PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI SUBSTISUSI SEMEN DAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR PADA BETON 20 MPA DENGAN METODE KERING

Andini Salsabila Fitra[1], Dedi Enda[2], Nama Penulis[3], dst
Politeknik Negeri Bengkalis[1]
andinisalsabilafitra@gmail.com@gmail.com[1], dedienda05@gmail.com[2]

Abstract

In concrete influenced by tidal seawater (drainage and revetment), the use of dry mix as an alternative implementation needs to be considered. Besides the obtained ease of implementation, the quality of dry mix concrete should be examined due to the uncontrolled water-cement factor. Therefore, this study conducted tests to determine the effects of using fly ash as a substitute for cement and bottom ash as a substitute for sand in 20 MPa concrete with the dry mix method on the compressive strength of concrete cured in freshwater and seawater.

The method used in this testing involved preparing concrete mixtures according to SNI 03-2843-2000 for 20 MPa concrete quality, with fly ash as a substitute for cement and bottom ash as a substitute for sand using the dry mix method.

The research results showed that the use of 30% bottom ash had a negative effect on the compressive strength of concrete cured in freshwater, while in seawater, the use of 30% bottom ash had a positive effect on the compressive strength of concrete. Furthermore, concrete with 12.5% fly ash and 30% bottom ash had a negative impact on the compressive strength of concrete.

Keywords : Dry Mix Method, Fly Ash, Bottom Ash, Compressive Strength, Sandbag

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pengetahuan dan teknologi dibidang konstruksi modern saat ini menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, antara lain dalam pembangunan gedung, jalan, jembatan, dan lain-lain. Dengan semakin pesatnya perkembangan saat ini, kita lebih memperhatikan standar mutu serta produktivitas kerja tinggi untuk dapat berperan serta dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi dengan lebih berkualitas. Untuk mencapai hal itu memerlukan suatu material yang memiliki keunggulan yang lebih baik daripada material yang sudah ada selama ini, seperti bentuk yang dapat menyesuaikan dengan kebutuhan konstruksi, metode pelaksanaan, spesifikasi teknis, durabilitas, kecepatan pelaksanaan konstruksi dan ramah lingkungan.

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dan diaplikasikan oleh semua lapisan masyarakat di dunia. Beton terbuat dari campuran agregat halus, agregat kasar dengan ditambahkan bahan perekat yaitu semen dan air yang akan bereaksi yang menyebabkan terjadinya proses perekatan dan perkerasan. Beton banyak digunakan karena mudah memperoleh pembentuknya, mudah dibentuk, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap perubahan cuaca, dan biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekuatan beton sangat dipengaruhi oleh pemilihan material yang digunakan dan metode pelaksanaan di lapangan. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah dengan memanfaatkan abu sisa pembakaran batubara yang sangat banyak menumpuk yaitu *fly ash* dan *bottom ash* (FABA). *Fly ash* dan *bottom ash* (FABA) ini merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 19 Tahun 2021 salah satu pemanfaatkan limbah *fly ash* dan *bottom ash* untuk keperluan bahan bangunan teknik sipil adalah sebagai bahan substitusi semen dan pasir pada campuran beton yang dapat

digunakan pada bangunan konstruksi seperti pemecah gelombang, turap pada jalan, drainase dan sebagainya, penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* untuk bangunan konstruksi sangatlah menguntungkan dari segi ekonomi, dan juga proses pengerjaannya yang sangat mudah serta tidak memakan banyak waktu.

Untuk kemudahan pelaksanaan pekerjaan dan fungsi sebagai drainase atau dinding penahan tanah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, perlu dipertimbangkan penggunaan adukan kering sebagai alternatif. Campuran kering (*dry concrete*) adalah beton biasa yang terdiri dari semen, agregat halus, dan agregat kasar. Hal yang membedakannya dari beton biasa adalah adukan kering diaduk tanpa penambahan air dimana air sebagai reaksi semen berasal dari lingkungan, sedangkan pada pengadukan beton normal air merupakan komponen utamanya. Penggunaan adukan kering lebih memudahkan untuk pengerjaan beton yang menggunakan kantong pasir (*sandbag*), dimana beton yang dimasukkan kedalam *sandbag* akan dilakukan *finishing* berupa menjahit salah satu sisi *sandbag* dan mudah untuk diangkat. Sedangkan jika menggunakan adukan basah maka beton yang menggunakan *sandbag* akan sulit dilakukan *finishing* dan juga sulit diangkat karena penambahan berat. Namun, disamping kegunaan yang didapat dengan metode kering, mutu beton dengan metode kering perlu dikaji karena faktor air semen yang digunakan tidak terkontrol.

