



## Pengaruh Variasi Kombinasi Agregat Campuran Terhadap Gradasi dan Kuat Tekan Beton K-250

R. Dedi Iman Kurnia<sup>\*1</sup>, Suhaimi<sup>2</sup>, Romaynoor Ismy<sup>3</sup>, Mukhlis<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Aceh Besar, 24252, Indonesia.

\*Email korespondensi: [rdediimankurnia@umuslim.ac.id](mailto:rdediimankurnia@umuslim.ac.id)<sup>1</sup>

Diterima Juli 2023; Disetujui Agustus 2023; Dipublikasi September 2023

**Abstract:** *There are several differences of opinion regarding the use of aggregates to produce concrete with K – 250 quality. Facts in the field are still found that the quality of concrete is less than 250 Kg/cm<sup>2</sup> even though it has used crushed stone (split) as coarse aggregate. The purpose of this study is to determine the value of the compressive strength of concrete obtained with a aggregates combination of sand-split, sirtu-split and sirtu-gravel at the age of 28 testing days. Which aggregate combination is the most optimal to use to produce concrete with a compressive strength of 250 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days age. The quality of the planned concrete is k – 250. The use of aggregate for the three combinations is limited to a maximum grain size of 37.5 mm. The cement used is PCC type cement. The specimen used is in the form of a cube with a size of 15 cm x 15 cm. The results of the compressive strength concrete test of mixed-aggregate combination sand-split, sirtu-split and sirtu-gravel at the age of 28 days test respectively is equal to 260,064 Kg/cm<sup>2</sup>, 279,325 Kg/cm<sup>2</sup> dan 253,514 Kg/cm<sup>2</sup>. The most optimal combination of mixed aggregates used to produce concrete with a compressive strength of 250 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days is sirtu-split aggregate combination. The results of the study also prove that the sirtu- gravel aggregate combination mixtures can produce concrete with a compressive strength of 250 Kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** *Concrete, aggregate, sand, gravel, split, aggregate combination, compressive strength.*

**Abstrak:** *Terdapat beberapa perbedaan pendapat terkait penggunaan agregat untuk dapat menghasilkan beton dengan mutu K – 250. Fakta di lapangan masih dijumpai mutu beton yang kurang dari 250 Kg/cm<sup>2</sup> walaupun sudah menggunakan batu pecah sebagai agregat kasarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekuatan tekan beton yang diperoleh dengan kombinasi agregat pasir-split, sirtu-split dan sirtu-kerikil pada umur pengujian 28 hari. Kombinasi agregat manakah yang paling optimal digunakan untuk dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 250 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah k – 250. Penggunaan agregat untuk ketiga kombinasi dibatasi dengan ukuran butiran maksimum 37,5 mm. Semen yang digunakan adalah semen tipe PCC. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton kombinasi agregat campuran pasir-split, sirtu-split dan sirtu-kerikil pada umur pengujian 28 hari berturut turut adalah sebesar 260,064 Kg/cm<sup>2</sup>, 279,325 Kg/cm<sup>2</sup> dan 253,514 Kg/cm<sup>2</sup>. Kombinasi agregat campuran yang paling optimal digunakan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 250 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari adalah kombinasi agregat sirtu-split. Hasil penelitian juga membuktikan bahwakombinasi agregat campuran sirtu-kerikil dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 250 Kg/cm<sup>2</sup>.*

**Kata Kunci:** *Beton, agregat, pasir, kerikil, split, kombinasi agregat, kuat tekan.*

Pembangunan merupakan wujud nyata dari program pemerintah secara menyeluruh dari sekian banyak rencana kerja nasional. Pesatnya laju pembangunan di Indonesia terlihat dengan semakin bertambahnya pembangunan infrastruktur, perindustrian dan prasarana lainnya. Kegiatan pembangunan infrastruktur khususnya gedung sangat berkaitan dengan bahan material. Kualitas dan karakteristik dari bahan pembentuk sangat mempengaruhi sifat dan mutu dari beton bertulang yang dihasilkan (Rahmawati et al., 2023).

