PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON F'c 20 TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Rizal[1],Eka Purnamasari[2],Akhmad Gazali[3]
[1]Teknik Sipil,22201,Fakultas Teknik,Universitas Islam Kalimantan MAB,NPM.19640246
[2]Teknik Sipil,22201,Fakultas Teknik,Universitas Islam Kalimantan MAB,NIK.061304654
[3]Teknik Sipil,22201,Fakultas Teknik,Universitas Islam Kalimantan MAB,NIK.061404793
Email:rijalrijal78@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan dalam bidang konstruksi kini berjalan dengan pesat. Hal tersebut berhubungan dengan ke ekonomisan bahan material dari kotruksi tersebut. Sehubungan dengan itu perlu diusahakan adanya bahan alternatif yang memiliki sifat-sifat yang serupa dengan material pembuat beton. Salah satu material yang memiliki sifat dan bentuk yang serupa dengan material pembuat beton yaitu abu *bottom ash*,material ini serupa dengan agregat halus pasir. Tujuan penelitian buat mengetahui karakteristik,kuat tekan beton dan apakah *bottom ash* bisa dipakai.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Politeknik Negeri Banjarmasin. Pengujian terdiri atas pengujian semen,agregat kasar,agregat halus,*bottom ash* dan beton memakai metode satandar SNI.

Dari hasil penelitian karakteristik *bottom ash* dibisa berat jenis bulk 2,507,berat jenis SSD 2,557,berat jenis semu 2,639,penyerapan 2,010 %,modulus kehalusan 3,71 %,berat isi lepas 1,188,berat isi padat 1,313,zat organik no 3,kadar lumpur 2,4%,kadar air 1,960% memenuhi standar SNI. Berdasrkan dari hasil kuat tekan beton memakai *bottom ash* sebesar 18,03 MPa dan beton normal 22,42 MPa buat beton memakai *bottom ash* belum mencapai mutu yang direncanakan 20 MPa,dalam percobaan ini penggunaan *bottom ash* belum efektif dipakai pada campuran beton.

Kata Kunci : Beton,Kuat Tekan,*Bottom Ash*

ABSTRACT

Development in the construction sector is now running rapidly. This relates to the economics of the materials of the construction. In this regard,it is necessary to seek alternative materials that have similar properties to the concrete making materials. One of the materials that has similar properties and shapes to the material for making concrete is bottom ash,this material is similar to fine aggregate of sand. The purpose of the study was to determine the characteristics,compressive strength of concrete and whether bottom ash can be used.

The test was carried out at the Structure and Materials Laboratory of the Banjarmasin State Polytechnic. The test consists of testing cement,coarse aggregate,fine aggregate,bottom ash and concrete using the SNI standard method.

From the results of the research on the characteristics of bottom ash,the bulk density was 2,507,SSD specific gravity was 2,557,apparent density was 2,639,absorption was 2,010%,fineness modulus was 3.71%,loose density was 1.188,solid density was 1,313,organic matter no. 2.4%,1.960% water content meets SNI standards. Based on the results of the compressive strength of concrete using bottom ash of 18.03 MPa and normal concrete of 22.42 MPa for concrete using bottom ash it has not reached the planned quality of 20 MPa,in this experiment the use of bottom ash has not been effectively used in concrete mixtures.

Keywords : *Concrete,Compressive Strength,Bottom Ash*

PENDAHULUAN

Pembangunan dalam bidang konstruksi kini berjalan dengan pesat. Hal tersebut berhubungan denagan keekonomisan bahan material dari kotruksi tersebut.

Penelitian buat menemukan bahan bangunan yang lebih kuat dan baik terus dilakukan. Beton yaitu sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen yang terdiri dari kerikil,pasir,semen,dan air. Dalam perkembangan dan pemasalahan saat ini buat dari segi haraga material buat pembuatan beton cendrung mengalami kenaikan,maka dari itu dilakukan terobosan baru dalam pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah dari abu batu bara(*bottom ash*)sebagai pengganti agregat halus,dengan memanfaatkan limbah dari abu batu bara ini diharap bisa menjadi salah satu alternatif pengganti bahan material agregat halus pada beton.

Penggunaan bahan bakar padat berupa batubara sebagai sumber energi menghasilkan limbah padat berupa *bottom ash* dan *fly ash* dari hasil pembakaran yang bisa menimbulkan pencemaran lingkungan. Pemanfaatan limbah padat industri khususnya yang dihasilkan oleh PLTU PAMA-1 Berkapasitas 2x15 MW. Pembangkit listrik ini berlokasi di Barunang,Kecamatan. Kapuas Tengah,Kabupaten. Kapuas,Provinsi. Kalimantan Tengah.

