 PCC : 2 Psr	0.57	187.00	183.60	179.00	190.40	185.00	85.00
	1 PCC : 3 Psr	0.92	186.00	190.10	183.10	185.10	186.08	86.08
	1 PCC : 4 Psr	1.23	179.60	192.30	184.00	195.60	187.88	87.88
	1 PCC : 5 Psr	1.53	185.60	190.00	186.30	187.70	187.40	87.40
	1 PCC : 6 Psr	1.96	190.10	201.20	198.00	193.10	195.60	95.60

*3.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar*

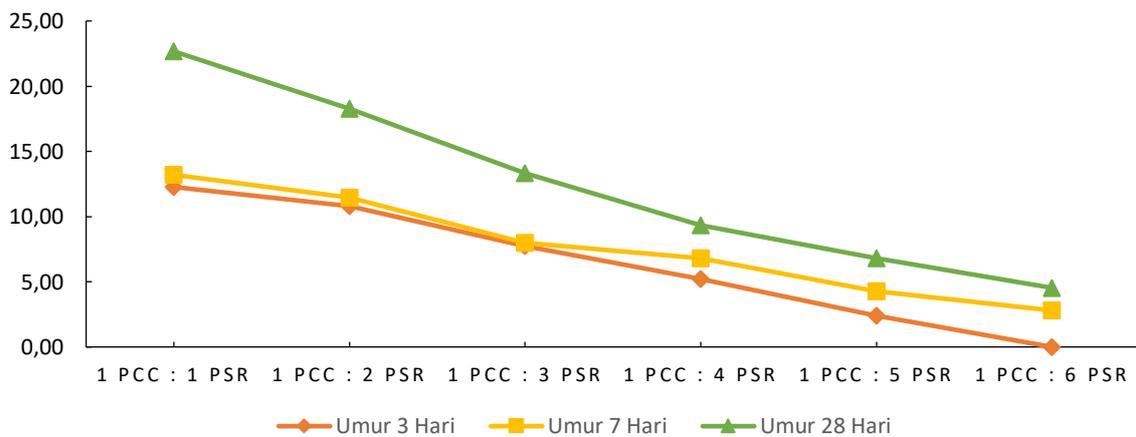
Hasil pengujian kuat tekan mortar yang menggunakan agregat Pasir Kali Sumlili, Pasir Kali Noelmina, Pasir Kali Noemuti, Pasir Kali Benain dan Pasir Kali Noebunu seperti pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 berikut:



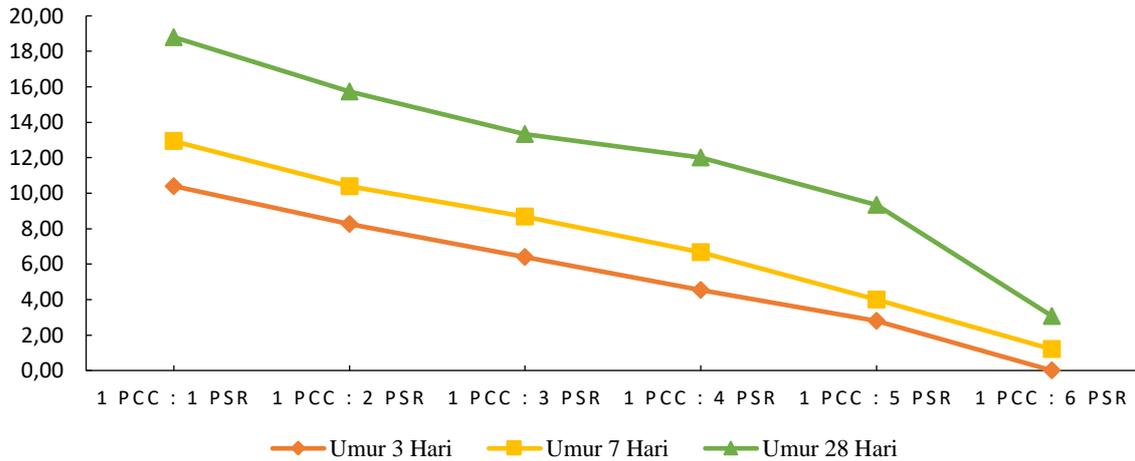
**Gambar 1.** Grafik hasil uji kuat tekan mortar Sumlili