Oleh karena itu, penulis mengambil penelitian tentang pengaruh penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir pada beton 20 MPa dengan metode kering, agar dapat mengurangi limbah FABA, mendapatkan bahan tambah yang ekonomis, dan juga mempermudahkan pelaksanaan pekerjaan terutama dalam daerah perairan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Fly ash dan *bottom ash* merupakan limbah batubara padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara dari pembangkit tenaga listrik. Banyak penelitian membahas tentang penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai campuran beton. Penelitian yang sejenis pernah dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Zahlim, A., Bachtiar, E., & Makbul, R. (2022) Efek *Curing* Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Yang Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Subtitusi Pasir. Dari hasil penelitian ini diperoleh peningkatan kuat tekan beton *curing* air laut yang menggunakan *fly ash* sebanyak 10%, 20% dan 30% sebagai substitusi pasir pada beton berturut-turut sebesar 2,4%; 7,19%; dan 8,98% dari kuat tekan beton tanpa *fly ash* (0%) sebagai beton standar.
b. Dewi, S. U., & Prasetyo, F. (2021) Analisa Penambahan *Bottom Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tambahan limbah batubara (*bottom ash*) terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dengan beberapa variasi tambahan. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada umur 28 hari, beton dengan tambahan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur beton 28 hari menujukkan bahwa beton dengan 3% tambahan bottom ash beton memiliki kekuatan sebesar 28,85 MPa.
c. Adhitia, F., & Pertiwi, D. (2020) Pengaruh Variasi *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan *Copper Slag* Pengganti Sebagian Pasir Untuk Beton Mutu 42 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada umur 56 hari dengan menggunakan limbah *copper slag* sebagian pasir dan limbah *fly ash* didapatkan hasil kuat tekan beton diatas kuat tekan beton rencana 42 MPa. Kuat tekan beton dengan variasi 40% CS + 0% FA 46,8 MPa, 40% CS + 5% FA 48,31 MPa, 40% CS + 7,5% FA 51,71 MPa, 40% CS + 10% FA 58,13 MPa.
d. Setiawati, M. (2018) *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen

pada beton. Identifikasi material *fly ash* menitikberatkan pada pengaruh penggunaan material ini terhadap kuat tekan beton khususnya pada awal umur beton. Dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada penggunaan 12,5% *fly ash*, yaitu 404,03 kg/cm^2 pada umur 28 hari dengan persentase peningkatan 27,95%.