PLTU PAMA-1 menginformasikan maka dalam perhari *fly ash & Bottom Ash* yang dihasilkan dari batubara berkalori 6300 – 8000 kcal/kg sebanyak 3 ton/hari(KONTAN/Andy Dwijayanto). Limbah yang dihasilkan mencapai ± 3 ton /hari yang terdiri dari fly ash dan bottom ash yang bisa menimbulkan pencemaran lingkungan dan memerlukan banyak lahan buat menampungnya Teknologi perekayasaan material saat ini mengalami perkembangan menuju penggunaan limbah industri sebagai aplikasi teknologi material berkelanjutan(sustainable material). Banyak peneliti yang sudah menemukan kegunaan dari *fly ash*,para peneliti ini menemukan hasil yang cukup signifikan yaitu maka fly ash dengan karakteristik tertentu cukup bagus dipakai sebagai bahan campuran atau filler dalam pembuatan beton ringan,tetapi buat limbah batubara yang lain,yaitu bottom ash masih sedikit kegunaan yang diketahui. Penelitian limbah batubara ini perlu dilakukan,agar bisa mengatasi pencemaran lingkungan diharapkan limbah bottom ash ini menjadi sesuatu yang bisa dimanfaatkan,sebagai bahan baku pembuatan beton. Keuntungan dari pemanfaatan limbah ini bisa mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah bottom ash sisa dari pembakaran batubara pada boiler.

Bottom ash yaitu limbah hasil pembakaran batu bara pada boiler dimana jumlahnya akan terus bertambah selama industri terus berproduksi. Penanganan limbah ini dilakukan dengan cara menimbunnya di lahan kosong sehingga apabila volume limbah semakin bertambah maka semakin luas pula area yang diperlukan buat menimbunnya. Selain itu penanganan limbah dengan cara penimbunan bisa berpotensi bahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitar seperti,logam-logam dalam abu batu bara terekstrak dan terbawa ke perairan,abu batu bara tertiup angin sehingga mengganggu pernafasan. Teknologi yang sedang berkembang saat ini yaitu pengelolaan limbah industri buat dipakai sebagai bahan baku atau material bangunan. Dengan adanya penemua inovasi-inovasi bahan tersebut diharapkan bisa menggantikan bahan bangunan sehingga bisa menekan biaya produksi serta mengurangi limbah industri. Salah satu dari inovasi tersebut yaitu memakai *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan penelitian diatas akan diperoleh prosedur penelitian sebagai berikut :

Persiapan dan penyediaan bahan meliputi persiapan dan penyediaan bahan. Pada tahap pertama ini seluruh bahan yang akan dipakai dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian bisa berjalan dengan lancar.

penelitian ini yakni pemeriksaan bahan yang akan dipakai. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap semen,agregat kasar,agreagt halus dan *bottom ash*. Hal ini bertujuan buat mengetahui sifat dan karakteristik dari semen,agregat kasar,agreagt halus dan *bottom ash* yang akan

dipakai.Pengujian semen,Pengujian agregat halus(pasir dan *bottom ash*),Pengujian agregat kasarDalam penelitian ini merencanakan campuran beton memakai bottom ash sebagai pengganti agregat halus. Tata cara ini meliputi persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton buat dipakai sebagai salah satu acuan bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton buat menghasilkan mutu beton sesuai rencana dengan memakai acuan(SNI 03-2834-2000).

Tahap pembuatan benda uji ini memakai tuangan silinder 15 x 30 cm dalam setiap mutu dipakai silinder sebanyak 9 buah(Marina & Pujiyanto,2020). Tata cara ini mencakup prosedur pembuatan dan perawatan pada benda uji silinder dari sampel yang mewakili beton buat suatu proyek konstruksi dengan memakai acuan(SNI 2493:2011).Tahap pengujian,dimana pengujian dilakukan pada kuat tekan beton pada umur 7,14,dan 28. Memakai acuan(SNI 1974-2011)Analisis hasil penelitian bisa dilakukan setelah data-data diolah. Data-data yang dibisa mulai dari awal penelitian,saat penelitian,sampai akhir penelitian. Hasil penelitian dibahas pada bab IV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Bahan