Dalam proses konstruksi bangunan gedung dikenal istilah mutu beton yang biasa dinyatakan dengan notasi  $k$  ( $\text{Kg/cm}^2$ ) atau  $f'c$  (MPa). Sebagai contoh untuk membangun struktur bangunan berlantai dua disyaratkan menggunakan mutu beton  $K - 250$  atau  $f'c = 20,75$  MPa dimana keduanya memiliki makna bahwa beton yang dibuat memenuhi kekuatan tekan karakteristik lebih besar atau sekurang kurangnya sama dengan  $250 \text{ Kg/cm}^2$ .

Butiran batu pecah yang berbeda-beda dapat mempengaruhi kuat tekan beton yang akan direncanakan. Selain itu juga harus bergradasi sedemikian rupa sehingga masa beton dapat berfungsi sebagai beton yang utuh dan padat, dimana agregat yang butirannya kecil sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang butirannya besar (Isleem et al., 2022). Sifat ini mempunyai pengaruh terhadap perilaku dari beton terhadap kekuatan beton yang sudah mengeras (Zuraidah dan Wiratno, 2007).

Fakta di lapangan masih juga dijumpai mutu beton yang kurang dari  $250 \text{ Kg/cm}^2$  walaupun sudah menggunakan agregat kasar berupa batu pecah (*split*) dan pasir sebagai bahan pembentuk

beton. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih dalam terkait fakta tersebut. Berdasarkan hasil tinjauan ke beberapa lokasi proyek ditemukan perbedaan pasir yang digunakan sebagai bahan pembentuk beton. Ada yang menggunakan pasir cor saja (pasir dengan campuran kerikil di dalamnya) atau lebih umum dikenal dengan sirtu, ada yang menggunakan pasir bersih dengan kombinasi batu pecah serta ada yang menggunakan pasir cor dengan kombinasi batu pecah untuk menghasilkan beton dengan mutu  $K 250$ .

Penelitian ini dilakukan terhadap beberapa perbedaan jenis agregat (material) yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan mutu  $K - 250$ . Lebih lanjut akan dilakukan pemeriksaan sifat fisis material guna mengetahui penyebab spesifik dari tidak tercapainya mutu beton dengan kekuatan tekan  $250 \text{ Kg/cm}^2$ . Diharapkan dengan penelitian ini dapat ditemukan relevansi hubungan penggunaan pasir dan kerikil serta batu pecah terhadap kekuatan tekan beton. Dengan tujuan untuk mengoptimalkan penggunaan agregat pembentuk beton dalam rangka mempermudah aplikasi dilapangan dalam menghasilkan beton dengan kekuatan tekan  $250 \text{ Kg/cm}^2$ .

## KAJIAN PUSTAKA

### Beton

Beton merupakan komponen utama struktur bangunan yang berfungsi sebagai penyokong beban. Perencanaan dalam merencanakan suatu struktur bangunan harus menentukan mutu dari beton yang akan digunakan. Beton sering direkomendasikan sebagai gabungan antara dua unsur material yang berbeda fungsinya yaitu pada semen

sebagai pengikat dan agregat sebagai pengisi sekaligus penguat (Mulyono, 2004).

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen *portland* dan air tanpa tambahan zat aditif (PBI, 1971). Menurut SNI 7656-2012, beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah serta tidak menggunakan bahan tambahan. Belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan *pozzolan*, *fly ash*, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Mulyono, 2004).

### **Material dan Bahan Pembentuk Beton**

Material penyusun beton umumnya terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Semua bahan-bahan tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda bila digunakan sebagai bahan adukan dalam pembuatan beton. Oleh karena itu, perlu diketahui sifat dan karakteristik bahan penyusun beton, agar dalam pelaksanaan tidak terjadi kesalahan pemilihan dan penggunaan material, sehingga dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang direncanakan, (Tjokrodinuljo, 2007).

### **Perawatan Beton**

Menurut Indrayurmansyah (2001), tujuan perawatan adalah untuk memperoleh kekuatan tertentu serta mencapai kekuatan yang disyaratkan setelah beton berumur 28 hari. Pada dasarnya perawatan adalah untuk mencegah proses penguapan air yang cepat selama

terjadinya proses hidrasi antara semen dan air.

