

Pengaruh Penggunaan Air Sumur Merauke Sebagai Bahan Campur Beton Normal

Ama Irja Penu¹, Budi Doloksaribu^{1*}, Dina Limbong Pamuttu¹

¹Teknik Sipil, Universitas Musamus
Merauke, Indonesia

*Correspondent Author: budi@unmus.ac.id

Abstrak - Perkembangan zaman yang sangat pesat, memicu banyaknya kemajuan dibidang struktur saat ini misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan lain sebagainya. Beton adalah salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan air sumur di wilayah Kota Merauke sebagai campuran beton terhadap kuat tekan beton normal pada berbagai umur beton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dilaboratorium, yaitu merancang proporsi campuran beton dengan metode SNI-03-2834-2000 dan campuran beton yang akan dibuat adalah beton normal. Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan air sumur Merauke dapat disimpulkan, bahwa nilai kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan kuat tekan rencana 20 MPa dan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan kuat tekan sekurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum adalah air sumur lab. Teknik Sipil, air layak minum (AQLAA), benda uji sumur 8 dan benda uji sumur 9 dengan nilai kuat tekan sebesar 20,36 MPa, 20,36 MPa 19,61 MPa dan 21,12 MPa. Benda uji 1 sampai benda uji 7 memiliki nilai kuat tekan lebih kecil dari kuat tekan rencana 20 MPa dan syarat minimal 90% nilai kuat tekan air layak diminum sehingga berdasarkan persyaratan tidak dapat digunakan.

Kata kunci : Air sumur, air layak minum, kuat tekan

Abstract - The development of the times is very rapid, triggering many advances in the field of current structures such as buildings, bridges, towers, and so on. Concrete is one option as a structural material in building construction. Concrete has advantages compared to other materials. The aim of this research is to determine the effect of using well water in the Merauke city area as a mixture for normal concrete on the compressive strength of normal concrete at various ages. The research method used is an experimental method in the laboratory, namely designing the proportion of concrete mixture with the SNI-03-2834-2000 method and the concrete mixture to be made is normal concrete. From the test results and discussion of the effect of using Merauke well water, it can be concluded that the compressive strength value of concrete that meets the compressive strength requirements of the plan is 20 MPa and non-potable water must have a compressive strength strength of at least equal to 90% of the strength of the test specimen made with drinkable water is well water lab. Civil Engineering, drinkable water (AQLAA), test object 8 and well 9 test specimens with compressive strength values of 20.36 MPa, 20.36 MPa, 19.61 MPa and 21.12 MPa. Test specimens 1 to 7 have a compressive strength value smaller than the planned compressive strength of 20 MPa and a minimum requirement of 90% compressive strength value of drinkable water so that based on the requirements it cannot be used.

Keywords: Well Water, Drinkable Water, Compressive Strength

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang sangat pesat, memicu banyaknya kemajuan di bidang struktur saat ini misalnya pembangunan gedung, jembatan, tower, dan lain sebagainya [1]. Material penyusun beton adalah semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Sehingga beton menjadi salah satu pilihan yang tepat digunakan dilingkungan masyarakat [2]. Beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya, antara lain harganya yang sangat relatif murah, mempunyai ketahanan yang baik, bahan baku penyusunnya mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mudah mengalami pembusukan [3]. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, sehingga beton yang dihasilkan dapat diharapkan mempunyai kualitas tinggi yang meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa harus mengabaikan nilai-nilai ekonomisnya [4].

Beton merupakan (campuran) yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air [5]. Campuran bahan-bahan pembentukan beton dirancang sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton segar yang mudah dikerjakan dan memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras [6]. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat halus, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton [7]. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan tidak boleh mengandung minyak yang dapat merusak beton [8]. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak dan gula bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan [9].

