

## ANALISIS PENGARUH PERENDAMAN AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR YANG DITAMBAHKAN ABU TERBANG (FLY ASH)

Muhammad Idris<sup>1)</sup>, Ashari Ibrahim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

The research objective was to determine the effect of using fly ash as a partial replacement of cement on the compressive strength of mortar soaked in seawater and fresh water (PDAM). The benefits of research are: reducing industrial waste sourced from the remaining burning coal (fly ash). Research procedure: test the composition of fly ash compounds, chemical composition seawater, the characteristics of fine aggregates and make a mortar mixture with a composition of 1 cement PCC: 3 sand. The treatment of mortar mixture is: reduction of PCC cement (replaced with fly ash): 0%, 20%, 30% and 40%. Next, make a 50 mm x 50 mm x 50 mm mortar test specimen, curing it in sea water and fresh water and test the mortar compressive strength at the age of 28.60 and 90 days. The results showed the compressive strength of mortar for treatment in sea water and fresh water, 0% fly ash in the umuur 28.60 and 90 days strength increase, fly ash 30% 90 days old the highest increase in compressive strength, and fly ash 40% age 90 days there is a decrease in compressive strength.

**Keywords:** mortar, fly ash, age, compressive strength, sea water, fresh water

### 1. PENDAHULUAN

Mortar merupakan campuran yang terdiri dari agregat (pasir), air dan semen pada proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Penerapan mortar lebih cenderung pada pekerjaan non-struktural seperti plesteran dinding, perekat pasangan batu bata, spesi pada pondasi batu kali, plesteran pada pemasangan keramik, batako, paving block, buis beton, roster dan sebagainya. Mortar merupakan campuran yang terdiri dari agregat (pasir), air dan semen pada proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Mortar sebagai salah satu komponen penutup pada elemen struktural bangunan berperan penting dalam menahan laju intrusi air laut.. Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen portland) dan air dengan komposisi tertentu (SNI 03-6825-2002). Perbandingan antara volume semen dan volume pasir antar 1:3 hingga 1:6 atau lebih besar. mortar ini biasanya dipakai untuk tembok, pilar kolom atau bagian lain yang menahan beban. 3) Mortar khusus (peredam suara), yang mana dibuat dengan menambahkan *asbestos*, *fibers*, *jute fibers* (serat rami), butir-butir kayu, serbuk gergaji kayu dan sebagainya.

Air yang digunakan untuk merendam benda uji harus bersih dan bebas dari sejumlah minyak, asam, alkali, garam, zat organik/bahan yang merusak mortar. Permasalahan yang mendasar bahwa tidak semua proyek konstruksi di Indonesia berada pada daerah yang bebas dari pengaruh air laut misalnya konstruksi yang terletak di daerah pantai ( mortar terkontaminasi air laut). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kuat tekan fly ash batu bara memiliki sifat kecenderungan meningkat pada umur lebih dari 28 hari. Demikian pula masalah perawatan (curing) masih terbatas pada perendaman dengan menggunakan air tawar (PDAM) pada umur 28hari. Tujuan penelitian : mengetahui kuat tekan mortar dengan memanfaatkan fly ash sebagai pengganti sebagian semen PCC (0%,20%,30% dan 40%) pada umur 28,60 dan 90 hari yang direndam dalam air laut dan air tawar(PDAM). Kajian ini sangat diharapkan memberi kontribusi yang sangat luas kepada konstruksi ketekniksipilan, terutama yang menyangkut material ramah lingkungan (*Environmentally Friendly materials*). Urgensi penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan limbah industri agar emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dapat dikendalikan sehingga dampak pemanasan global (global warming) dapat dikurangi.

Menurut Idris(2017), mortar yang ditambahkan abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara PLTU Jeneponto sebagai pengganti sebagian semen PCC : 10%,20% dan 30% dengan perawatan (perendaman air tawar PDAM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsistensi mortar lebih encer sehingga jumlah air pencampur mortar dapat dikurangi menyebabkan kuat tekan mortar meningkat.

