

KETAHANAN BETON AGREGAT *RECYCLE* TERHADAP LAMA PERENDAMAN AIR LAUT

Lusman Sulaiman¹, Rinto Suppa², Ni kadek Indriani³, Sari Wahyuni⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andi Djemma Palopo

Email: sulaimanlusman@gmail.com

² Program Studi Teknik Informatika, Universitas Andi Djemma Palopo

Email: rintosuppa@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andi Djemma Palopo

Email: nkadekin@gmail.com

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andi Djemma Palopo

Email: sariwahyuni@gmail.com

Masuk:06-09-2020, revisi: 11-10-2020, diterima untuk diterbitkan: 31-10-2020

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ketahanan tekan Beton Agregat Recycle (BAR) terhadap lama rendaman air laut hingga tiga bulan. Sebanyak 18 benda uji silinder diameter 150 mm dan panjang 300 mm diproduksi dari dua jenis campuran yaitu Beton Agregat Normal (BAN) sebagai control beton dan Beton BAR. Jenis pertama beton agregat normal (BAN) adalah beton normal terdiri atas campuran semen portland, normal agregat kasar (NAK), pasir sungai dan air tawar. Adapun jenis kedua (BAR) adalah beton recycle aggregate yang terdiri dari campuran semen Portland, recycle agregat kasar (RAK), pasir sungai dan air tawar. Adapun rencana target kuat tekan beton benda uji adalah sebesar 250 kg/cm² dengan nilai faktor air semen (fas) sebesar 0.45. Benda uji yang telah dibentuk kemudian dilakukan proses perendaman langsung pada air laut dengan variasi rendaman mulai 28, 56 dan 90 hari. Tiba saat waktu pengujian, benda uji dikeluarkan dari tempat rendaman dan selanjutnya diangin-anginkan untuk beberapa saat hingga material mengalami kering permukaan. Selanjutnya, pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin kompresi tes sesuai prosedur SNI 1947:2011. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa ketahanan beton cukup berpengaruh terhadap lama rendaman air laut dalam hal kekuatan tekannya pada umur 90 hari.

Kata kunci: Beton *Recycle* Agregat; Kekuatan Tekan; Rendaman Air Laut

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the compressive resistance of the Recycled Aggregate Concrete (RAC) against seawater immersion for up to three months. A total of 18 cylinder specimens with a diameter of 150 mm and a length of 300 mm were produced from two types of mixtures namely Normal Aggregate Concrete (NAC) as control concrete and RAC. The first type of NAC is normal concrete consisting of a mixture of Portland cement, normal coarse aggregate (NCA), river sand, and freshwater. The second type of RAC is a recycle aggregate concrete consisting of a mixture of Portland cement, coarse aggregate recycled (CAR), river sand, and freshwater. The planned concrete compressive strength of the specimen is 250 kg / cm² with a cement water factor value of 0.45. The specimens that have been formed were then carried out the process of soaking directly in seawater with a variety of immersion starting 28, 56, and 90 days. Arriving at the test time, the test specimen was removed from the immersion site and then aerated for a while until the material had dried surface. Furthermore, compressive strength testing is performed using a compression test machine according to SNI 1947: 2011 procedures. The test results show that the resistance of concrete was quite influential on the duration of seawater immersion in terms of its compressive strength at the age of 90 days

Keywords: *Recycled Aggregate Concrete; Compressive Strength; Sea Water Immersion*

1. PENDAHULUAN

Saat ini, konstruksi bangunan yang kecenderungannya mengarah ke wilayah pantai menjadi tantangan tersendiri bagi para insinyur dan ilmuwan untuk mencari alternative lebih mudah dan kualitas yang baik untuk dijadikan bahan bangunan. Seperti diketahui, material penyusun beton yang salah satunya terdiri atas agregat kasar yang semakin hari semakin sulit di jumpai terlebih daerah pantai. Selain itu biaya mobilisasi yang cukup sulit dijangkau mengakibatkan biaya konstruksi lebih besar. Sebaliknya jumlah limbah buangan konstruksi dan industry beton semakin hari semakin banyak hingga berjuta kubik ton dalam setahun (Xu, 2014). Oleh karena itu, sangat penting untuk dipikirkan bagaimana pemanfaatan kembali bahan buangan beton seperti reruntuhan bangunan dan sampel uji yang tidak digunakan lagi untuk dijadikan sebagai pengganti sebagian atau seluruh material agregat kasar. Sehingga selain dapat mengurangi biaya konstruksi juga dapat menjaga keberlanjutan sumber agregat sebagai dasar pembuatan beton serta mengurangi dampak kerusakan lingkungan akibat limbah buangan tersebut (McNeil & Kang, 2013).