Air sumur yang ada di Kabupaten Merauke pada umumnya air selobar namun terdapat juga air sumur yang berdasarkan pengamatan mengandung kadar air tawar [10]. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemeriksaan dan pemetaan atau akuisisi data terhadap sumur yang ada agar dapat mengetahui pengaruh air terhadap kuat tekan beton dilapangan [11]. Penggunaan air sumur berdasarkan persyaratan SNI 03- 2847-2002 penggunaan air setempat dapat diterima jika kuat tekan beton yang dihasilkan $\geq 90\%$, dibandingkan dengan kuat tekan beton menggunakan air layak minum sesuai syarat air SNI 03-2847-2002 [12]. Dari penelitan dapat diketahui bagaimana pengaruh penggunaan air setempat atau sumur yang ada di Wilayah Kabupaten Merauke terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan [13].

Dalam pengambilan data penulis meninjau hasil penggunaan air sumur Kota Merauke [14]. Untuk mengetahui kuat tekan beton pada setiap sumur yang akan di

uji dengan melihat kualitas hasil uji air pada sumur yang berada di Kota Merauke [15].

Penelitian uji kuat tekan beton normal dengan melihat Pengaruh Penggunaan Air Sumur sudah banyak dilakukan. Akan tetapi penelitian ini dilakukan dengan meninjau sembilan sumur di kota merauke sebagai acuan pengaruh penggunaan air sumur terhadap kuat tekan beton normal [16-18]. Dengan menggunakan sembilan titik sumur, dimana setiap sumur menggunakan dua belas sampel dan jumlah keseluruhan sampel sebanyak seratus dua puluh tiga sampel dimana jumlah sampel yang banyak untuk mendapat hasil yang lebih akurat dan signifikan.

Adapun tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan air sumur di wilayah Kabupaten Merauke sebagai campuran beton terhadap kuat tekan beton normal pada berbagai umur beton.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi pengambilan sampel

Dalam penyusunan beton yang terdiri dari agregat halus (pasir) digunakan pasir lokal dari Kampung Urum, Kabupaten Merauke, agregat kasar (kerikil) yang digunakan berasal dari luar pulau dari Kota Palu, Sulawesi Tengah, dan air yang digunakan berasal dari air sumur yang berada pada Kabupaten Merauke.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air sumur

2.2 Teknik pengumpulan data

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh penggunaan air sumur Kota Merauke terhadap kuat tekan beton normal.

2.3 Bahan penelitian

Bahan pengujian yang digunakan dalam pembuatan beton normal. Pasir lokal (agregat halus), semen yang dipakai adalah *portlant composite cement*, kerikil (agregat kasar) yang didatangkan dari Palu Sulawesi Tengah dan air yang berasal dari Air Sumur Merauke.

2.4 Langkah pembuatan benda uji

Pengadukan bahan-bahan penyusun beton yang sudah ditimbang sesuai dengan proporsi campuran kemudian masukan kedalam molen laboratorium kapasitas kecil bertipe drum. Benda uji dicor menggunakan silinder baja standar berukuran 150 mm X 300 mm, pemadatan dilakukan dengan batang penumbuk pada 3 lapisan, yaitu masing-

masing lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Kemudian pada saat umur benda uji mencapai 24 jam, cetakan baja dilepas, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air pada suhu ruangan dengan temperatur 25°C disebut untuk pematang (*curing*) selama 28 hari.

2.5 Prosedur pengujian

Setelah melakukan tahap persiapan peralatan dan bahan pengujian kemudian selanjutnya, yaitu membuat benda uji lalu perawatannya dilakukan dalam waktu 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Setelah semua tahap ini dilakukan maka benda uji siap diuji dengan alat uji kuat tekan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian sifat fisis agregat

Sebagai bahan penyusun beton, sifat fisis agregat perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan. Pengujian yang akan dilakukan ini meliputi pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur, pengujian kadar organik, pengujian berat isi agregat, pengujian berat jenis, dan penyerapan serta pengujian gradasi (analisis saringan). Pengujian ini mengikuti dari SNI (Standar Nasional Indonesia) yang dilaksanakan di Laboratorium Universitas Musamus Merauke.