## **METODE PENELITIAN**

### **Rancangan Penelitian**

Tahapan penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan, pemeriksaan sifat fisis bahan campuran beton, perencanaan campuran (*mix design*), pembuatan sampel benda uji beton, pengujian *slump*, perawatan beton (*curing*), dan pengujian kuat tekan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim Matangglumpangdua, Kabupaten Bireuen.

### **Material Yang Digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain semen *Portland Composite Cemen (PCC)*, pasir, sirtu, kerikil dan batu pecah. Agregat halus berupa pasir lolos saringan dengan ukuran butiran maksimum sebesar 4,5 mm, sedangkan agregat kasar berupa kerikil dengan ukuran butiran maksimum sebesar 37,5 mm.

Material pasir, sirtu, dan kerikil berasal dari Gampong Sarah Kubu Kecamatan Peusangan Siblih Krueng Kabupaten Bireuen, batu pecah berasal dari PT. Takabea Perkasa Group. Sedangkan air yang digunakan bersumber dari Laboratorium Teknologi Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim.

### **Pembuatan Benda Uji**

Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm. Adapun kombinasi agregat diperlihatkan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Komposisi benda uji

Kombinasi Agregat	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan		
	7	14	28
	Hari	Hari	Hari
Pasir Bersih dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )	4		
Pasir Batu (Sirtu) dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )		4	
Pasir Batu (Sirtu) dan Kerikil			4
Pasir Bersih dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )	4		
Pasir Batu (Sirtu) dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )		4	
Pasir Batu (Sirtu) dan Kerikil			4
Pasir Bersih dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )	4		
Pasir Batu (Sirtu) dan Batu Pecah ( <i>Split</i> )		4	
Pasir Batu (Sirtu) dan Kerikil			4

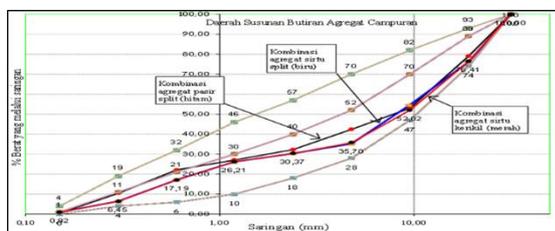
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Modulus kehalusan agregat campuran**

Gradasi agregat campuran diperoleh dari gabungan antara gradasi agregat halus dengan gradasi agregat kasar. Hasil perhitungan modulus kehalusan (*fineness modulus*) agregat campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** *Fineness modulus* agregat campuran

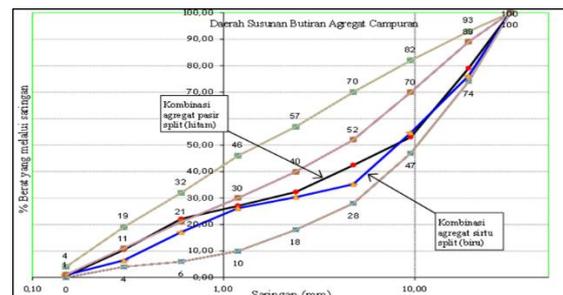
Jenis Agregat	Nilai <i>Fineness Modulus</i> Kombinasi Agregat Campuran		
Sirtu Kerikil	5,559	-	-
Pasir <i>Split</i>	-	5,353	-
Sirtu <i>Split</i>	-	-	5,543



**Gambar 1** Grafik daerah susunan butiran agregat campuran untuk semua kombinasi agregat

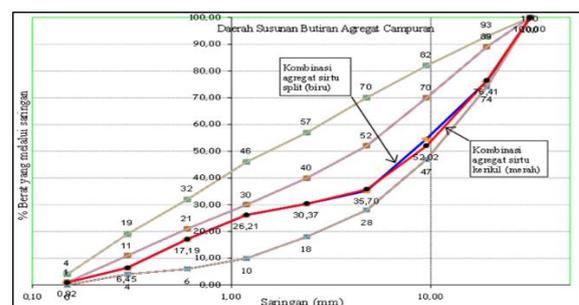
Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa daerah susunan butiran kombinasi agregat campuran

pasir split masih menyentuh batas daerah gradasi 2. Daerah susunan butiran kombinasi agregat campuran sirtu *split* dan sirtu kerikil seluruhnya berada dalam daerah gradasi 3. Secara gradasi kombinasi agregat campuran sirtu *split* dan sirtu kerikil lebih baik dari kombinasi agregat campuran pasir *split*.