1. Hasil Pengujian Semen

Semen yang dipakai buat penelitian ini yaitu semen portland type I,tiga roda(PCC). Dengan melakukan pengujian kehalusan semen,berat jenis,konsistensi semen,dan data waktu pengikatan semen dengan alat vicat

Tabel 1 Hasil Pengujian Semen Tiga Roda(PCC)

No	Macam Pemeriksaan	Semen Tiga Roda(PCC)		Spesifikasi SNI 15-2049-2004
		Standar/Rujukan	Hasil	
1	Kehalusan Semen	SNI 15-2530-1991		
	Saringan No. 100		0 %	-
	Saringan No. 200		16.2 %	-
2	Berat Jenis Semen	SNI 03-2531-1991	3,130	-
3	Kosistensi Semen	SNI 15-2049-2004	11 mm	10(±1)mm
4	Waktu Pengikatan Semen dengan Alat Vicat	SNI 03-6827-2002		
	Pengikatan Awal		95 Menit	Min 45 menit
	Pengikatan Akhir		150 Menit	Max 375 Menit

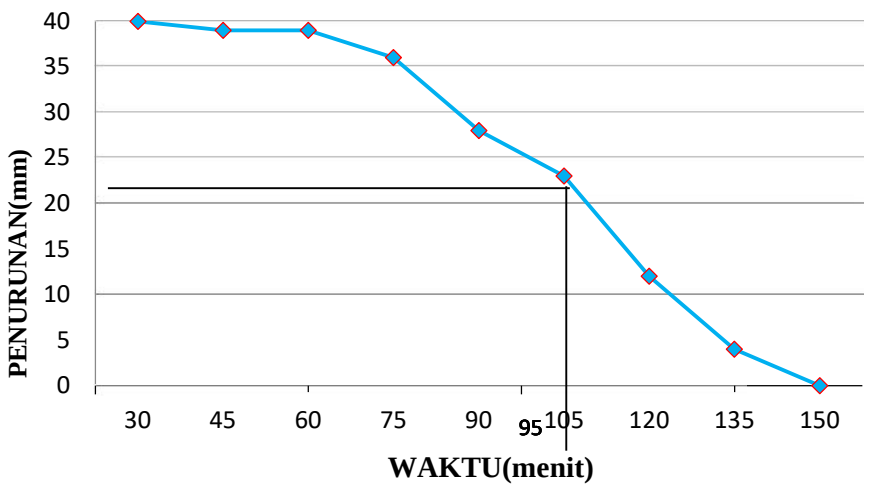
(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)

Dari hasil pengujian bisa disimpulkan maka semen jenis Tiga Roda masuk dalam spesifikasi SNI 15-2049-2004 dan bisa dipakai buat campuran beton. Berdasarkan hasil pengujian waktu pengikatan semen di laboratorium Pengujian Semen Tiga Roda,

Tabel 2 Pengujian Waktu Pengikatan Semen dengan Alat Vicat

Nomor Pengamatan Penurunan	Waktu Penurunan (Menit)	Penurunan (mm)
1	30	40
2	45	39
3	60	39
4	75	36
5	90	28
6	105	23
7	120	12
8	135	4
9	150	0

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)



Gambar 1 Grafik Waktu Pengikatan Semen Tiga Roda

Dari gambar 4 semen tiga roda dibisa waktu pengikatan awal Sebesar 95 menit dan waktu pengikatan akhir 150 menit sudah memenuhi syarat SNI 15-2049-2004.

2. **Hasil Pengujian Agregat Kasar 1-2(Batu Pecah)**

Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini yaitu agregat kasar berukuran 10 – 20 mm yang berasal dari Ladung(Kotabaru). Beberapa pengujian yang dilakukan buat agregat kasar yaitu pengujian berat jenis,analisa saringan,berat isi,kekerasan,abrasi,kadar lumpur,dan kadar air.

Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar 1-2 Asal Material : Batu Peca Ladung

No	Macam Pemeriksaan		Agregat Kasar 1 – 2		Spesifikasi
			Standar / Rujukan	Hasil	SII 0052-80
1	Berat Jenis		SNI 1970 : 2008		Min 2,5
	Berat Jenis Bulk			2,688	
	Berat Jenis SSD			2,700	
	Berat Jenis Semu			2,756	
	Penyerapan	%		1,194	Max 3 %
2	Susunan Grading Agregat		SNI 03-1973-1990		
	1 1/2”(38,1 mm)			100	
	3/4” (19,1 mm)			89,89	
	3/8” (9,52 mm)			15,00	
	No.4 (4,76 mm)			0,53	
	No.8 (2,38 mm)			0,24	
	No.16 (1,19 mm)			0,22	
	No.30 (0,59 mm)			0,20	
	No.50 (0,28 mm)			0,14	
	No.100(0,15 mm)			0,02	
	Modulus Kehalusan	%		6,94	6,0 – 7,1
3	Berat Isi	Kg/lt	SNI 03-4804-1998		
	Berat isi agregat lepas			1,422	
	Berat isi agregat padat dengan Tusukan			1,601	
	Berat isi agregat padat dengan Goyangan			1,543	
4	Kekerasan /Keausan :				
	Bejana Rudeloff	%	BS 812 : Part 3:75	14,63	< 16

	Los Angeles	%	SNI 2417-2008	16,912	< 27
5	Kadar Lumpur	%	SNI 03-4142-1996	0,513	1 %
6	Pemeriksaan Kadar Air	%	SNI 03-1971-1990	0,705	-

Dari hasil pengujian bisa disimpulkan maka agregat kasar 1-2 Batu Pecah(Katunun)memenuhi syarat dalam spesifikasi SII 0052-80 dan bisa dipakai dalam campuran beton

3. **Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir(Barito)**

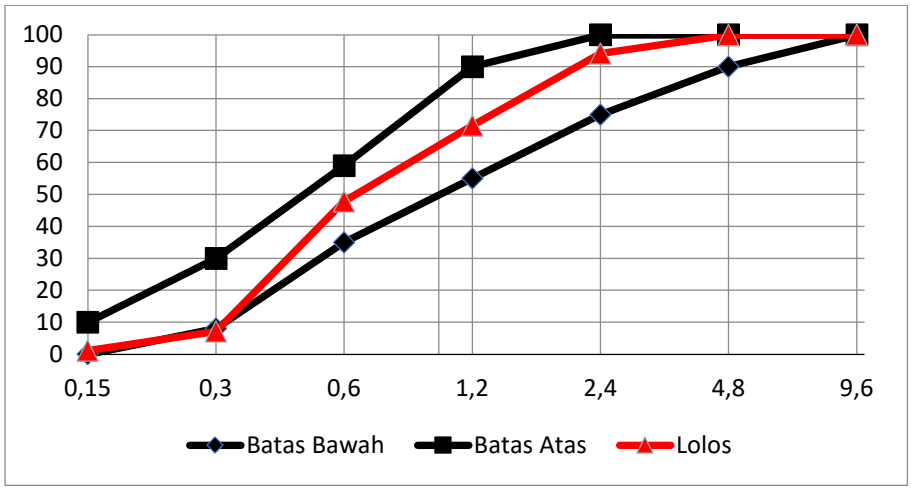
Agregat Halus yang dipakai dalam penilitian ini yaitu Pasir Barito,dengan melakukan pengujian berat jenis,analisa saringan,berat isi,kadar zat organik,kadar lumpur,dan kadar air. Hasil pengujian agregat halus bisa dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Pasir Asal Material : Agregat Halus Pasir Asal Barito

No	Macam Pemeriksaan		Pasir Standar / Rujukan	Hasil	Spesifikasi SII 0052-80
1	Berat Jenis		SNI 1968 : 2008		Min 2,5
	Berat Jenis Bulk			2,591	
	Berat Jenis SSD			2,604	
	Berat Jenis Semu			2,626	
	Penyerapan	%		0,513	Max 3 %
2	Susunan Grading Agregat		SNI 03-1973-1990		
	No.4 (4,76 mm)			99,94	
	No.8 (2,38 mm)			94,06	
	No.16 (1,19 mm)			71,57	
	No.30 (0,59 mm)			47,77	
	No.50 (0,28 mm)			7,12	
	No.100(0,15 mm)			1,15	
	Modulus Kehalusan	%		2,78	1,5 – 3,8
3	Berat Isi	Kg/lt	SNI 03-4804-1998		
	Berat isi agregat lepas			1,469	
	Berat isi agregat padat dengan Tusukan			1,594	
4	Kadar Zat Organik		SNI 03-2816-1992	No.3	No.3
5	Kadar Lumpur	%	SNI 03-4142-1996	0,201	5 %
6	Pemeriksaan Kadar Air	%	SNI 03-1971-1990	0,549	-

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)

Dari hasil pengujian bisa disimpulkan maka agregat halus(Pasir Barito)memenuhi syarat dalam spesifikasi SII 0052-80 dan masuk gradasi zona II bisa dipakai dalam campuran beton. Bedasarkan pengujian analisa saringan pada agregat halus(Pasir Barito)masuk gradasi zona II bisa dilihat Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Pasir

Dilihat dari gambar 2 grafik analisa saringan agregat halus pasir memasuki batas gradasi sedang zona 2.