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian agregat halus

No	Nama pengujian	Hasil
1	Kadar air	2,58%
2	Kadar lumpur	5%
3	Berat isi agregat	1,455 gram/cm ³
4	Berat jenis	2,587 gram/cm ³
5	penyerapan	4,532 %
6	Analisa saringan	2,740

Tabel 2. Rekapitulasi pengujian agregat kasar

No	Nama pengujian	Hasil
1	Kadar air	2,17%
2	Kadar lumpur	0,85%
3	Berat isi agregat	1,428 gram/cm ³
4	Berat jenis	2,588 gram/cm ³
5	penyerapan	5,913 %
6	Analisa saringan	2,490

3.2 Perancangan pencampuran (*Mix Design*)

Perancangan campuran (*mix design*) mengacu pada SNI 03-2834-2000, dan dihitung berdasarkan Langkah-langkah perencanaan campuran beton sesuai dengan Standar Nasional Indonesia untuk memperoleh mutu beton 20 Mpa seperti yang diharapkan, hasil perancangan campuran dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3. Perancangan pencampuran (*Mix Design*)

No	Komposisi campuran	Hasil
1	Air	205 liter/m
2	Semen	373,73 kg/m ³

No	Komposisi campuran	Hasil
3	Agregat halus	663,18 kg/m ³
4	Agregat kasar	1259,09 kg/m ³

3.2 Pengujian air sumur Kota Merauke

pengujian air sumur di Kota Merauke, bertujuan untuk mengetahui pengaruh air sumur tersebut terhadap kuat tekan beton. Sehingga dilakukan pengujian air, pengujian air sumur di kota Merauke dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil pengujian air sumur Kota Merauke

Parameter Air	Ph	TDS	Warna	Bau	Rasa	Suhu	Nacl
Kadar Maks yang diperbolehkan	6,0-8,5	500 Mg/L	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	±3°C/7,13	0,5 Mg/L
Sumur 1	7,1	31	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	30	0,7
Sumur 2	7,14	54	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	29,8	3,2
Sumur 3	6,65	217	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	29,3	1,2
Sumur 4	6,81	110	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	30	1,3
Sumur 5	7,1	58	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	30	3,8
Sumur 6	7,43	160	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	29,6	1,8
Sumur 7	7,56	142	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Tidak Berasa	29,8	4,4
Sumur 8	6,85	515	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Payau	29,7	13,3
Sumur 9	7,53	367	Tidak Berwarna	Tidak Berbau	Payau	30	9,7

3.3 Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton mencapai umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sesuai dengan variasi uji kuat tekannya dengan 3 kondisi, yaitu pada saat setelah benda uji diangkat dari perendaman, benda uji diangin-anginkan dengan suhu ruangan kurang lebih 24 jam.

a. Kuat tekan beton umur 3 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada sampel sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, sumur 5, sumur 6, sumur 7, sumur 8 dan sumur 9 yang telah diuji nilai kuat tekan pada umur 3 hari sebesar 7,54 MPa, 5,66 MPa, 5,66 MPa, 5,85 MPa, 6,60 MPa, 6,60 MPa, 6,03 MPa, 8,48 MPa dan 7,92 MPa.

b. Kuat tekan beton umur 7 hari

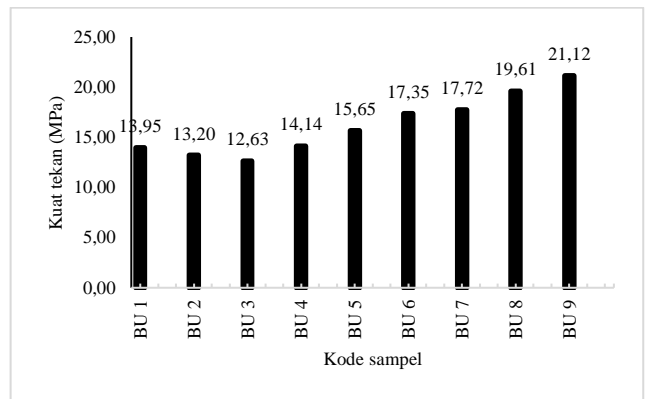
Hasil pengujian kuat tekan beton pada sampel sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, sumur 5, sumur 6, sumur 7, sumur 8 dan sumur 9 yang telah diuji nilai kuat tekan umur 7 hari sebesar 8,48 MPa, 10,94 MPa, 7,54 MPa, 7,92 MPa, 8,30 MPa, 7,16 MPa, 6,22 MPa, 7,54 MPa dan 6,60 MPa.