e. Ghozali, K. E., Yonathan, A., Antoni, A., & Hardjito, D. (2018) Penelitian Awal Pemanfaatan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Suralaya Dalam Pembuatan Beton di Lingkungan Pantai. Dalam penelitian ini dilakukan pemanfaataan *fly ash* dan *bottom ash* untuk pembuatan beton *break water* atau bangunan pemecah ombak. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa pemakaian *fly ash* PLTU Suralaya dapat meningkatkan kelecekan pada beton. Sehingga membantu melawan sifat bottom ash yang mengurangi kelecekan beton segar. Beton yang menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus dapat mencapai kekuatan 24,8 MPa pada umur 28 hari.
f. Wahyono, H. L. (2017) Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Pada Pembuatan Beton Mutu f'c 20 MPa Dalam Upaya Pemanfaatan Limbah Industri. Penelitan ini dilakukan dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash* setiap beda 2,5% dapat dinyatakan bahwa mutu beton menjadi lebih tinggi. Dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash* dalam beton, terbukti dapat meningkatkan kuat tekan rata-ratanya pada penambahan setiap 2,5% mulai dari 10% hingga 17,5%.
g. Akbar, A. (2015) Studi Eksperimental Beton Adukan Kering dengan Metode Pengecoran Pipa Berkatup pada Air Laboratorium. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 2(2). Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai kuat tekan beton dengan metode pipa berkatup, diperoleh f'c 12,4 MPa (40%) sedangkan pada metode tuang langsung, diperoleh sebesar f'c 6,06 MPa (19,8%).
h. Sulung, O., & Supriyadi, A. (2015) Studi Eksperimental Beton Adukan Kering dengan Menggunakan Metode Pipa Berkatup pada Air Gambut. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 3(2). Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil kuat tekan dengan menggunakan metode pipa berkatup tidak mencapai kuat tekan beton normal fc'25 MPa tetapi metode pipa berkatup lebih baik dari metode yang pernah diuji sebelumnya yaitu metode tuang pipa tanpa katup. Kuat tekan rata – rata beton normal air gambut pada umur 28 hari adalah 27,56 MPa, beton kering gambut berkatup 11,06 MPa atau terjadi penurunan sebesar 55,76% dari beton normal dan beton kering gambut tanpa katup hanya mencapai kuat tekan 8,85 MPa atau terjadi penurunan sebesar 64,6% dari beton normal. Dengan menggunakan metode pipa berkatup akan diperoleh hasil kuat tekan lebih baik dari metode pipa tanpa katup.
i. Darwis, Z., & Soelarso, S. (2015). Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton. Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 4(1). Penelitian ini membandingkan antara beton normal (tipe-A) dengan beton yang pemakaian agregat halus nya diganti oleh bottom ash, dengan variasi kondisi bottom ash yang masih alami (tipe-B), lalu kondisi dicuci dikeringkan dalam oven selama ± 24 jam (tipe-C), dan kondisi dicuci dikeringkan oleh sinar matahari (tipe-D). Jumlah benda uji beton sebanyak 60 buah, dengan variasi umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 56 hari Hasil penelitian ini menyatakan limbah bottom ash dapat difungsikan sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan beton, dengan dicuci (dibersihkan) terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran- kotoran organik dan menurunkan kadar karbon. Nilai hasil pengujian pada umur 56 hari menunjukan hasil rata-rata kuat tekan beton normal (tipe A) sebesar 23,64 MPa. Tipe B mengalami penurunan nilai kuat tekan dari beton normal yaitu sebesar 20,35 % dengan nilai kuat tekan sebesar 18,83 MPa. Beton tipe C menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan yang lebih besar diantara tipe lainnya, yaitu sebesar 24,84 MPa. Beton tipe D mengalami penurunan kuat tekan sebesar 3,59 % dari beton normal dengan nilai kuat tekan sebesar 22,79 MPa.

j. Pradita, S., Alex, K., & Zulfikar, D. (2013). Pemanfaatan Abu Dasar (*Bottom Ash*) Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Beton Mutu Normal. Penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung mengurangi tingkat workability pada ketiga jenis mutu beton sehingga membutuhkan penambahan air untuk mencapai standar workability yang direncanakan. Penambahan air meningkat sebanding dengan penambahan jumlah abu dasar dalam campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada ketiga jenis mutu beton, maka penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton bila dibandingkan dengan variasi kontrolnya. Penurunan meningkat sebanding dengan penambahan jumlah abu dasar dalam campuran beton.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Menurut Sri Prabandiyani Retno Wardani (2008), abu terbang (*fly ash*) adalah bahan abu-abu berbutir halus yang dihasilkan oleh pembakaran batubara. Pada dasarnya *fly ash* mengandung unsur kimia seperti silikon dioksida (SiO2), aluminium oksida (Al2O3), besi oksida (Fe2O3) dan kalsium oksida (CaO), selain itu juga mengandung unsur tambahan lainnya yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO2), alkalin (Na2O dan K2O), belerang trioksida (SO3), fosfor oksida (P2O5) dan karbon.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis *fly ash* adalah jenis batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, cara pemanasan dan penggunaan, cara penyimpanan, dan penimbunan.