4. **Hasil Pengujian Agregat Halus *Bottom Ash*(PLTU PAMA)**

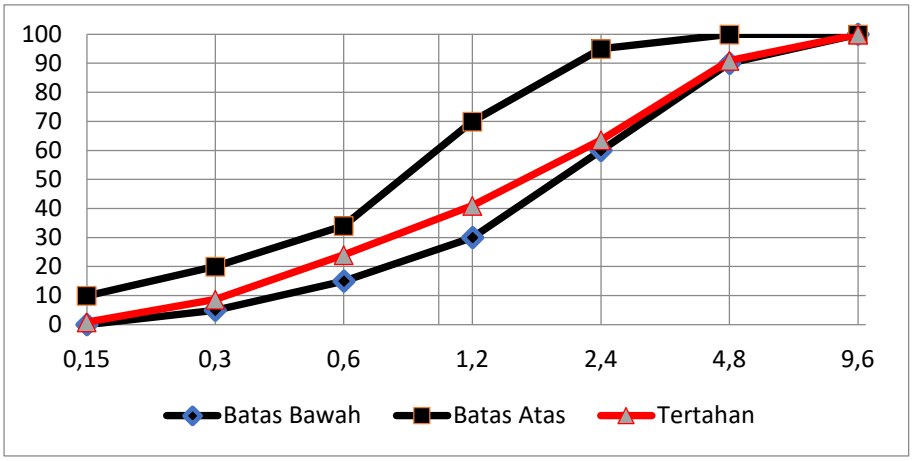
Agregat Halus yang dipakai dalam penilitian ini yaitu Bottom Ash,dengan melakukan pengujian berat jenis,analisa saringan,berat isi,kadar zat organik,kadar lumpur,dan kadar air. Hasil pengujian agregat halus bisa dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Agregat *Bottom Ash*
Asal PLTU PAMA

No	Macam Pemeriksaan		*Bottom Ash* Standar / Rujukan	Hasil	Spesifikasi SII 0052-80
1	Berat Jenis		SNI 1968 : 2008		Min 2,5
	Berat Jenis Bulk			2,507	
	Berat Jenis SSD			2,557	
	Berat Jenis Semu			2,639	
	Penyerapan	%		2,010	Max 3 %
2	Susunan Grading Agregat		SNI 03-1973-1990		
	No.4 (4,76 mm)			90,92	
	No.8 (2,38 mm)			63,59	
	No.16 (1,19 mm)			40,98	
	No.30 (0,59 mm)			23,99	
	No.50 (0,28 mm)			8,68	
	No.100(0,15 mm)			0,89	
	Modulus Kehalusan	%		3,71	1,5 – 3,8
3	Berat Isi	Kg/lt	SNI 03-4804-1998		
	Berat isi agregat lepas			1,188	
	Berat isi agregat padat dengan Tusukan			1,313	
4	Kadar Zat Organik		SNI 03-2816-1992	No 3	No.3
5	Kadar Lumpur	%	SNI 03-4142-1996	2,4	5 %
6	Pemeriksaan Kadar Air	%	SNI 03-1971-1990	1,96	-

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)

Dari hasil pengujian bisa disimpulkan maka agregat halus(*Bottom Ash*)memenuhi syarat dalam spesifikasi SII 0052-80 dan masuk gradasi zona I bisa dipakai dalam campuran beton. Bedasarkan pengujian analisa saringan pada agregat halus(*Bottom Ash*)masuk gradasi zona I bisa dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Grafik Analisa Saringan Agregat *Bottom Ash*

Dilihat dari gambar 3 grafik analisa saringan agregat *bottom ash* memasuki batas gradasi kasar zona 1.

B. Hasil Campuran Adukan Beton(*Mix Design*)

Dalam perencanaan campuran adukan beton(*mix design)*menurut SNI 03-2834-2000 bahan yang dipakai seperti air,semen tiga roda,*bottom ash* yang berasal dari PLTU PAMA,agregat halus pasir barito dan agregat kasar batu pecah 1-2 yang berasal dari Ladung(Kotabaru),proporsi campuran beton mutu f'c 20 MPa beton normal dan beton memakai bottom ash,Hasil campuran adukan beton ditemukan pada Tabel 4.6 s/d 4.