Untuk menciptakan material yang resisten terhadap serangan klorida, baik secara langsung maupun tak langsung terpapar air laut menjadi hal utama dalam konstruksi bangunan di daerah pantai. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui kemampuan material bangunan dalam hal ini karakteristik kuat tekannya. Ditambah ketika bangunan tersebut terpapar langsung oleh air laut selama rentang waktu yang lama. Dimana, konstituen air laut seperti ion-ion klorida dan natrium dapat mereduksi durabilitas struktur bangunan beton dalam waktu yang tidak lama (Zhu & Tian, 2014).

Selain itu, untuk membuat suatu bangunan yang ramah lingkungan berbagai penelitian telah dilakukan salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah sisa atau buangan konstruksi struktur bangunan beton yang telah habis masa layanan. *Coarse Aggregate Recycle (CAR)/Recycle Agregat Kasar (RAK)* adalah contoh pemanfaatan bagian sisa beton yang didaur ulang dengan cara memisahkan mortar dan agregat kasarnya. Dengan adanya campuran RAK ini, Material baru dan berkelanjutan dapat dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan yang dikenal dengan Beton Agregat Recycle (BAR)/*Recycle Aggregate Concrete (RAC)*. Lebih lanjut sifat propertis memberikan gambaran yang setara dengan dengan beton normal umumnya baik sifat mekanik maupun fisiknya sehingga layak untuk dijadikan material konstruksi bangunan (Zhu & Zhang, 2014).

Beberapa literatur telah mengemukakan bahwa BAR dapat digunakan sebagai pengganti Beton Agregat Normal (BAN)/*Normal Aggregate Concrete(NAC)* untuk konstruksi material struktural. Penelitian yang dilakukan oleh Malešev et al., (2010) memperlihatkan bahwa BAR memiliki performa cukup baik, yang tidak berbeda dengan BAN. Hal ini dilihat dari perilaku kedua material (BAR & BAN) dari segi *work ability* dan kuat tekan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan. Lebih lanjut, Studi yang dilakukan oleh Ahmad Zaidi, (2009) mengenai penilaian BAR bahwa penggunaan ukuran butiran 10 dan 14 mm RAK memiliki performa serupa dengan NAK dengan ukuran butiran yang sama.

Struktur bangunan beton yang terendam dalam air laut mengalami percepatan reaksi kimia, yaitu adanya serangan sulfat karena adanya reaksi awal dengan *calcium hydroxide* (Ca(OH)_2) (Malešev et al., 2010). Jika hal ini berlangsung dalam waktu yang lama, maka akan terjadi korosi pada besi tulangan dan juga menjadikan material beton mengalami kerusakan dan penurunan kekuatan. Namun, Akhir-akhir ini air laut dijadikan media perawatan dan pencampuran dalam pembuatan beton (Abdel-Magid et al., 2016; Malešev et al., 2010). Menurut peneliti Yue et al., (2013) mengungkapkan bahwa penurunan sifat mekanik BAR bukan karena perendaman air laut, akan tetapi sifat serap air RAK yang cukup tinggi. Seperti

diketahui bahwa RAK memiliki mortar lama yang masih melekat sehingga dimungkinkan dapat menyerap air lebih banyak dibandingkan Normal Agregat Kasar (NAK)/*Normal Aggregate Concrete (NAC)* (Kencanawati et al., 2015; Pavlů et al., 2016; Pavlů & Šefflová, 2016)

Dari penjelasan di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan dan ketahanan material BAR yang mengalami kondisi perendaman air laut secara langsung hingga maksimal 90 hari dengan nilai fas sebesar 0.45. Adapun target kuat beton adalah sebesar 250 kg/cm². Kemudian hasil pengujian terhadap kuat tekan BAR dibandingkan dengan BAN sebagai pengontrol pengujian benda uji.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Semen OPC