Menurut ASTM C618, *fly ash* terbagi menjadi dua kelas, yaitu Kelas F dan Kelas C. Perbedaan utama antara kedua *fly ash* adalah jumlah kalsium, silika, aluminium dan besi yang terkandung di dalam *fly ash*. Kelas F dan kelas C diberi label secara ketat untuk penggunaan abu terbang yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, tetapi istilah ini lebih sering digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kandungan CaO. Penting untuk dicatat bahwa tidak semua *fly ash* dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali untuk aplikasi khusus di mana persyaratan ini harus dipenuhi.

a. Kelas C
   Dibuat dengan membakar lignit atau batubara sub-bituminous, ia memiliki sifat penyemenan sendiri (kemampuan untuk mengeras dan meningkatkan kekuatan saat bereaksi dengan air) selain sifat pozzolan, dan sifat ini terjadi tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur (CaO) > 20%.
b. Kelas F
   Merupakan *fly ash* yang diperoleh dengan membakar anthracite, atau bituminous memiliki sifat pozzolan dan harus dicampur dengan kapur kalsinasi, kapur mati atau semen untuk mendapatkan sifat seperti semen. *Fly ash* kelas F memiliki kandungan kapur yang rendah (CaO < 10%).

Abu Dasar (*Bottom Ash*)

Menurut Sari Utama Dewi dan Febri Prasetyo (2021), abu dasar (*bottom ash*) adalah material yang tidak terbakar dengan sempurna dari pembakaran suatu material, seperti pada pembakaran batubara. *Bottom ash* ini diperoleh setelah pembakaran selesai. *Bottom ash* biasanya melekat pada dasar dan dinding tungku. Dengan kata lain, bottom ash merupakan limbah dari proses pembakaran batu bara pada PLTU dan mempunyai ukuran partikel lebih besar serta lebih berat dari *fly ash*, sehingga memungkinkan *bottom ash* dapat jatuh ke dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ashhoper*).

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah salah satu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton adalah *compression testing machine*. Kuat tekan merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan mutu beton dan mutu yang ditentukan oleh agregat. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, adalah:

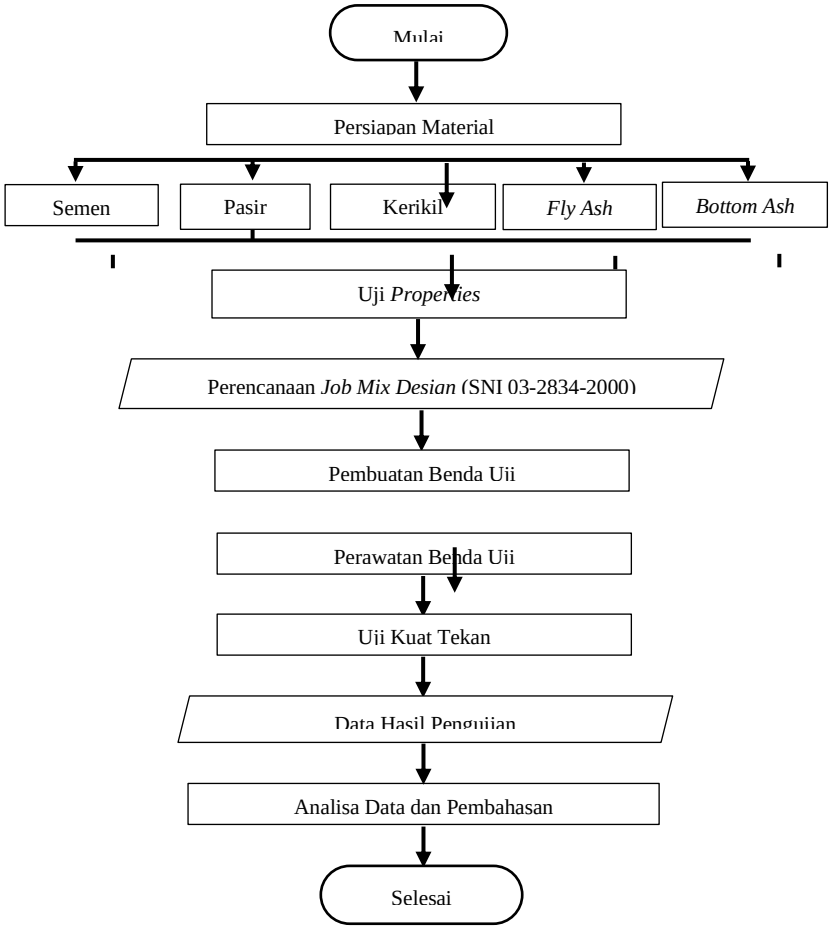
1. Faktor air semen
2. Umur beton
3. Jenis semen
4. Efisiensi dari perawatan (*curing*)