**Gambar 2.** Grafik daerah susunan butiran kombinasi agregat campuran pasir *split* dan sirtu *split*

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa grafik gradasi kombinasi agregat campuran pasir *split* khususnya saringan 0,6 mm dan 0,3 mm masih menyentuh batas daerah gradasi 2. Untuk grafik gradasi kombinasi agregat campuran sirtu split susunan butiran agregat campuran sepenuhnya berada di wilayah gradasi 3. Sedangkan pada Gambar 3 terlihat bahwa grafik gradasi kombinasi agregat campuran sirtu *split* dan sirtu kerikil sepenuhnya berada di wilayah gradasi 3.



**Gambar 3** Grafik susunan butiran kombinasi agregat campuran Sirtu kerikil dan sirtu *split*

### Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengukuran berat jenis dan absorpsi yang diperoleh untuk semua agregat diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perhitungan berat jenis dan absorpsi

Agregat Campuran	Sifat Fisik Agregat	Jenis Agregat			
		<i>Split</i>	Kerikil	Sirtu	Pasir
Sirtu Kerikil	Bj SSD	-	2,561	2,524	-
	Bj OD	-	2,519	2,459	-
	Absorpsi	-	2,086	2,620	-
Pasir <i>Split</i>	Bj SSD	2,561	-	-	2,513
	Bj OD	2,507	-	-	2,433
	Absorpsi	2,175	-	-	3,297
Sirtu <i>Split</i>	Bj SSD	2,561	-	2,524	-
	Bj OD	2,507	-	2,459	-
	Absorpsi	2,175	-	2,620	-

### Berat Volume

Berat volume agregat adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan volume yang ditempatinya. Hal ini dapat digunakan untuk mempermudah perhitungan campuran beton bila dilakukan penimbangan agregat dengan ukuran agregat. Hasil pemeriksaan berat volume rata-rata untuk semua jenis agregat diperlihatkan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Perhitungan berat volume agregat

Jenis Agregat	Berat Volume ( <i>Bulk Density</i> )		
	Sirtu Kerikil	Pasir <i>Split</i>	Sirtu <i>Split</i>
<i>Split (Coarse Aggregate)</i>	-	1,526	1,526
<i>Kerikil (Coarse Aggregate)</i>	1,555	-	-
<i>Sirtu (Coarse Aggregate)</i>	1,585	-	1,585

Jenis Agregat	Berat Volume ( <i>Bulk Density</i> )		
	Sirtu Kerikil	Pasir <i>Split</i>	Sirtu <i>Split</i>
Pasir ( <i>Fine Aggregate</i> )	-	1,534	-

### Pengujian Slump

Data hasil pengujian slump untuk semua beton segar untuk semua kombinasi agregat ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Pengujian slump

Jenis Agregat	Nilai Slump
Kombinasi Sirtu Kerikil	12
Kombinasi Pasir <i>Split</i>	11
Kombinasi Sirtu <i>Split</i>	11

### Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilakukan berdasarkan *American Concrete Institute* (ACI) 211.1-91. Hasil perhitungan komposisi campuran untuk 1 m<sup>3</sup> beton yang dihitung berdasarkan berat volume beton ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Komposisi 1 m<sup>3</sup> campuran beton

Material	Komposisi Campuran K - 250			
	Berat	Satuan	Rasio Berat	Rasio Volume
Air	186,76	Kg	0,5	0,65
Semen Portland	373,52	Kg	1,0	1,0
Agregat kasar ( <i>Coarse Aggregate</i> )	1101,19	Kg	2,9	2,51
Agregat halus ( <i>Fine</i> )	734,13	Kg	2,0	1,66