Tipe semen yang digunakan adalah Jenis I-ASTM atau dikenal dengan *ordinary portland cement (OPC)* yang komposisi kimia dan sifat fisiknya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakter fisik dan mekanik agregat

No.	Komposisi Kimia dan Fisik	Pasir Sungai
1	C ₃ S (%)	50
2	C ₂ S(%)	25
3	C ₃ A (%)	12
4	C ₄ AF (%)	8
5	CSH ₂ (%)	8
6	Kehalusan (m ² /Kg)	350
7	Kuat Tekan (1 hari, MPa)	7
8	Panas hidrasi (7 hari,J/g)	330

2.2. Agregat Kasar dan Halus

Penelitian ini menggunakan dua jenis campuran agregat yaitu agregat kasar dan halus dimana normal/natural agregat kasar (NAK) dan agregat halus pasir bersumber dari sungai serta *recycle* agregat kasar (RAK) dari sisa hasil uji kuat tekan sampel silinder di laboratorium. Pengolahan limbah beton menjadi material RAK sebagai campuran seluruh agregat kasar memiliki memiliki gradasi maksimum 25 mm, sedangkan material pasir sebesar maksimum 4.75 mm.

Proses pembuatan material baru RAK dilakukan dengan memisahkan mortar dan agregat kasarnya yang kemudian dilakukan penyaringan dan penyortiran hingga mendapatkan nilai gradasi yang ditentukan. Sebelum dilakukan desain campuran, analisis karakteristik fisik dan mekanik terhadap agregat *recycle* kasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Karakter fisik dan mekanik agregat

Karakter Fisik dan Mekanik Agregat	Agregat <i>Recycle</i>	Pasir Sungai
Berat jenis spesifik (kering oven)	2.55	2.60
Berat Jenis spesifik (SSD)	2.66	2.66
Berat Jenis spesifik (<i>apparent</i>)	2.49	2.78
Persen Penyerapan (%)	2.49	1.63
Persen keausan (%)	23.66	-
Modulus kekasaran (%)	3.71	2.86

2.3. Air Pencampuran dan Perawatan

Dua jenis air yang digunakan pada penelitian ini yaitu air tawar (AT) sebagai air pencampuran dalam pembuatan benda uji dan air laut (AL) sebagai media perawatan terhadap keseluruhan benda uji yang secara langsung dilakukan di laut dengan kadar garam sekitar 3.5%.

2.4. Desain campuran benda uji

Proses desain campuran dalam pembuatan benda uji mengacu pada metode DOE dan kondisi di lapangan. Material yang digunakan pada desain campuran material adalah berdasarkan sifat-sifat hasil pengujian yang telah dilakukan. Ukuran benda uji kemudian dibentuk dari beton segar dengan ukuran silinder berdiameter 150 x 300 mm dan faktor air semen rencana sebesar 0.45. Target rencana kuat tekan pada variasi umur perawatan adalah sebesar 250 kg/cm² serta nilai *slump* beton segar ± 120 mm.

Dua kategori spesimen beton disiapkan dengan menggunakan 100% agregat *recycle* kasar yaitu pertama: semen, pasir, agregat *recycle* kasar dan air tawar (BAR), kedua: semen, pasir, agregat *normal* kasar dan air tawar (BAN) sebagai kontrol beton Tabel 3 memperlihatkan proporsi campuran untuk setiap satu benda uji silinder dalam pembuatan BAR dan BAN. Material campuran dalam pembuatan beton yang telah terbentuk menghasilkan beton segar dan dicetak pada *mold* silinder hingga mengalami pengerasan. Setelah mengalami perendaman 28, 56, dan 90 hari maka benda uji kemudian dikeluarkan dalam rendaman air laut dan selanjutnya diletakkan pada ruangan terbuka hingga siap untuk dilakukan pengujian. Perlakuan yang diberikan dari total 18 benda uji selama masa perawatan tidak lepas dari prosesnya sesuai dengan yang ada di lapangan. Detail benda uji dapat diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 2 Komposisi desain campuran beton