Nilai kuat tekan beton bervariasi sesuai dengan umurnya, dan biasanya nilai kuat tekan beton ditentukan pada saat beton berumur 28 hari setelah dicor. Untuk mengetahui mutu beton yang direncanakan, perlu dicari kuat tekan beton tersebut. Adapun rumus untuk pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :
f'c = Kuat tekan beton (MPa)
P = Beban maksimum (N)
A = Luas penampang beton (mm^2)

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

HASIL UJI *PROPERTIES*

Tabel 1 dan Tabel 2 menujukan data hasil dari pengujian agregat halus dan agregat kasar, meliputi data analisa saringan, berat jenis, berat volume, kadar lumpur, dan keausan agregat kasar. Standar yang digunakan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan SNI.

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian *Properties* Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan	Keterangan
			Min	Maks			
	Analisa saringan						
1.	- Lolos saringan No.200	SNI 03-1968-1990	-	5	0	%	Memenuhi
	- Modulus kehalusan		1,5	3,8	2,84	-	Memenuhi
	Berat jenis						
	- Bulk		2,5	-	2,55	-	Memenuhi
2.	- SSD	SNI 03-1969-2008	2,5	-	2,58	-	Memenuhi
	- Apparent		2,5	-	2,63	-	Memenuhi
	- Penyerapan Air		-	3	1,17	%	Memenuhi
	Berat volume						
3.	- Lepas	SNI 03-1973-2008	0,4	1,9	1,56	gr/cm³	Memenuhi
	- Padat		0,4	1,9	1,73	gr/cm³	Memenuhi
4.	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	-	5	2,77	%	Memenuhi
5.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	-	-	3,76	%	Memenuhi

Tabel 2. Rekapitulasi Pengujian *Properties* Agregat Kasar

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan	Keterangan
			Min	Maks			
	Analisa saringan						
1.	- Lolos saringan No.200	SNI 03-1968-1990	-	1	0	%	Memenuhi
	- Modulus kehalusan		6	8	7,01	-	Memenuhi
	Berat jenis						
	- Bulk		2,5	-	2,59	-	Memenuhi
2.	- SSD	SNI 03-1969-2008	2,5	-	2,60	-	Memenuhi
	- Apparent		2,5	-	2,61	-	Memenuhi
	- Penyerapan Air		-	3	0,35	%	Memenuhi
3.	Perentase Keausan	SNI 03-2417-2008	-	40	36,09	%	Memenuhi
	Berat volume						
4.	- Lepas	SNI 03-1973-2008	0,4	1,9	1,43	gr/cm³	Memenuhi
	- Padat		0,4	1,9	1,53	gr/cm³	Memenuhi
5.	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	-	1	0,72	%	Memenuhi
6.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	-	-	0,54	%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Tabel 3 dan Tabel 4 menujukan data hasil dari pengujian *fly ash* dan *bottom ash*, meliputi data analisa saringan, berat jenis, berat volume, dan kadar air. Untuk *fly ash* dan *bottom ash* tidak ada standar yang tercantum dalam SNI, untuk itu dalam penelitian ini digunakan standar SNI untuk semen dan pasir.

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian *Properties Fly Ash*

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan	Keterangan
			Min	Maks			
1.	Berat jenis	SNI 15-2531-1991	-	-	2,78	-	Memenuhi
2.	Berat volume - Lepas	SNI 03-1973-2008	-	-	6,20	gr/cm³	Memenuhi

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian *Properties Bottom Ash*

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan	Keterangan
			Min	Maks			
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990					

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan	Keterangan
			Min	Maks			
	- Lolos saringan No.200		-	5	0	%	Memenuhi
	- Modulus kehalusan		1,5	3,8	2,11	-	Memenuhi
2.	Berat jenis - Bulk - SSD - Apparent - Penyerapan Air	SNI 03-1969-2008	2,5 2,5 2,5 -	- - - -	1,03 1,23 1,37 18,9	- - - %	Memenuhi Memenuhi Memenuhi Memenuhi
3.	Berat volume - Lepas	SNI 03-1973-2008	0,4	1,9	0,30	gr/cm³	Memenuhi
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	-	-	1,12	%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