Komposisi Campuran K - 250				
Material	Berat	Satuan	Rasio Berat	Rasio Volume
<i>Agregate)</i>				
FAS (Faktor Air Semen)			0,50	

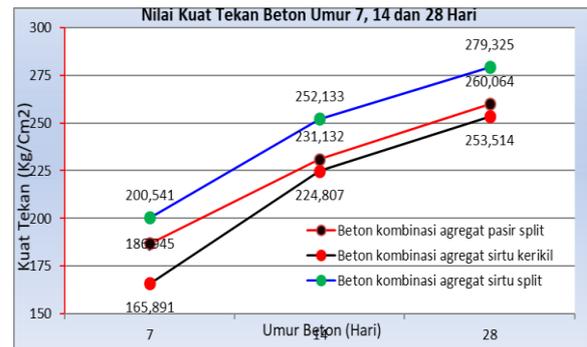
### Pengujian Kuat Tekan

Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk kedua sumber agregat diperlihatkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Pengujian kuat tekan beton

Keterangan	Nilai Kuat Tekan	
	Kg/Cm <sup>2</sup>	MPa
Beton kombinasi agregat pasir <i>split</i> umur 7 hari	186,945	15,516
Beton kombinasi agregat sirtu <i>split</i> umur 7 hari	200,541	16,645
Beton kombinasi agregat sirtu kerikil umur 7 hari	165,891	13,769
Beton kombinasi agregat pasir <i>split</i> umur 14 hari	231,132	19,184
Beton kombinasi agregat sirtu <i>split</i> umur 14 hari	252,133	20,927
Beton kombinasi agregat sirtu kerikil umur 14 hari	224,807	18,659
Beton kombinasi agregat pasir <i>split</i> umur 28 hari	260,064	21,585
Beton kombinasi agregat sirtu <i>split</i> umur 28 hari	279,325	23,184
Beton kombinasi agregat sirtu kerikil umur 28 hari	253,514	21,042

Dari hasil pengujian kuat tekan beton karakteristik dapat dikatakan bahwa nilai kuat tekan beton yang menggunakan kombinasi agregat sirtu *split* yang secara keseluruhan lebih baik dari kuat tekan beton kombinasi agregat pasir *split* dan sirtu kerikil.



**Gambar 3.** Grafik perbandingan kuat tekan berdasarkan umur pengujian

Berdasarkan grafik nilai pengujian kuat tekan beton seperti pada Gambar 3. dapat terlihat adanya perbedaan hasil pengujian kuat tekan akibat penggunaan kombinasi agregat, lebih detail juga dapat dilihat dari beda umur pengujian yang dilakukan.

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan kombinasi agregat sirtu *split* pada umur 7 hari memiliki persentase kekuatan yang lebih besar dari beton dengan penggunaan kombinasi agregat pasir *split* dan sirtu kerikil yaitu sebesar 6,780% dan 17,278%.

Hal yang sama juga terjadi pada hasil pengujian beton umur 14 hari dan 28 hari dimana hasil pengujian kuat tekan beton kombinasi agregat sirtu *split* lebih tinggi 8,329% dan 10,838% dari nilai kuat tekan beton kombinasi agregat pasir *split* dan sirtu kerikil. Begitu pula dengan umur pengujian kuat tekan beton 28 hari, beton kombinasi agregat sirtu *split* memiliki persentase kekuatan yang lebih besar dari beton dengan penggunaan kombinasi agregat pasir *split* dan sirtu kerikil yaitu sebesar 6,896% dan 9,240%.

Secara umum kekuatan beton sangat bergantung dari penggunaan nilai FAS dan

kualitas material yang digunakan, salah satunya adalah agregat. Gradasi agregat yang digunakan berpengaruh terhadap kuat tekan yang dihasilkan. Gradasi agregat yang menerus (dalam daerah 3) menyediakan ukuran butiran yang beragam sehingga agregat akan saling mengisi dan mengunci. Hal ini menyebabkan beton semakin padat dan kuat.