c. Kuat tekan beton umur 14 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton pada sampel sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, sumur 5, sumur 6, sumur 7, sumur 8 dan sumur 9 yang telah diuji nilai kuat tekan umur 14 hari sebesar 7,54 MPa, 6,03 MPa, 7,73 MPa, 6,60 MPa, 10,37 MPa, 11,12 MPa, 9,80 MPa dan 8,84 MPa.

d. Kuat tekan beton umur 28 hari

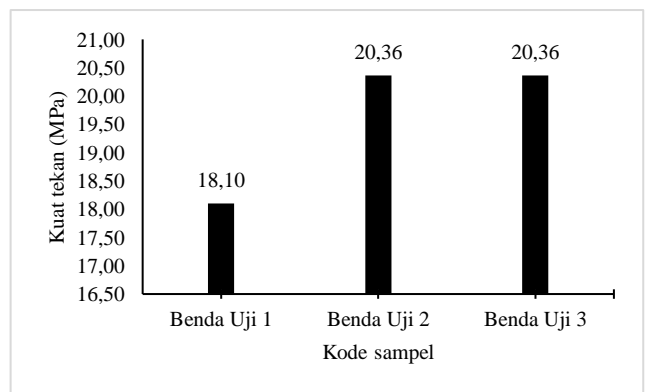
Hasil pengujian kuat tekan beton pada sampel sumur 1, sumur 2, sumur 3, sumur 4, sumur 5, sumur 6 sumur 7, sumur 8 dan sumur 9 yang telah diuji nilai kuat tekan umur 28 hari sebesar 13,20 MPa, 12,63 MPa, 14,14 MPa, 15,65 MPa, 17,35 MPa, 17,72 MPa, 19,61 MPa dan 21,12 MPa. Nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Grafik pengujian kuat tekan beton 28 hari

e. Kuat tekan beton umur 28 hari air layak minum

Hasil pengujian kuat tekan beton pada air layak minum atau air yang telah di uji nilai kuat tekan umur 28 hari sebesar 18,10 MPa, 20,36 MPa dan 20,36 MPa. Nilai kuat tekan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Grafik pengujian kuat tekan beton umur 28 hari air layak minum

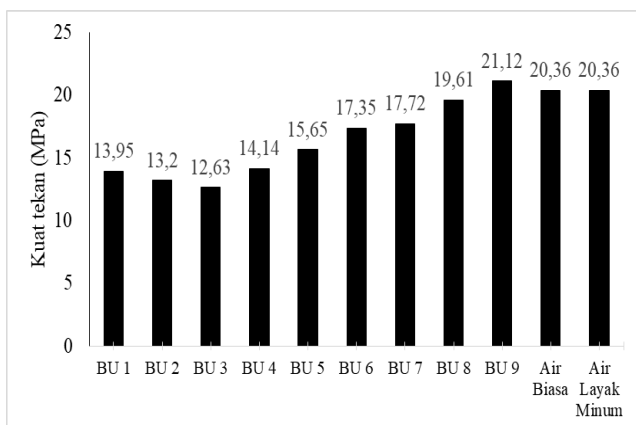
Berdasarkan perhitungan dan pengujian kuat tekan beton selama 28 hari pada masing-masing