HASIL CAMPURAN ADUKAN BETON (*MIX DESIGN)*

Dalam perencanaan campuran adukan beton (*mix design*) menurut SNI 03-2834-2000 bahan yang digunakan seperti semen Padang, agregat halus yang berasal dari Tanjung Balai Karimun, agregat kasar batu pecah (granit) yang berasal dari Tanjung Balai Karimun, serta *fly ash* dan *bottom ash* yang berasal dari PT. Dumai Jaya Beton, proporsi campuran beton mutu 20 MPa beton normal, beton menggunakan *bottom ash* 30%, dan beton menggunakan *bottom ash* 30% + *fly ash* 12,5%. Komposisi campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Rekap Komposisi Campuran Beton di Lapangan

Tipe Campuran	Semen (kg)	FA (kg)	Pasir (kg)	BA (kg)	Granit (kg)
Normal 20 Mpa	27,98	-	57,52	-	80,84
BA 30%	27,98	-	40,27	10,59	80,84
BA 30% + FA 12,5%	24,48	3,50	40,27	10,59	80,84

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

PERBANDINGAN HASIL KUAT TEKAN PADA PERAWATAN AIR TAWAR

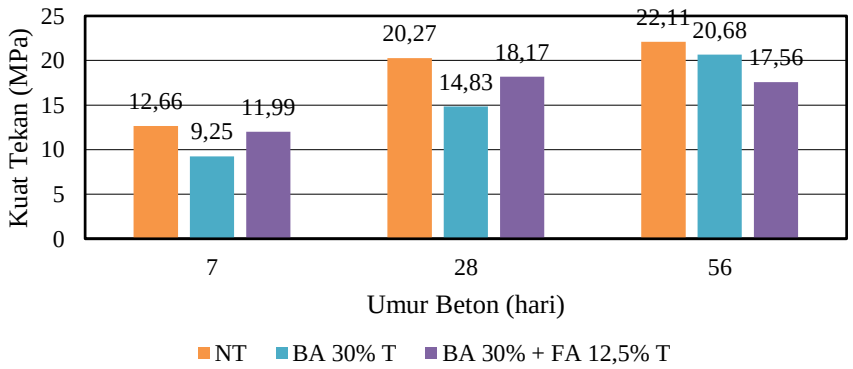
Adapun hasil perbandingan kuat tekan pengujian sampel silinder pada perawatan di air tawar dengan metode kering sebagai berikut:

Tabel 6. Kuat Tekan Sampel Silinder di Air Tawar (Metode Kering)

Tipe Campuran	Rata-Rata Kuat Tekan (Mpa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
NT	12,66	20,27	22,11
BA 30% T	9,25	14,83	20,68
BA 30% + FA 12,5% T	11,99	18,17	17,56

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Adapun hasil dari tabel diatas dapat kita lihat perbandingannya pada grafik berikut ini:



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Sampel Silinder (Air Tawar)

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Dari gambar grafik diatas tersebut, dapat kita lihat bahwa beton pada perawatan di air tawar mengalami penurunan pada beton yang menggunakan *fly ash* sebagai substitusi semen dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir.

PERBANDINGAN HASIL KUAT TEKAN PADA PERAWATAN AIR LAUT

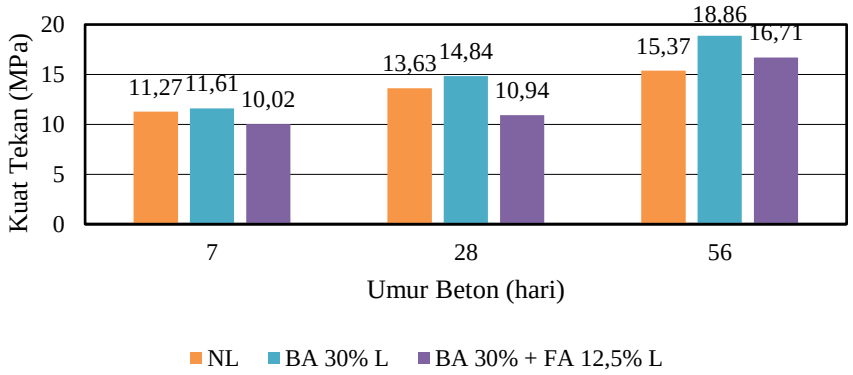
Adapun hasil perbandingan kuat tekan pengujian sampel silinder pada perawatan di air laut dengan metode kering sebagai berikut:

Tabel 7. Kuat Tekan Sampel Silinder di Air Laut (Metode Kering)

Tipe Pengecoran	Rata-Rata Kuat Tekan (Mpa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
NL	11,27	13,63	15,37
BA 30% L	11,61	14,84	18,86
BA 30% + FA 12,5% L	10,02	10,94	16,71

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Adapun hasil dari tabel diatas dapat kita lihat perbandingannya pada grafik berikut ini:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Sampel Silinder (Air Laut)
Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Dari gambar grafik diatas tersebut, dapat kita lihat bahwa beton pada perawatan di air laut mengalami peningkatan pada beton yang menggunakan substitusi *bottom ash* 30% sebagai pasir. Namun, pada beton yang menggunakan substitusi *fly ash* 12,5% sebagai substitusi semen dan *bottom ash* 30% sebagai substitusi pasir mengalami penurunan.

PERBANDINGAN KUAT TEKAN METODE KERING DENGAN METODE BASAH

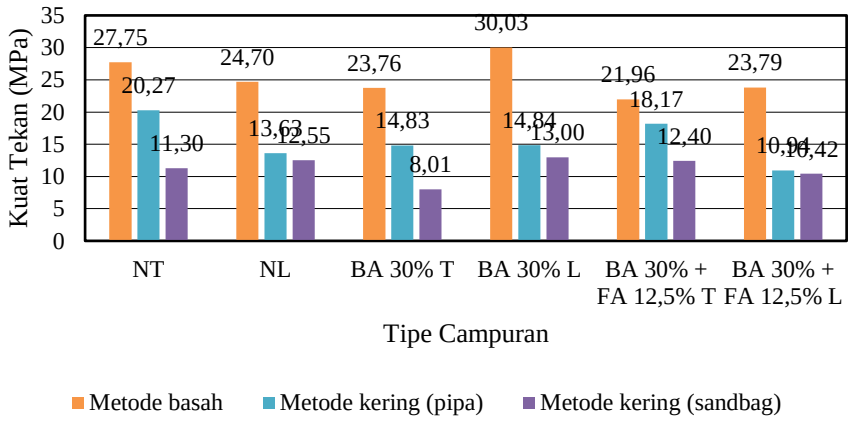
Adapun hasil perbandingan kuat tekan antara pengujian sampel dengan metode basah, sampel metode kering dan sampel *sandbag* dengan metode kering pada umur 28 hari sebagai berikut ini:

Tabel 8. Rekap Perbandingan Uji Tekan Beton Umur 28 Hari

Tipe Pengecoran	Kuat Tekan (MPa), 28 hari		
	Normal	Kering Pipa	Kering *Sandbag*
NT	27,75	20,27	11,30
NL	24,70	13,63	12,55
BA 30% T	23,76	14,83	8,01
BA 30% L	30,03	14,84	13,00
BA 30% + FA 12,5% T	21,96	18,17	12,40
BA 30% + FA 12,5% L	23,79	10,94	10,42

Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Adapun hasil dari tabel diatas dapat kita lihat perbandingan antara metode dengan tipe pengecorannya pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Uji Tekan Beton Umur 28 Hari
Sumber : Hasil Pengolahan Data TA 2023

Dari gambar grafik diatas tersebut, dapat kita lihat bahwa beton dengan metode kering pada air laut dan air tawar mengalami penurunan pada beton dengan metode basah, dimana kuat tekan beton mengalami penurunan pada beton yang dirawat di air laut dibandingkan dengan air tawar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

1. Penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir pada beton 20 MPa dengan metode kering memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tekan beton yang dirawat di air tawar, dimana kuat tekan beton mengalami penurunan pada yang menggunakan *bottom ash* maupun *fly ash* sebagai pengganti pasir maupun semen jika dibandingkan dengan beton normal metode kering.
2. Penggunaan *bottom ash* sebagai substitusi pasir pada beton 20 MPa dengan metode kering memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan beton yang dirawat di air laut sedangkan beton yang menggunakan *fly ash* sebagai substitusi semen dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir pada beton 20 MPa dengan metode kering memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tekan beton yang dirawat di air laut dibandingkan dengan beton normal metode kering.
3. Perendaman beton 20 MPa dengan metode kering pada air laut dan air tawar memberikan pengaruh negatif terhadap kuat tekan beton, dimana kuat tekan beton mengalami penurunan pada beton yang dirawat di air laut dibandingkan dengan air tawar.

SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah sebagai berikut:

1. Didalam penelitian ini menggunakan sampel uji dengan pipa dan *sandbag* berbahan kain, maka perlu dilakukan uji *sandbag* dengan berbahan *geotextile* ataupun yang lainnya. Karena jika menggunakan *sandbag* berbahan kain bahan campuran sampel uji yang didalam cetakan masih saja terbuang sebagian saat proses perendaman sehingga mutu beton menjadi turun.
2. Perlu pengujian porositas dari beton yang menggunakan pipa maupun *sandbag* karena hal ini terkait dengan ketahanan abrasi. Hal ini dilakukan karena beton yang akan

difungsikan salah satunya sebagai pemecah gelombang di pantai dan diletakkan dipinggir pantai. Maka dari itu, beton ini perlu diuji porositas.

6. DAFTAR PUSTAKA

Adhitia, F., & Pertiwi, D. 2020. Pengaruh Variasi *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dengan *Copper Slag* Pengganti Sebagian Pasir Untuk Beton Mutu 42 Mpa. Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 9(1), 80-86.

Akbar, A. Studi Eksperimental Beton Adukan Kering dengan Metode Pengecoran Pipa Berkatup pada Air Laboratorium. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 2(2).

Alfiandinata, A. 2020. Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).

Damayanti, R. 2018. Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 14(3), 213-231.

Darwis, Z., & Soelarso, S. 2015. Pemanfaatan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton. Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 4(1).

Dewi, S. U., & Prasetyo, F. 2021. Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. JICE (*Journal of Infrastructural in Civil Engineering*), 2(02), 31-45.

Ghozali, K. E., Yonathan, A., Antoni, A., & Hardjito, D. 2018. Penelitian Awal Pemanfaatan *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Pltu Suralaya Dalam Pembuatan Beton Di Lingkungan Pantai. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, 7(2), 177-184.

Indonesia, S. N. 1974. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Indonesia, S. N. 2011. Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. SNI, 2493, 2011.

Jumantoro, Rahman. 2015. *Civil Engineering*: Kelebihan dan Kekurangan Beton. Tersedia dari: http://jumantorocivilengiinering.blogspot.com/, diakses 16 Desember 2022.

Pradita, S., Alex, K., & Zulfikar, D. 2013. Pemanfaatan Abu Dasar (*Bottom Ash*) Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Beton Mutu Normal.

Rizal, R. 2021. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Beton F'c 20 Terhadap Kuat Tekan Beton (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).

Sulung, O., & Supriyadi, A. Studi Eksperimental Beton Adukan Kering dengan Menggunakan Metode Pipa Berkatup pada Air Gambut. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 3(2).

Suraneni, P., Burris, L., Shearer, C. R., & Hooton, R. D. 2021. ASTM C618 *fly ash specification: Comparison with other specifications, shortcomings, and solutions*. ACI Mater. J.

Setiawati, M. 2018. *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. Prosiding Semnastek.

Wahyono, H. L. 2017. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Pada Pembuatan Beton Mutu F'c 20 Mpa Dalam Upaya Pemanfaatan Limbah Industri. Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil, 22(1), 40-49.

Wardani, S. P. R. 2008. Pemanfaatan limbah batubara (*Fly Ash*) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan.

Zahlim, A., Bachtiar, E., & Makbul, R. 2022. Efek *Curing* Air Laut Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Yang Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Subtitusi Pasir. Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil, 1(1), 1-10.