Sebaliknya waktu ikat awal dan waktu akhir makin lambat, hal ini menghasilkan kontribusi yang positif pada saat pelaksanaan dilapangan, terutama pada kondisi cuaca panas ( mortar tidak cepat mengeras) . Selanjutnya, kuat tekan mortar yang ditambahkan fly ash pada umur 3 hari dan 7 hari secara umum tidak mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan mortar tanpa fly ash, namun sebaliknya meningkat pada

<sup>1</sup> Korespondensi penulis : Muhammad Idris.Telp.082196581993, idrispoltekup@yahoo.co.id

umur 28 hari dan 90 hari. Wenno dkk(2014), mengemukakan bahwa kuat tekan optimum mortar pada campuran 1semen :3 pasir dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) batu bara yang bersumber dari PLTU Amurang sebagai substitusi semen 15% sebesar 27,71Mpa pada umur 28 hari.

Menurut SNI 03-6882-2002 (2002: 210), uji kuat tekan dilakukan dengan membuat kubus mortar berukuran 5cmx5cmx5cm. Kuat tekan beton dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut ini :  $f'_m = P/A$  ( $f'_m$ =kuat tekan mortar(N/mm<sup>2</sup>), $P$ =beban maksimum (N), $A$ =luas penampang(mm<sup>2</sup>). Berdasarkan SNI 03-6882-2002, proporsi mortar di spesifikasikan dalam 4 tipe menurut kekuatan mortar dan ketentuan spesifikasi proporsi bahan yang terdiri dari bahan bersifat semen, agregat halus (pasir), dan air yang digunakan. Tipe – tipe mortar adalah sebagai berikut : mortar tipe M,S,N, dan O mempunyai kekuatan tekan berturut – turut :17,2 MPa, 12,5 MPa, 5,2 Mpa, dan 2,4 MPa.

Portland Composite Cement(PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama – sama terak Semen Portland dengan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik. Kegunaan semen jenis ini adalah : konstruksi beton umum, pasangan batu dan batu bata, plesteran dan acian, beton pratekan, panel beton, dan lain – lain. Menurut Mulyono (2004), bahwa semen portland dengan kadar C<sub>3</sub>S yang lebih tinggi dari pada kadar C<sub>2</sub>S, pada umumnya mempunyai sifat mengeras lebih cepat dibandingkan dengan semen yang kadar C<sub>2</sub>S nya lebih tinggi daripada C<sub>3</sub>S. Semen portland mengeras cepat memiliki kadar C<sub>3</sub>S sedemikian tinggi hingga 60%. Menurut SNI 03-6820-2002 (2002: 171), agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai mempunyai butiran sebesar 4,76 mm. Air tawar yang biasanya diminum baik air diolah oleh PDAM atau air dari sumur yang tanpa diolah dapat digunakan untuk membuat mortar.

Air di laut biasa disebut sebagai air laut yang merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam, bahan organik dan parikel-partikel tak terlarut. Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35 g/liter, artinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gram garam. Kandungan kimia utama dari air laut adalah klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), Sulfat (SO<sub>4</sub>). Nilai pH air laut bervariasi antara 7,5 – 8,5. Air laut umumnya dapat menyebabkan kerusakan mortar baik dengan reaksi fisik maupun reaksi kimia. Proses hidrasi semen, selain menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H), yang bersifat sebagai perekat juga menghasilkan kalsium hidroksida atau Ca (OH)<sub>2</sub>. Magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>) merupakan bahan kimia dalam air laut yang paling berpengaruh terhadap agresi pada mortar. Bahan ini bereaksi dengan kalsium hidroksida atau Ca (OH)<sub>2</sub> dalam semen membentuk kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) dan magnesium hidroksida atau Mg (OH)<sub>2</sub>. Mg (OH)<sub>2</sub> ini dapat menimbulkan *magnesia expansion* yang menyebabkan pemuai atau pengembangan volume pada mortar karena memiliki volume yang lebih besar. Hal ini menyebabkan mortar menjadi mudah retak atau hancur. Kadar garam pada air laut (salinitas) diukuari jumlah material yang terlarut dalam tiap kilogram air laut atau setara dengan (1/1000). Menurut Emmanuel(2012), bahwa salinitas menggambarkan jumlah material yang terlarut dalam air laut, menurut berkisar antara 3,4-3,5%.

Abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolalik (SNI 03-6863-2002). Produksi semen menghasilkan sejumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) secara signifikan yang menyebabkan timbulnya efek rumah kaca (*a greenhouse gas effect*). Khusus di Kalsel (PLTU Asam Asam), setiap hari menggunakan batu bara mencapai 4.000 ton dan menghasilkan limbah sisa pembakaran berupa fly ash . Kecenderungan dewasa ini akibat naiknya harga minyak diesel industri, maka banyak perusahaan yang baralih menggunakan batubara sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik. Fly ash kelas F: merupakan fly ash (CaO < 10%) yang diproduksi dari pembakaran batubara untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan *quick lime, hydrated lime*, atau semen. Fly ash kelas C: (CaO) > 20%.

Oktarina (2012), mengemukakan bahwa kuat tekan mortar optimum pada fly ash batu bara 20% sebagai pengganti semen dengan perbandingan campuran 0,8 semen : 8 pasir : 1kapur :0,2 fly ash. Menurut Wenno (2014), bahwa kuat tekan mortar yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen diperoleh kuat tekan optimum sebesar 6,18 MPa dibandingkan dengan yang tidak menggunakan abu terbang (*fly ash*) = 4,6 MPa.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: mesin pengaduk, timbangan digital ketelitian 0.5 gram, *flow table test*, jarum vicat test, alat pemadat mortar, cetakan mortar ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm(Gambar 3), ayakan agregat., alat kuat tekan morta(Gambar 4). Bahan-bahan yang digunakan

adalah: semen portland PCC Gambar 2), agregat halus dari Sungai Bili-Bili, air tawar(PDAM), air laut dari pantai Galesong dan *fly ash* berasal dari PLTU Jenepono(Gambar 1). Prosedur penelitian : persiapan alat dan bahan yang akan digunakan, uji komposisi senyawa *fly ash*, pengujian karakteristik agregat halus. Membuat campuran mortar dengan komposisi 1PC:3PS( tanpa *fly ash*). Campuran mortar selanjutnya dengan perlakuan pengurangan semen (PCC): 20%,30% dan 40% (diganti dengan *fly ash*). Uji flow/konsistensi mortar dan waktu pengikatan. Selanjutnya membuat benda uji kubus ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dengan perawatan dalam air PDAM dan air laut selama 28,60 dan 90 hari. Pengujian kuat tekan mortar pada umur 28,60 dan 90 hari.



Gambar 1. Abu terbang (fly ash) batu bara



Gambar 2. Semen PCC



Gambar 3. Cetakan mortar 50x50x50mm



Gambar 4. Uji kuat tekan mortar 50x50x50mm

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Senyawa *Fly Ash*

Hasil pengujian senyawa *fly ash* dengan XRD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian senyawa *fly ash*

Uraian	Senyawa	Kandungan Senyawa (%)
Quartz, syn	Si O <sub>2</sub>	24
Lime, syn	CaO	12

Sumber: Hasil pengujian laboratorium

Tabel 1 menunjukkan bahwa *fly ash* dari PLTU Jenepono kelas C menurut ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1 226.3R-3. *Fly ash* kelas C mempunyai sifat semen dan sifat *pozzolan*

#### 2. Komposisi kimia air laut (salinitas)

Tabel 2. Hasil uji air laut

Berat jenis	pH	Salinitas	Komposisi kimia					
			Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	K	Na

1,03	7,3	19,7	16,1	1,7	0,5	0,9	0,4	0,02
------	-----	------	------	-----	-----	-----	-----	------

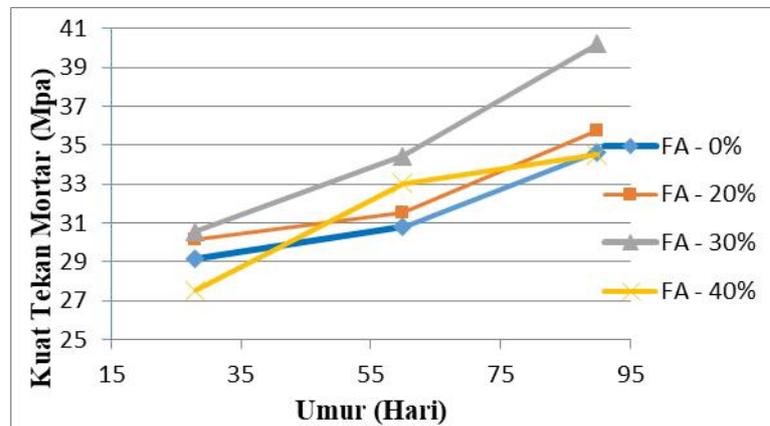
Sumber: Hasil pengujian laboratorium

3. Kuat Tekan Mortar perendaman air laut

Tabel 3. Hasil uji tekan mortar untuk semua perlakuan : mortar tanpa penambahan fly ash(0%),20%,30% dan 40% yang direndam dalam air laut.