Tabel 6 Proporsi Campuran Adukan Beton Normal f'c 20 MPa

Proposi Campuran	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Permukaan(kg)	
			Agregat Halus Pasir	Agregat Kasar 1 – 2
Tiap m³	404,3	190	736,3	1104,4
Tiap Benda Uji(9 Buah Silinder)	19,28	9,06	35,11	52,67

Tabel 7 Proporsi Campuran Adukan Beton + Bottom *Ash* f'c 20 MPa

Proposi Campuran	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Agregat Kondisi Jenuh Kering Permukaan(kg)	
			Agregat Halus Bottom Ash	Agregat Kasar 1 – 2
Tiap m³	404,3	190	736,3	1104,4
Tiap Benda Uji(9 Buah Silinder)	19,28	9,06	35,11	52,67

Buat uraian lebih lengkap dari hasil campuran adukan beton mengenai perhitungan perencanaan campuran adukan beton(*mix design)*menurut SNI 03-2834-2000,bisa dilihat pada *Lampiran.*

C. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

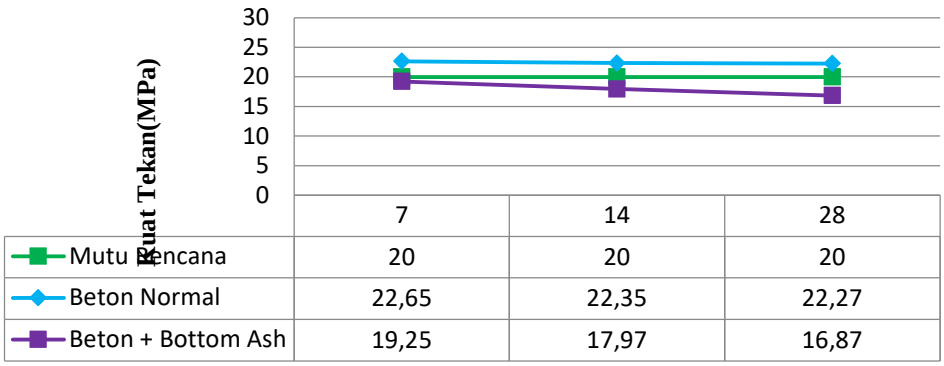
Hasil pengujian kuat tekan beton menurut SNI 1974-2011 dalam penilitian ini 1 variasi mutu beton ditemukan benda uji silinder sebanyak 9 buah dan terbagi 3 umur yaitu 7,14 dan 28 hari. Dalam pengujian kuat tekan beton ini bisa dilihat pada Tabel.8 dan Gambar .4.

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Benda Uji	Kuat Tekan Mpa		
		Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
1		23,46	21,87	23,21
2	Beton Normal	24,26	22,65	22,08
3		20,22	22,52	21,51
	Rata-Rata	**22,65**	**22,35**	**22,27**
1		20,22	17,37	16,31
2	Beton + Bottom Ash	19,09	17,76	17,89
3		18,44	17,97	16,42
	Rata-Rata	**19,25**	**17,97**	**16,87**

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)

Berdasarkan kuat tekan beton normal dan beton + bottom ash f'c 20 MPa dengan umur 7,14 dan 28 Hari yang sesuai tabel diatas bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Kuat Tekan Beton

Berdasarkan gambar 4 nilai kuat tekan beton dengan umur masing-masing dilihat pada umur 7,14,dan 28 hari. Pada mutu beton gambar 4. Menunjukkan maka beton normal mencapai mutu rencana sedangkan mutu beton dengan bottom ash belum mencapai mutu rencana.