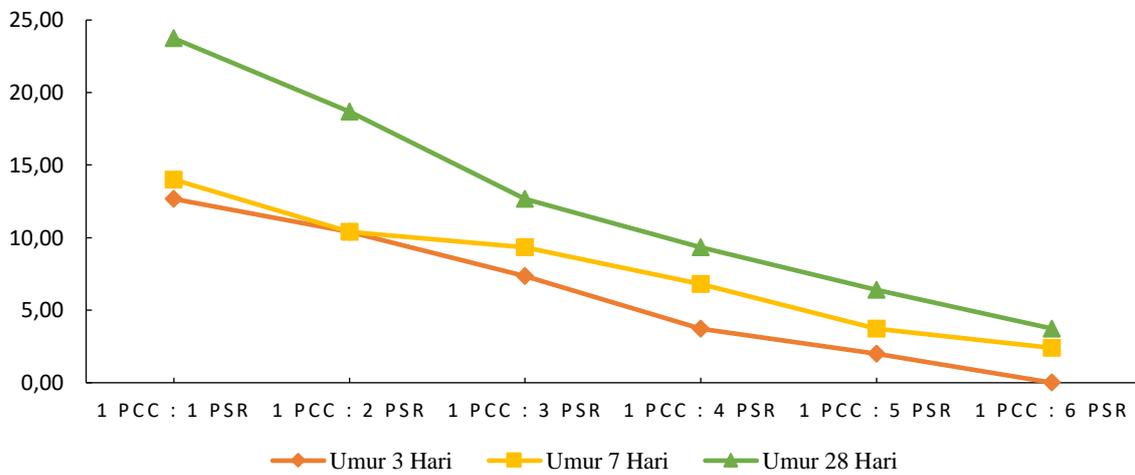
**Gambar 2.** Grafik hasil uji kuat tekan mortar Noelmina



**Gambar 3.** Grafik hasil uji kuat tekan mortar Noemuti



**Gambar 4.** Grafik hasil uji kuat tekan mortar Benain



**Gambar 5.** Grafik hasil uji kuat tekan mortar Benain

Dari Gambar 1 – Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa bahwa seiring dengan bertambahnya umur mortar, maka kuat tekan yang dihasilkan semakin tinggi pula dan kuat tekan mortar dari masing-masing tempat tersebut mengalami peningkatan setiap harinya dari awal masa perawatan sampai umur 28 hari. Namun, pada umur dan komposisi tertentu, yakni untuk semua jenis agregat halus pada umur perawatan 3 hari dengan komposisi campuran 1 PCC : 6 Psr memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 0 (nol), dimana pada kondisi ini, mortar tersebut dapat dinyatakan tidak layak digunakan pada sebuah konstruksi karena nilai kuat tekan yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dalam SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan.

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan mortar pasangan menggunakan agregat halus pasir kali Sumlili, pasir kali Noelmina, Pasir Kali Noemuti, Pasir Kali Benain dan Pasir Kali Noebunu, pada umur perawatan 3 hari dengan variasi komposisi campuran 1 PCC : 1 Psr – 1 PCC : 5 Psr, umur perawatan 7 hari dan 28 hari dengan komposisi campuran 1 PCC : 1 Psr – 1 PCC : 6 Psr memenuhi standar spesifikasi SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan dan layak digunakan sebagai material penyusun mortar pasangan. Sedangkan pada umur 3 hari dengan komposisi campuran 1 PCC : 6 Psr tidak memenuhi standar spesifikasi SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan dan tidak layak digunakan sebagai material penyusun mortar pasangan, dan untuk data hasil pengujian nilai sebar (*workability*) mortar, maka dapat

dinyatakan bahwa nilai kelecakan mortar yang menggunakan agregat halus pasir Sumlili, pasir Noemuti, pasir Noelmina, pasir Benain dan pasir Noebunu memenuhi standar spesifikasi yang disyaratkan dalam SNI 03-6882-2002 tentang Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan.

#### **Daftar Pustaka**

Asroni, Ali. 2010. "Balok Dan Pelat Beton Bertulang."

Badan Standardisasi Nasional SNI 03-6825-2002. 2002. "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen."

Badan Standardisasi Nasional SNI 03-6882-2002. 2002. "Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan."

BSN SNI 15-3758-2004. 2004. "Semen Masonry." *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*.

Kadimas, Irenius O.R. 2017. "Penggunaan Pasir Weol Sebagai Bahan Campuran Mortar Dan Beton Struktural." *Teknik Sipil* VI: 12.

Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton Lokasi: Teknologi Beton*.

Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang*. 2nd ed. Bandung: PT Refika Aditama.

Pagut, Adhytius H. 2017. "Karakteristik Teknis Beton Dan Mortar Menggunakan Pasir Bondo Hitam Dan Bondo Merah." VI: 1.

Tjokrodinuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Fak. Teknik UGM.

Tjokrodinuljo. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.