sampel sumur diperoleh nilai kuat tekan sampel (sumur 1) sebesar 13,95 %, sampel (sumur 2) sebesar 13,20 %, sampel (sumur 3) sebesar 12,63 %, sampel (sumur 4) sebesar 14,14 %, sampel (sumur 5) sebesar 15,65 %, sampel (sumur 6) sebesar 17,35 %, sampel (sumur 7) sebesar 17,72 %, sampel (sumur 8) sebesar 19,61 % dan sampel (sumur 9) sebesar 21,12 %. Hasil kuat tekan beton normal dan air layak minum sebesar 20,36 % dan 20,36 % dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Kode sampel	Tanggal		Kuat tekan (MPa)
	Dicetak	Diuji	
Benda uji 1	14/11/2022	14/12/2022	13,95
Benda uji 2	14/11/2022	14/12/2022	13,20
Benda uji 3	14/11/2022	14/12/2022	12,63
Benda uji 4	14/11/2022	14/12/2022	14,14
Benda uji 5	14/11/2022	14/12/2022	15,65
Benda uji 6	14/11/2022	14/12/2022	17,35
Benda uji 7	14/11/2022	14/12/2022	17,72
Benda uji 8	14/11/2022	14/12/2022	19,61
Benda uji 9	14/11/2022	14/12/2022	21,12
Air sumur lab Teknik sipil	14/11/2022	14/12/2022	20,36
Air layak minum	14/11/2022	14/12/2022	20,36

Nilai kuat tekan beton yang diperoleh pada tabel 4.2 dapat juga digambarkan dalam bentuk grafik pada gambar berikut :



Gambar 4. Grafik pengujian kuat tekan beton 28 hari

3.4 Hasil kuat tekan

Dari hasil nilai kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan kuat tekan rencana 20 MPa dan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kuat tekan sekurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum adalah air sumur Lab Teknik Sipil, air layak minum (AQLAA), benda uji sumur 8 dan benda uji sumur 9 dengan nilai kuat tekan beton sebesar 20,36 MPa, 20,36 MPa, 19,61 MPa dan 21,12 MPa.

Nilai kuat tekan benda uji sumur 1 sampai benda uji sumur 7 tidak dapat diterima karena lebih kecil dari nilai kuat tekan rencana 20 MPa dan syarat minimal 90% nilai kuat tekan menggunakan air layak minum. Berdasarkan hasil pengujian kualitas air diperoleh kandungan parameter air layak minum yang mendekati air layak minum terdapat pada sumur nomor 1 sampai sumur 7. Hal ini sesuai persyaratan air untuk campuran beton adalah air yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mengandung rasa asin, dan berPh 6-8,5. Sedangkan air sumur yang tidak mendekati parameter air layak minum terdapat pada sumur nomor 8 dan sumur 9, sehingga benda uji sumur 1 sampai benda uji sumur 7 memiliki kuat tekan masing-masing sebesar 13,05 MPa, 13,2 MPa, 12,63 MPa, 14,14 MPa, 15,65 MPa dan 17,35 MPa dengan parameter airnya rata-rata berPh 7, tidak berwarna, tidak berbau, dan tawar tidak dapat diterima karena nilai kuat tekanya tidak mencapai nilai kuat tekan rencana 20 MPa dan syarat minimal 90% nilai kuat tekan air layak minum. Sedangkan air sumur Lab Teknik Sipil, air layak minum (AQLAA), benda uji sumur 8 dan benda uji sumur 9 dapat diterima karena kuat tekannya mencapai syarat nilai kuat tekan rencana 20 MPa dan syarat minimal 90% nilai kuat tekan air layak minum dengan nilai kuat tekan sebesar 20,36 MPa, 20,36 MPa, 19,61 Mpa dan 21,12 MPa dengan parameter airnya rata-rata berPh 7,53, tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki rasa air yang asin.

Nilai kuat tekan benda uji sumur 1 sampai benda uji sumur 7 diperoleh nilai kuat tekan yang lebih kecil dari kuat tekan rencana 20 MPa dan 90% persyaratan nilai kuat tekan air layak minum. Namun untuk massa layan beton lebih baik dibandingkan dengan benda uji sumur 8 dan benda uji sumur 9 karena air yang digunakan untuk benda uji sumur 8 dan benda uji sumur 9 mengandung kadar NaCl sehingga dapat merusak beton dan tulangan nantinya.