D. Perhitungan Standar Deviasi Campuran Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan mutu yang,maka selanjutnya yaitu perhitungan standar deviasi(S),kuat tekan rata-rata $\underline{x}$),dan kuat tekan karakteristik $f'c$

Tabel 9 Perhitungan Standar Deviasi Kuat Tekan Beton Normal f'c 20 MPa

No	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari(MPa)	(Xi - X)	(Xi - X)²
1	23,46	1,035	1,071
2	24,26	1,844	3,399
3	20,22	-2,201	4,842
4	21,87	-0,546	0,298
5	22,65	0,226	0,051
6	22,52	0,097	0,009
7	23,21	0,792	0,627
8	22,08	-0,340	0,116
9	21,51	-0,906	0,822
	201,789	0,000	11,235

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021

$$\underline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x}{n} = \frac{2\ \ ,7}{9} = 22{,}42\ M$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x - \underline{x})}{n-1}} = \sqrt{\frac{1\ ,2}{8}} = \sqrt{1{,}40} = 1{,}19\ M$$

f'c = $\underline{x}$ - 1,64. s

= 22,42 – 1,64 x 1,19

= 20,48 MPa

Bisa disimpulkan maka kuat tekan rata-rata mutu beton normal dengan benda uji 9 sampel yaitu 22,42 MPa,Standar deviasi dibisa 1,19 MPa dan Kuat tekan karakteristik dibisa f'c = 20,48 MPa. Dengan demikian beton normal bisa disebut efektif karena kuat tekan mencapai beton yang direncanakan f'c20 MPa.

Tabel 10 Perhitungan Standar Deviasi Kuat Tekan Beton dengan *Bottom Ash* f'c 20 MPa

No	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari(MPa)	(Xi - X)	(Xi - X)²
1	20,220	2,189	4,793
2	19,088	1,057	1,117
3	18,441	0,410	0,168
4	17,371	-0,660	0,436
5	17,757	-0,274	0,075

6	18,787	0,755	0,571
7	16,306	-1,725	2,977
8	17,891	-0,140	0,020
9	16,419	-1,612	2,599
	162,280	0,000	12,755

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} x}{n} = \frac{1\ \ ,2}{9} = 18{,}031\ M$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x - \underline{x})}{n-1}} = \sqrt{\frac{1\ ,7}{8}} = \sqrt{1{,}594} = 1{,}263\ M$$

f'c = $\underline{x}$ - 1,64. s

= 18,031 – 1,64 x 1,263

= 15,960 MPa

Bisa disimpulkan maka kuat tekan rata-rata mutu beton dengan *Bottom Ash* dengan benda uji 9 sampel yaitu 18,031 MPa,Standar deviasi dibisa 1,263 MPa dan Kuat tekan karakteristik dibisa f'c = 15,960 MPa. Dengan demikian bisa disebut beton dengan *bottom ash* tidak efektif karena kuat tekan belum mencapai mutu beton yang direncanakan.

E. Hasil Perbandingan Kuat Tekan Beton

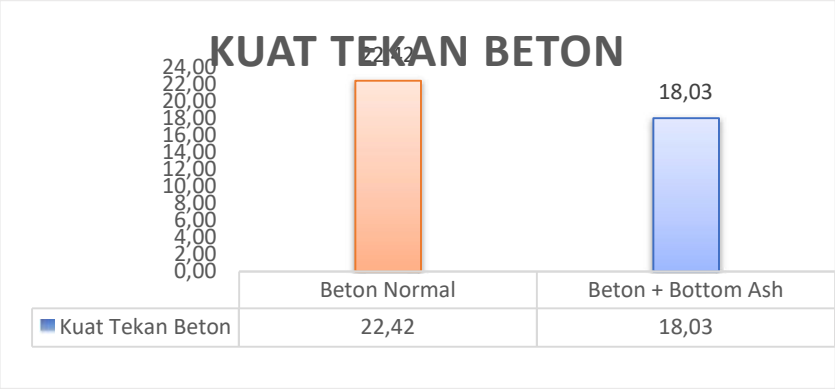
Hasil pengujian kuat tekan beton bisa dilihat hasil variasi kuat tekan beton pada Tabel 11 dan Gambar 5 sebagai berikut :

Tabel 11 Hasil Perbandingan Kuat Tekan Beton

No	Benda Uji	Hasil Kuat tekan(Mpa)
1	Beton Normal	22,42
2	Beton + *Bottom Ash*	18,03

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium Politeknik Negeri Banjarmasin 2021)

Berdasarkan perbandingan kuat tekan beton normal dan beton dengan bottom ash yang sesuai tabel diatas bisa dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dan Beton + Bottom Ash

Dari Tabel 11 dan Gambar 5 kuat tekan buat beton normal sebesar 22,42 MPa,dan beton dengan *bottom ash* sebesar 18,03 Mpa mengalami penurunan 19,58% terhadap beton normal,dari hasil kuat tekan beton normal mencapai mutu yang diinginkan dan beton dengan *bottom ash* belum mencapai target mutu yang di rencanakan.