Tabel 3. Kuat tekan mortar perendaman air laut

Perlakuan Mortar	Umur (hari)		
	28	60	90
FA - 0%	29.16	30.79	34.64
FA - 20%	30.18	31.51	35.75
FA - 30%	30.55	34.46	40.22
FA - 40%	27.52	33.02	34.53



Gambar 5. Kuat tekan mortar dengan perendaman air laut

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5. Hasil kuat tekan mortar yang direndam dengan air laut. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pada umur 28,60 dan 90 hari perkembangan kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran mortar dengan fly ash 30% yaitu 30,55 Mpa,34,46Mpa dan 40,22Mpa. Mortar dengan 40% fly ash menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dari fly ash 30%:27,52Mpa,33.02Mpa dan 34,53Mpa. Mortar umur 90 hari, perkembangan kuat tekan dengan komposisi campuran dengan fly ash mulai terlihat peningkatan yang signifikan dimana komposisi dengan persentase fly ash 20%, 30%, dan 30% lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan komposisi campuran mortar normal. Selanjutnya fly ash dengan 40% pada umur 90 hari terjadi penurunan kuat tekan yaitu: 34,53Mpa. Hal yang menyebabkan lambatnya pengaruh penggunaan fly ash disebabkan reaksi senyawa kalsium hidroksida, Ca (OH)<sub>2</sub> yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa silika yang ada pada fly ash berlangsung lambat sehingga terbentuknya calcium silica hidrat (CSH) lebih lama (di atas 28 hari), selanjutnya senyawa CSH ini yang memberikan kekuatan tambahan pada mortar (Ryan, 1992). Secara mekanik ukuran butiran fly ash yang lebih halus akan meningkatkan kerapatan mortar, yang pada akhirnya meningkatkan kuat tekan mortar.

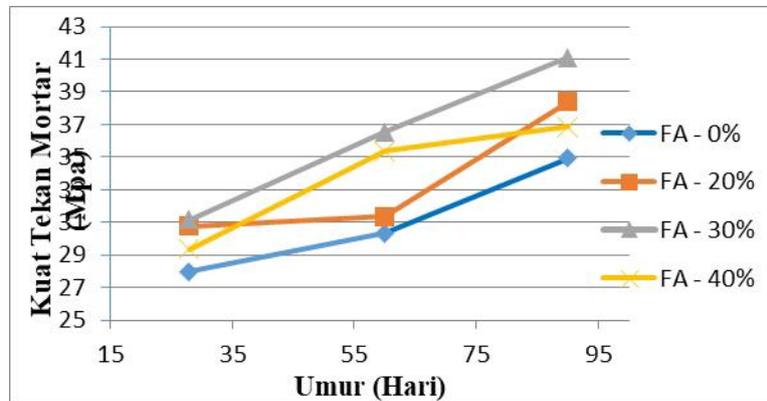
4. Kuat tekan mortar perendaman air PDAM

Tabel 4. Hasil uji tekan mortar untuk semua perlakuan : mortar tanpa penambahan fly ash(0%),20%,30% dan 40% yang direndam dalam air DAM