4 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan pengaruh penggunaan air sumur Merauke dapat disimpulkan, bahwa nilai kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan kuat tekan rencana 20 MPa dan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan kuat tekan sekurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum adalah benda uji sumur 8, benda uji sumur 9, air sumur lab. Teknik Sipil dan air layak mimun (AQLAA) dengan nilai kuat tekan sebesar 20,36 MPa, 20,36 MPa, 19,61 MPa dan 21,12 MPa. Benda uji 1 sampai benda uji 7 memiliki nilai kuat tekan lebih kecil dari kuat tekan rencana dan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum, sehingga berdasarkan persyaratan tidak dapat digunakan untuk bahan campur beton normal.

REFERENSI

- [1] Yoga Kresna Sugianto, "Pengaruh Kadar Air Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton," 2021.
- [2] K. Tekan, B. Studi, K. Kecamatan, dan T. Kota, "Pengaruh Penggunaan Air Kolam Terhadap," hal. 153-162.
- [3] R. Hepiyanto dan D. Kartikasari, "Pengaruh Campuran Air Limbah (Air Selokan) Terhadap Kuat," vol. 2, no. 2, 2018.
- [4] D. T. Sipil, "Pengaruh Air Limbah Pada Adukan

- Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal,” vol. 2, no. 1, hal. 23–34, 2015.
- [5] “Pengujian Beton Normal Dengan Menggunakan Material Lokal Kampung Aqhan Kabupaten Mappi,” Merauke, 2020 .
- [6] S. N. Indonesia dan B. S. Nasional, “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal,” 2000.
- [7] S.N. Indonesia “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version) ” Bandung,2002
- [8] Tiara Prillolla “Permeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Limbah Pecahan Beton Sebagai *FILLER* Pada Agregat Halus“ Medan,2017
- [9] Feliksia M.Eka Da Riwu “Pengujian Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Agregat Dari Palu” 2012
- [10] S.Meidiani, A.Rajela, M.F.S Hartawan dan A. Fartawijaya “Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air Pada Kuat Tekan Beton Normal f’c 25 MPa” 2017
- [11] Elhusna dan Agustin Gunawan “Perbaikan Perilaku Kuat Tekan Beton Air Rawa Dengan Metode Penyaringan Air” 2014
- [12] Onesimus Sampebua, Panenngungi dan Andy Yusdy Dwiarta “Pengaruh Penggunaan Air Sumur Sebagai Bahan Campur Beton Terhadap Kekuatan Beton Dikampus UNM Gunung Sari” 2018
- [13] Vindi Musli dan R.de Fretes “Analisis Kesesuaian Parameter Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Yang Dijual Di Kota Ambon Dengan Standar Nasional Indonesia (SNI)”, 2016
- [14] Syarifah Khirunnisa, Mirza Ghulam Rifqi dan M.Shofi’ul Amin “Kajian Kuat Tekan Beton Di Lingkungan Laut Tropis Banyuwangi”, 2019
- [15] Muh. Firdaus Kamil, M.Agung Hadi P, Hanafi Ashad, Arsyad Fadhil dan Muh. Syarif BP “Pengaruh Penggunaan Solutan (Air Pecampuran) Berbagai Sumber Terhadap Sifat-Sifat Mekanik Beton”, 2022
- [16] Erlina, Erlina, And Cahyaning Kilang Permatasari. "Pengaruh Curing Menggunakan Air Sungai Dan Air Sumur Terhadap Kuat Tekan Beton." *Civitech* 6, No. 1 (2024): 1-12.
- [17] Santoso, Edoaldo Ridwan, And Kenny Elbert Tanaya. "Pengaruh Air Payau Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton (Studi Kasus Air Payau Daerah Rob Pantai Utara Kota Semarang)." PhD diss., Universitas Katholik Soegijapranata Semarang, 2023.
- [18] Oftan, Arif. "Studi eskperimental efektifitas penggunaan zat adiktif fosroc SP 337 pada beton." *Rang Teknik Journal* 4, no. 2 (2021): 310-315.