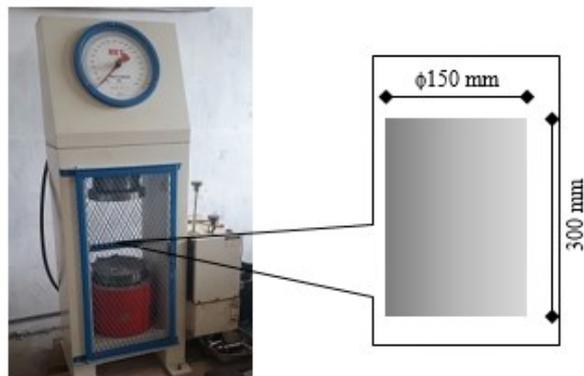
Jenis cetakan	Semen (kg)	Pasir (kg)	Agregat <i>recycle</i> kasar (kg)	Air (kg)
Silinder	5.45	7.75	14.82	2.45

Tabel 3 Detail program pengujian laboratorium

Kategori	Material penyusun	Kuat tekan rencana (Kg/cm ²)	Rasio w/c	Sampel (buah)	Waktu perendaman (hari)	Media perendaman
BAR	Semen tipe I	250	0.45	3	28	Air Laut
	Pasir Sungai			3	56	
	<i>Recycle</i> Agregat Kasar					
	Air Tawar					
BAN	Semen tipe I	250	0.45	3	28	Air Laut
	Pasir Sungai			3	56	
	Agregat Normal Kasar					
	Air Tawar					

2.5. Rancangan pengujian

Pengujian kuat tekan (f'_c) benda uji silinder beton dilakukan dengan menggunakan alat compression test atau alat uji kuat tekan dan detail spesimen uji seperti terlihat pada Gambar 1. Kapasitas alat yang akan digunakan pada penelitian ini dapat mencapai beban tekan hingga 50 MPa dan kecepatan secara berkesinambungan rata-rata sebesar 0.14 - 0.34 MPa/detik. Setiap hasil pengujian, tiga spesimen diuji untuk mendapatkan suatu nilai rata-rata. Keseluruhan prosedur pengujian mengacu pada SNI 1947:2011.



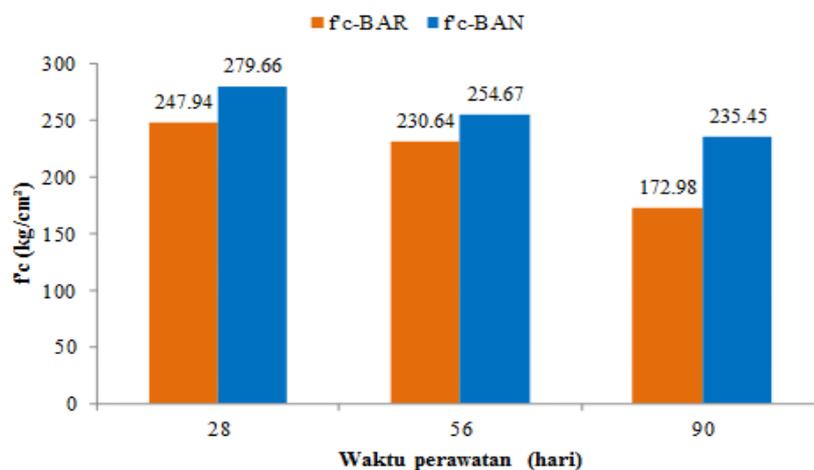
Gambar 1 Mesin kuat tekan dan spesimen

Untuk menentukan besarnya kuat tekan (σ) yang terjadi pada setiap spesimen uji, maka digunakan persamaan matematis dimana nilai kuat tekan berbanding dengan beban (P) dibagi luas penampang (A) seperti pada pers. 1.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kuat tekan BAR dan BAN