PENUTUP

Dari hasil penelitian bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian ini karakteristik bahan *bottom ash* menghasilkan berat jenis dan penyerapan berat jenis bulk 2,507,berat jenis SSD 2,557,berat jenis semu 2,639,penyerapan 2,010 %,modulus kehalusan sebesar 3,71 %,berat isi lepas 1,188,berat isi padat 1,313,kadar zat organik no 3,kadar lumpur 2,4 dan kadar air 1,960 dari hasil pengujian krakteristik bisa disimpulkan *bottom ash* memenuhi kateria buat campuran beton.
2. Hasil kuat tekan beton normal sebesar 22,42 MPa,dan beton dengan *bottom ash* sebesar 18,03 Mpa mengalami penurunan 19,58% terhadap beton normal. Bisa disimpulkan hasil pengujian beton memakai *bottom ash* belum mencapai mutu yang di rencanakan f'c 20 MPa. Hal ini bisa disebabkan *bottom ash* memiliki pori yang besar menyebabkan menyerap air yang tinggi dari pada pasir.
3. Dalam percobaan beton memakai *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus dicampuran beton belum bisa dipakai sebagai agregat halus pada campuran beton buat kelas 2 struktural,namun bisa dipakai buat beton pada kelas 1 non structural sebagai pengganti agregat halus.

REFERENSI

Andy,D.2018.United Tractors merampungkan PLTU PAMA-1 pada 2019.Alamat: https://investasi.kontan.co.id/news/united-tractors-merampungkan-pltu-pama-1-pada-2019

Darwis,Zulmandi *et al*.2015.*Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Substiitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton*.Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik,Direktorat Jenderal Ciptakarya,Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.PBI-1971.*Peraturan Beton Bertulang Indonesia*.Republik Indonesia.

Departemen Pekerjaan Umum.1990-2011.Standar Nasional Indonesia 2493:2011.*Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*.Jakarta
Diakses tanggal 04 Mei 2018

Gurnasa Irianta,FX.2011.*Kualitas Beton Dengan Memanfaatkan Bottom Ash Limbah Bahan Bakar Batu Bara Pada Industri*.Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Kandi,Yufilter Silas *et al*.*Subtitusi Agregat Halus Beton Memakai Kapur Alam Dan Memakai Pasir Laut Pada Campuran Beton*.Jurusan Teknik Sipil.FST Undana.NTT

Kardiyono,Tjokrodimuljo.1992.*Teknologi Beton(Edisi Pertama)*.Yogyakarta: Biro Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada

Krnastri,Rr.Mekar Ageng *et al*.2018.*Potensi Pemanfaaatan Limbah Pembakaran Batubara(Bottom Ash)Pada PLTU Sebagai Media Tanam Dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan*.Sekolah Tinggi Teknik PLN.

Mulyono,Tri.2003.*Teknologi Beton*.Yogyakarta: Andi.

Paul Nugraha,Antoni.2007.*Teknologi Beton Dari Material,Pembuatan,Ke Beton Kinerja Tinggi*.Yogyakarta: Andi

Posedung,Agnes Claudia *et al*.2020.*Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Bahan Subtitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*.Jurusan Teknik Sipil. Universitas Kristen Indonesia Paulus.Makassar.

Puji Aji & Rachmat Purwono.2011.*Pemilihan Proposi Campuran Beton(Concrete Mix Design)*.Surabaya: ITS press

Ristinah *et al*.2012.*Pengaruh Penggunaan Botoom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako*.Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Jl.MT.Haryono 167 Malang.

Suarnita,I Wayan.2012.*Pemanfaatan Abu Dasar(Bottom Ash)Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Pada Campuran Beton*.Jurusan Teknik Sipil.Universitas Tadulako.Jalan Soekarno Hatta Km.8 Palu 94118

Susanti,Rika Deni.2011.*Teknologi Bahan Kontruksi*.Sumatra: ITM

Tengku Tantoni Yahya.2017.*Pengaruh Kombinasi Fly Ash Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanis*.Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau.

Tri Yuhanah & Novia Ade Mandasari.2017.*Analisa Pengaruh Admixture Terhadap Abu Terbang(Fly Ash)Dan Bottom Ash*.Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik-PLN Jakarta.

Tumingan.2020.*Desain Campuran dan Kuat Tekan Beton Memanfaatan Pond Ash dan Laterit Sebagai Pengganti Pasir*.Jurusan Teknik Sipil.Politeknik Negeri Samarinda.Samarinda