Apabila material agregat pembentuk beton memiliki berat jenis yang lebih tinggi kemungkinan memiliki struktur butiran yang lebih padat dan kuat serta tidak berpori sehingga dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi pula. Berdasarkan pengamatan juga terlihat bahwa kontur permukaan dari agregat *split* lebih kasar dan bersudut sehingga dapat meningkatkan daya lekat agregat terhadap pasta semen. Hal sebaliknya terjadi pada agregat kerikil dimana memiliki kontur permukaan yang sedikit lebih licin yang tentunya mengakibatkan daya lekat agregat dan pasta semen menjadi lebih lemah.

Agregat dengan nilai berat volume yang lebih tinggi, menghasilkan beton yang mengandung spasi yang lebih sedikit yang pada akhirnya menghasilkan kuat tekan beton yang lebih baik, karena beton yang dihasilkan akan lebih padat dan kompak yang pada akhirnya akan mempengaruhi nilai kuat tekan beton.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

- 1) Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sirtu (pasir batu) dan kerikil sebagai agregat pembentuk beton dapat

menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 250 Kg/cm<sup>2</sup>.

- 2) Nilai kekuatan tekan beton dengan kombinasi agregat pasir *split* pada umur pengujian 7, 14 dan 28 hari berturut turut adalah 186,945 Kg/cm<sup>2</sup>, 231,132 Kg/cm<sup>2</sup> dan 260,064 Kg/cm<sup>2</sup>. Beton dengan kombinasi agregat sirtu *split* adalah 200,541 Kg/cm<sup>2</sup>, 252,133 Kg/cm<sup>2</sup> dan 279,325 Kg/cm<sup>2</sup>. Beton dengan kombinasi agregat sirtu kerikil adalah 165,891 Kg/cm<sup>2</sup>, 224,807 Kg/cm<sup>2</sup> dan 253,514 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 3) Agregat campuran yang paling optimal digunakan untuk dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan 250 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari adalah kombinasi agregat sirtu (pasir batu) dan *split*.
- 4) Nilai *slump* adukan beton untuk kombinasi agregat pasir *split*, sirtu *split* dan sirtu kerikil berturut turut adalah 11, 12 dan 12 cm.

### Saran

Penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan dengan memperhatikan beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Disarankan untuk peneliti yang hendak melakukan penelitian dengan tema agregat yang berbeda agar melakukan penelitian dengan menambah variabel pengujian berupa pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
- 2) Untuk peneliti dengan teman agregat yang berbeda agar melakukan penelitian

lanjutan dengan menambah variabel pengujian berupa nilai FAS beton.

- 3) Untuk penelitian dengan tema yang sama hendaknya lebih teliti dalam menakar bahan-bahan yang digunakan pada saat pemeriksaan sifat fisis material untuk meminimalkan faktor kesalahan manusia (*human error*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. (2019). Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Indrayurmansyah, 2001, Pentingnya perawatan beton untuk mencapai nilai Kekuatan, Jurnal R & B. Volume 1 Nomor 2. September 2001, Politeknik Negeri Padang.
- Isleem, H. F., Jagadesh, P., Qaidi, S., Althoey, F., Rahmawati, C., & Hadee Mohammed Najm, Mohanad Muayad, S. (2022). Finite element and theoretical investigations on PVC–CFRP confined concrete columns under axial compression. *Frontiers in Materials*, 9, 1055397.
- Mulyono, Tri., 2004, Teknologi Beton, Penerbit Andi Yogyakarta.
- PBI NI-2 (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departmen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Rahmawati, C., Handayani, L., Muhtadin, M., Faisal, M., Zardi, M., Sapuan, S. M., Hadi, A. E., Ahmad, J., & Isleem, H. F. (2023). Optimization of Mortar Compressive Strength Prepared with Waste Glass Aggregate and Coir Fiber Addition Using Response Surface Methodology. *Journal of Renewable Materials*, 11(10), 3751–3767.
- SNI 7656-2012: Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa, BSNI, Jakarta
- Tjokrodinuljo, K., (2007), Teknologi Beton, KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Zuraidah, S., & Wiratno, H. (2007). Pengaruh Gradasi Butiran Batu Pecah Terhadap Kekuatan Beton.