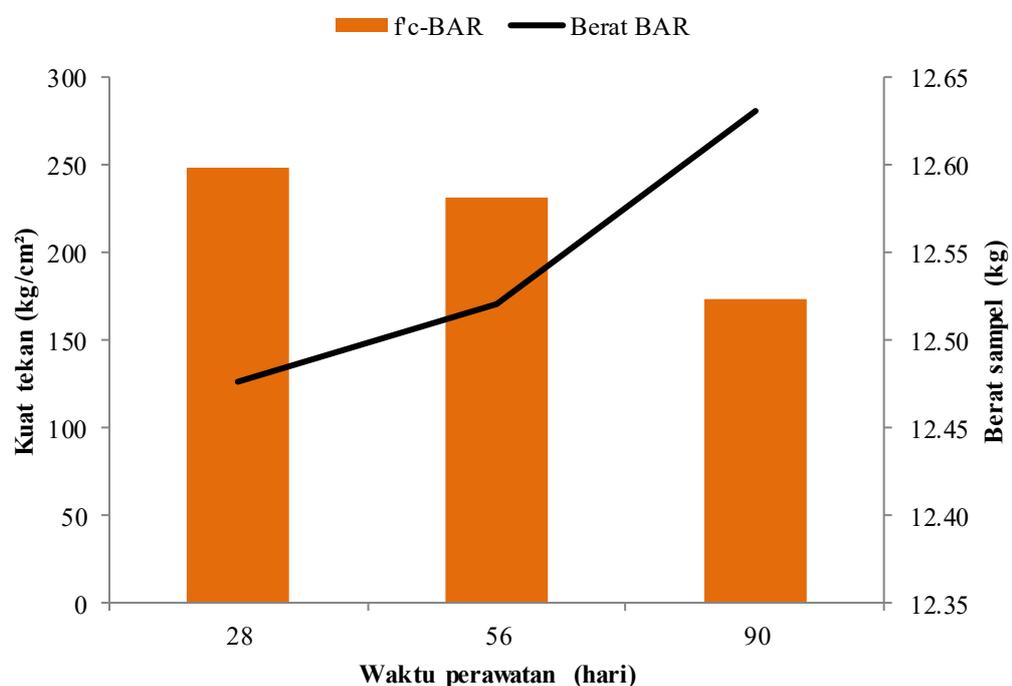


Gambar 2 Hubungan kuat tekan BAR dan BAN terhadap lama waktu perawatan

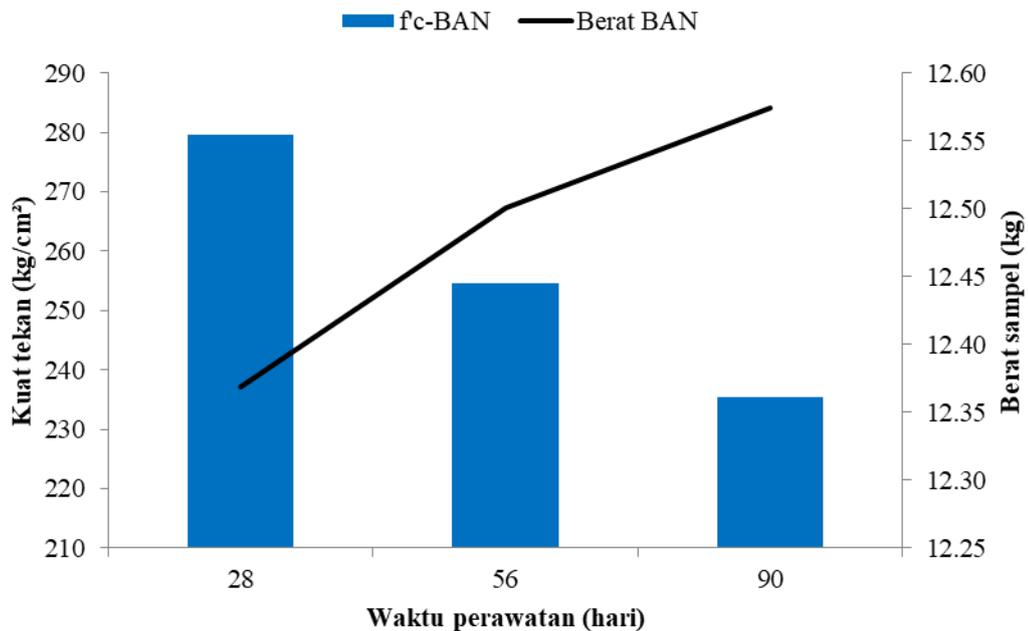
Dari pengujian kuat tekan di laboratorium dengan menggunakan *compression machine test*, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2. Hubungan antara kuat tekan dan lama waktu perawatan dengan menggunakan air laut memperlihatkan semakin lama waktu perendaman maka kuat tekan akan semakin menurun. Total 18 sampel uji yang terdiri dari 9 BAR dan 9 BAN. Pada umur 28 hari, beton BAR memiliki nilai kuat tekan sebesar 247.94 kg/cm² sedangkan beton BAN sebesar 279.66 kg/cm² dan pada umur 56 hari nilai kuat tekan beton BAR mengalami penurunan dan beton BAN mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 230.64 kg/cm² dan 254.67 kg/cm². Perawatan hingga umur 90 hari memperlihatkan bahwa kekuatan tekannya terus mengalami penurunan baik beton BAR sebesar 172.98 kg/cm² maupun beton BAN sebesar 235.45 kg/cm².

Berdasarkan hasil pengujian tersebut bahwa air laut sebagai media perendaman memiliki peran penting dalam penurunan kuat tekan beton baik BAR maupun BAN. Walaupun demikian, beton BAN dibandingkan dengan BAR dari sisi kekuatan pada umur 28, 56, dan 90 hari lebih besar berturut-turut sebesar 12.79 %, 10.41 % dan 36.11 %. Selain itu, target rencana kuat tekan 250 kg/cm² tercapai untuk campuran beton BAN pada umur perawatan 28 dan 56 hari, sedangkan umur 90 hari masih dibawah target kuat tekan rencana. Campuran beton BAR mulai dari umur 28 hingga 90 hari setelah masa rendaman masih dibawah target rencana. Penurunan kekuatan tersebut diyakini oleh karena adanya reaksi kimia air laut pada beton yang utamanya adalah serangan *magnesium sulphate* (MgSO₄) (Abdel-Magid et al., 2016). Terkhusus pada campuran beton BAR memperlihatkan cukup rendahnya dari rencana kuat tekan yakni sebesar 30.8% dimana hal ini bukan hanya disebabkan oleh konstituen air laut tetapi juga masih adanya mortar lama yang melekat pada agregat kasarnya. Menurut (Yue et al., 2013) bahwa mikrostruktur beton RAK yang mengalami rendaman air laut lebih tipis dan cenderung lebih rapuh seiring bertambahnya agregat substitusi *recycle* kasar.

3.2. Hubungan antara Kuat Tekan dan Massa Sampel



Gambar 3 Kuat tekan BAR, waktu perawatan dan massa sampel uji



Gambar 4 Kuat tekan BAN, waktu perawatan dan massa sampel uji

Gambar 3 memperlihatkan hasil pengujian kuat tekan BAR dengan variasi umur 28, 56 dan 90 hari perendaman air laut dan berat sampel uji. Pada umur 28 hari massa benda uji sebesar 12.48 kg kemudian mengalami peningkatan massa pada umur 56 dan 90 hari berturut-turut sebesar 12.52 dan 12.63 kg. Akan tetapi penurunan kekuatan tekan beton BAR terjadi seiring waktu perendaman air laut

Selama masa perendaman air laut, massa sampel uji mengalami peningkatan massa yang berbanding terbalik dengan kuat tekan dimana semakin besar massa sampel uji maka semakin rendah kuat tekannya. Hal ini disebabkan oleh karena selama perendaman, penetrasi air laut ke dalam matriks beton menimbulkan reaksi kimia yang mengakibatkan mudah retaknya beton BAR saat mengalami beban tekan. Begitu pula halnya dengan pengujian beton BAN baik dari sisi kekuatan tekan dan massa sampel dimana cukup dipengaruhi oleh air laut. Garam-garam berupa NaCl dalam beton menambah massa setiap sampel uji seiring dengan bertambahnya lama rendaman air laut hingga 90 hari.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini memberikan tiga kesimpulan:

1. Hubungan antara kuat tekan dan lama waktu perawatan dengan menggunakan air laut memperlihatkan semakin lama waktu perendaman maka kuat tekan akan semakin menurun. Total 18 sampel uji yang terdiri dari 9 BAR dan 9 BAN. Pada umur 28 hari, beton BAR memiliki nilai kuat tekan sebesar 247.94 kg/cm² sedangkan beton BAN sebesar 279.66 kg/cm² dan pada umur 56 hari nilai kuat tekan beton BAR mengalami penurunan dan beton BAN mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 230.64 kg/cm² dan 254.67 kg/cm². Perawatan hingga umur 90 hari memperlihatkan bahwa kekuatannya terus mengalami penurunan baik beton BAR sebesar 172.98 kg/cm² maupun beton BAN sebesar 235.45 kg/cm².
2. Berdasarkan hasil pengujian tersebut bahwa air laut sebagai media perendaman memiliki peran penting dalam penurunan kuat tekan beton baik BAR maupun BAN. Walaupun demikian, beton BAN dibandingkan dengan BAR dari sisi kekuatan pada umur 28, 56, dan

90 hari lebih besar berturut-turut sebesar 12.79 %, 10.41 % dan 36.11 %. Selain itu, target rencana kuat tekan 250 kg/cm² tercapai untuk campuran beton BAN pada umur perawatan 28 dan 56 hari, sedangkan umur 90 hari masih dibawah target kuat tekan rencana. Campuran beton BAR mulai dari umur 28 hingga 90 hari setelah masa rendaman masih dibawah target rencana.

5. PENGAKUAN

Melalui tulisan ini, tak lupa penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti karena telah bersedia mendanai penelitian ini dalam bentuk hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun anggaran 2018 yang dilaksanakan pada 2019. Selain itu, ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andi Djemma Palopo yang telah berkenan menerima penulis dalam melakukan uji Laboratorium di tempat tersebut.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Magid, T. I., Osman, O. M., Ibrahim, O. H., Mohammed, R. T., Hassan, S. O., & Bakkab, A. A. H. (2016). Influence of Seawater in Strengths of Concrete Mix Design when Used in Mixing and Curing. *Key Engineering Materials*, 711, 382–389. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.711.382>
- Ahmad Zaidi, A. M. (2009). ASSESSMENT OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE. *Modern Applied Science*, 3(10). <https://doi.org/10.5539/mas.v3n10p47>
- Kencanawati, N. N., Fajrin, J., Anshari, B., Akmaluddin, & Shigeishi, M. (2015). Evaluation of High Grade Recycled Coarse Aggregate Concrete Quality Using Non-Destructive Testing Technique. *Applied Mechanics and Materials*, 776, 53–58. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.776.53>
- Malešev, M., Radonjanin, V., & Marinković, S. (2010). Recycled Concrete as Aggregate for Structural Concrete Production. *Sustainability*, 2(5), 1204–1225. <https://doi.org/10.3390/su2051204>
- McNeil, K., & Kang, T. H.-K. (2013). Recycled Concrete Aggregates: A Review. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 7(1), 61–69. <https://doi.org/10.1007/s40069-013-0032-5>
- Pavlů, T., & Šefflová, M. (2016). Carbonation Resistance of Fine Aggregate Concrete with Partial Replacement of Cement. *Key Engineering Materials*, 722, 201–206. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.722.201>
- Pavlů, T., Šefflová, M., & Hujer, V. (2016). The Properties of Fine-Aggregate Concrete with Recycled Cement Powder. *Key Engineering Materials*, 677, 292–297. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.677.292>

Xu, F. (2014). Literature Review of Recycled Concrete Aggregate. *Applied Mechanics and Materials*, 638–640, 1162–1165. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.638-640.1162>

Yue, P., Tan, Z., & Guo, Z. (2013). Microstructure and Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concrete in Seawater Environment. *The Scientific World Journal*, 2013, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2013/306714>

Zhu, P. H., & Tian, B. (2014). Review on Chloride Penetration of Recycled Aggregate Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 665, 143–146. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.665.143>

Zhu, P. H., & Zhang, X. X. (2014). Mechanical Properties and Permeability of Previous Color Recycled Aggregate Concrete. *Applied Mechanics and Materials*, 665, 221–224. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.665.221>