Tabel 4. Kuat tekan mortar perendaman air PDAM

Perlakuan Mortar	Umur (hari)		
	28	60	90

FA - 0%	27.98	30.34	34.93
FA - 20%	30.78	31.36	38.37
FA - 30%	31.15	36.56	41.1
FA - 40%	29.37	35.38	36.85



Gambar 6. Kuat tekan mortar dengan perendaman air PDAM

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 6 menunjukkan hasil kuat tekan mortar yang direndam dengan air PDAM. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pada umur 28,60 dan 90 hari perkembangan kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran mortar dengan fly ash 30% yaitu 31,15 Mpa,36,56Mpa dan 41,10Mpa. Mortar dengan 40% fly ash menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dari fly ash 30%:29,37Mpa,35.38Mpa dan 36,85Mpa. Mortar umur 90 hari, perkembangan kuat tekan dengan komposisi campuran dengan fly ash mulai terlihat peningkatan yang signifikan dimana komposisi dengan persentase fly ash 20%, 30%, dan 30% lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan dengan komposisi campuran mortar normal. Selanjutnya fly ash dengan 40% pada umur 90 hari terjadi penurunan kuat tekan yaitu: 36,85Mpa. Hal yang menyebabkan lambatnya pengaruh penggunaan fly ash disebabkan reaksi senyawa kalsium hidroksida, Ca (OH)<sub>2</sub> yang merupakan produk hidrasi dengan senyawa silika yang ada pada fly ash berlangsung lambat sehingga terbentuknya calcium silica hidrat (CSH) lebih lama (di atas 28 hari), selanjutnya senyawa CSH ini yang memberikan kekuatan tambahan pada mortar (Ryan, 1992). Secara mekanik ukuran butiran fly ash yang lebih halus akan meningkatkan kerapatan mortar, yang pada akhirnya meningkatkan kuat tekan mortar.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa perkembangan kuat tekan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur mortar dan pengaruh dari penambahan kadar fly ash memperbaiki kuat tekan mortar pada penggantian fly ash dari sebagian berat semen. Fly ash juga terbukti dapat menggantikan sebagian porsi semen dalam campuran, hal ini merupakan sisi positif dari pemanfaatan limbah yang dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses hidrasi pada mortar dengan komposisi campuran fly ash masih berjalan. Fenomena ini disebabkan oleh kapur bebas hasil reaksi semen dan air akan bereaksi dengan fly ash membentuk senyawa tobermorite sehingga dapat meningkatkan kekuatan ikatan dengan agregat. Reaksi fly ash dan kapur bebas disebutkan dalam Tjokrodinuljo (1996). Senyawa CaO pada fly ash memiliki komposisi senyawa yang rendah sehingga senyawa CaO yang rendah dapat memperlambat proses hidrasi dengan pozzolan yang terkandung dalam fly ash tersebut. Sedangkan oksida besi dan oksida silika berperan aktif dalam membentuk ikatan pada bahan pozzolan, selain itu kedua senyawa ini berfungsi sebagai penghantar panas dalam pembuatan terak semen.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran mortar yang direndam dalam air laut dan air PDAM, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:1)Mortar fly ash 0 % umur 28,60 dan 90 hari terjadi peningkatan kuat tekan.2)Mortar fly ash 30% umur 90 hari terjadi peingkatan kuat tekan tertinggi.3) Mortar fly ash 40% umur 90 hari terjadi pengurangan kuat tekan.

#### 5. REFERENSI

- ACI parts 1 226.3R-3. 1993. Standard Practice for Selecting Properties for Normal, Heavy, Weight and Mass Concret, Washington, D.C.
- Jumatee E, Manea D.L.2012. Journal of Applied Engineering Sciences. Volume 2 (15),issue 1/2012. (<http://www.google>, diakses 14 Peruari 2017)
- Moerdwiyono. 1998. *Diktat Teknologi Bahan*. Semarang.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Jogyakarta: Andi.
- Neville, A. M. 1996. *Properties of Concrete*. Longman, England.
- Oktarina,D dan Febri,R.2012. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Pada Mortar*. Jurnal Teknik Sipil Vol 3.,No.1. (<http://www.google>, diakses 14 Peruari 2017)
- Ryan, W. G. 1992. *Australian Concrete Technology*. Longman Cheshire, Melbourne.
- Sebayang, S. 2010. *Pengaruh Kadar Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen pada Beton Alir Mutu Tinggi*. Jurnal Rekayasa, 14(1): 40-46, April 2010.
- SNI 03-6882-2002. *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*. (<http://www.google>, diakses 14 Peruari 2017)
- SNI 03-6825-2002 *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*.
- SNI 03-6882-2002 *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*.
- Wenno,R ,Wallah,E.S., dan Pandaleke,R.2014. *Kuat Tekan Mortar dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal PLTU Amurang Sebagai substitusi Parsial Semen*. Jurnal Sipil Statik Vol2.,No.5. (<http://www.google>, diakses 14 Peruari 2017)

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberi dukungan dana sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik.