

## ***Pengembangan Awal Beton Kinerja Tinggi Dengan Quarry Nobo*** ***Early Development of High Performance Concrete with Nobo Quarry***

**Dominikus P.S Riberu<sup>1</sup>, Partogi H. Simatupang<sup>2</sup>, Judi K. Nasjono<sup>3\*)</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Beton, Kinerja, Quarry, Nobo, Kuat Tekan.

Keywords:

Concrete, Performance, Quarry, Nobo, Compressive Strength.

Article history:

Received: 01-08-2024

Accepted: 30-09-2024

\*Koresponden email:

[putrariberu298@gmail.com](mailto:putrariberu298@gmail.com)

[partogi\\_simatupang@yahoo.com](mailto:partogi_simatupang@yahoo.com)

[judi.nasjono@staf.undana.ac.id](mailto:judi.nasjono@staf.undana.ac.id)

### **Abstrak**

Pada Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kabupaten Flores Timur, Kecamatan Ile Boleng, di Desa Nobo terdapat *quarry* yang dikelola oleh warga setempat. Penelitian beton kinerja tinggi dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal di Kota Larantuka masih sangat kurang. Hal ini mendorong dilakukannya penelitian untuk menciptakan beton dengan kualitas yang tinggi dengan menggunakan material alami dari quarry di Desa Nobo. Metode yang digunakan adalah metode statistik deskriptif, yaitu dengan mengkaji hasil penelitian yang didapat di laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel ataupun grafik. Dilakukan pengujian slump dan kuat tekan terhadap 3 jenis komposisi preliminary. Hasil pengujian menunjukkan nilai slump untuk 3 jenis campuran memenuhi target yaitu >14 cm, dan hasil kuat tekan beton untuk 3 jenis campuran dengan variasi umur pengujian 7, 14, dan 28 hari, menunjukkan bahwa beton kinerja tinggi yang dibuat mengalami kenaikan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton.

### **Abstract**

In East Nusa Tenggara Province, specifically in East Flores Regency, Ile Boleng Subdistrict, there is a quarry managed by local residents. Research on high-performance concrete using local materials in Larantuka City is still limited. Therefore, a study was conducted to create high-quality concrete using natural materials from the quarry in Nobo Village. The method used in this research is descriptive statistical analysis. The results obtained from the laboratory are presented in tables and graphs. Testing was performed on three preliminary composition types. The results showed that the slump value (flowability) for all three mixtures met the target of greater than 14 cm. Additionally, the compressive strength of the concrete was measured at different ages (7, 14, and 28 days) for the three mixtures. The results indicate that the high-performance concrete produced experienced an increase in compressive strength as the concrete aged.

---

**Kutipan:** Diisi oleh Editor

## 1. Pendahuluan

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen *Portland*, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Keuntungan pemakaian beton sebagai bahan bangunan seperti bahan ini dapat dibentuk sesuai dengan keinginan perencana di lokasi pekerjaan. Ada beberapa jenis beton yang diklasifikasikan berdasarkan hasil nilai kuat tekannya, yaitu beton normal, beton mutu tinggi, dan beton mutu sangat tinggi (Sumajouw, 2014).

Selain beton mutu tinggi dikenal pula beton kinerja tinggi. Prinsipnya beton kinerja tinggi sama dengan beton mutu tinggi dimana kuat tekan yang harus dicapai sebesar 50 MPa, yang membedakan adalah pada beton kinerja tinggi tidak hanya harus mempunyai kuat tekan tinggi, tetapi juga harus memperhatikan keawetan, kedap air, dan mudah dikerjakan tanpa mengalami segregasi serta mempunyai nilai susut yang diterima, sedangkan beton mutu tinggi hanya memperhatikan kuat tekannya saja ( Sulistyani, 2005).

Penelitian beton kinerja tinggi dengan memanfaatkan bahan lokal di Kota Larantuka masih sangat kurang, sedangkan pembangunan sarana dan prasarana di Kota Larantuka meningkat dengan cepat, sehingga diperlukan penelitian yang terarah dan berkelanjutan. Hal ini mendorong dilakukannya penelitian untuk menciptakan beton dengan kualitas yang tinggi dengan menggunakan material alami yaitu pasir dan kerikil yang diambil dari *quarry* yang berlokasi di Desa Nobo.

Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi didalam bidang keteknikan di Kota Larantuka karena menggunakan bahan-bahan lokal. Para perencana teknik sipil di Kota Larantuka dapat memanfaatkan hasil penelitian ini. Di samping itu nilai jual dari pasir dan kerikil akan meningkat yang tentunya akan turut meningkatkan kesejahteraan dari para penggali hasil tambang yang umumnya bertaraf hidup rendah.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen *Portland* merek Semen Bosowa. Agregat halus (pasir) dan Agregat kasar (Kerikil) yang diambil dari *quarry* Nobo, Air yang diambil dari bak penampung bersih Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Kupang. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Plasticizer* dan *Superplasticizer*. Waktu Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2023 – Februari 2024. Peneliti menggunakan metode penelitian metode statistik deskriptif yaitu dengan mengkaji hasil penelitian yang didapat di laboratorium yang disajikan dalam bentuk Tabel ataupun grafik hasil uji kuat tekan beton. Penelitian ini dimulai dengan persiapan dan pemeriksaan bahan, perencanaan, pembuatan, dan perendaman benda uji, dilanjutkan pengujian benda uji dan menganalisis data dari hasil pengujian, dan diakhiri dengan kesimpulan.

### 2.1 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Langkah awal yang harus dilakukan yaitu tahap persiapan, berupa persiapan alat maupun bahan yang akan digunakan untuk penelitian. Bahan-bahan yang harus dipersiapkan dalam penelitian ini adalah bahan penyusun benda uji beton.

#### 2.1.1 Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen bosowa. Pada tahapan ini hal yang dilakukan adalah pemeriksaan terhadap semen Portland yakni dilakukan secara visual mengamati kehalusan semen

#### 2.1.2 Agregat Halus dan Agregat Kasar

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), pemeriksaan terhadap agregat halus (pasir) dilakukan terhadap kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, gradasi, berat volume, dan kadar air agregat, sedangkan agregat kasar pemeriksaan dilakukan terhadap kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, gradasi, berat volume, kadar air agregat dan keausan.

##### 1) Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan kadar lumpur agregat mengacu pada SNI 03-4142-1996. Kadar lumpur agregat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

W1 = berat agregat kering oven awal

W2 = berat agregat kering oven setelah dicuci

2) *Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat*

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar dilakukan sesuai dengan standar SNI 1970:2016. Persamaan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (2)$$

$$\text{Berat jenis Kering Permukaan} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3)$$

$$\text{Berat jenis Semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

B<sub>k</sub> = berat kering agregat.

B<sub>a</sub> = berat air + piknometer.

B<sub>j</sub> = berat agregat dalam keadaan kering permukaan.

B<sub>t</sub> = berat air + sampel + piknometer

3) *Pemeriksaan Grdasai Agregat*

Prosedur pemeriksaan gradasi agregat berdasarkan SNI 03-1968-1990 tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Perhitungan persentase berat agregat yang tertahan pada setiap saringan ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{\text{Berat kumulatif agregat yang tertahan}_k}{B_k \text{ Berat total benda uji setelah diayak}} \times 100\% \quad (6)$$

.4) *Pemeriksaan Berat Volume Agregat*

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 03 – 4804 – 1998 tentang metode bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Berat volume ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat Volume} = \frac{G - T}{V} \quad (7)$$

Ketrangan:

G = berat agregat dalam wadah

T = berat wadah

V = Volume wadah

5) *Pemeriksaan Kadar Air agregat*

Prosedur pemeriksaan kadar air agregat halus mengacu pada SNI 03– 1971 – 1990 tentang prosedur pemeriksaan kadar air agregat. Untuk dapat menentukan kadar air agregat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

W1 = berat agregat kering awal (sebelum dikeringkan)

W2 = berat agregat kering oven

6) *Pemeriksaan Kadar Organik Agregat*

Pengujian kadar organik agregat halus mengacu pada SNI 2816:2014 tentang Metode Uji Bahan Organik Agregat Halus Untuk Beton. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder (PBI. 71, hal 23).

7) *Pemeriksaan Keausan Agregat*

Prosedur pemeriksaan keausan agregat ini mengacu pada SNI 2417-2008 tentang cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles, dimana untuk menentukan keausan agregat digunakan persamaan berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

A = berat benda uji semula

B = berat benda uji setelah dilakukan pengujian dengan mesin Los Angeles

### 2.1.3 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari bak penampungan air bersih Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Kupang.

### 2.1.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini dibagai menjadi dua yaitu bahan tambah kimia (*admixture*) yaitu *Sikament LN*, *Plastiment VZ*, *Viscocrete 3115N* dan bahan tambah mineral (*additive*) yaitu *fly ash*.

### 2.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan beton dalam penelitian ini adalah cetakan berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Benda uji untuk trial mix sebanyak 3 buah dan untuk campuran final sebanyak 27 buah.

**Tabel 1.** Komposisi Campuran *Trial Mix*

No.	Material	Mutu Beton (fc')					
		55 MPa		60 Mpa		65 MPa	
		(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)
1	Semen	450	1,00	460	1	540	1
2	Kerikil	995	2,21	1056	2,30	985	1,82
3	Pasir	680	1,51	651	1,42	744	1,38
4	Air	160	0,36	153	0,33	150	0,28
5	<i>Plastiment P121 R</i>	1,34	0,003	1,48	0,003	1,1	0,002
6	<i>Sikament 163</i>	8,9	0,020	-	-	-	-
7	<i>Viscocrete</i>	-	-	4,74	0,010	-	-
8	<i>Viscoflow 3270</i>	-	-	-	-	5,3	0,010
9	<i>Fly Ash</i>	79	0,176	82	0,178	-	-
	Total	2374,24		2408,22		2425,4	

**Tabel 2.** Komposisi Campuran *Final*

No.	Material	Kebutuhan material dalam 1 m <sup>3</sup>					
		55 MPa		60 MPa		65 MPa	
		(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)
1	Semen	517,50	1,00	552,00	1,00	621,00	1,00
2	Kerikil	995,00	1,92	1056	1,91	985,00	1,59
3	Pasir	782,00	1,51	781,2	1,42	855,60	1,38
4	Air	184,00	0,36	183,6	0,33	172,50	0,28
5	<i>Plastiment VZ</i>	1,54	0,003	1,776	0,003	1,27	0,002
6	<i>Sikament LN</i>	10,24	0,020	-	-	-	-
7	<i>Viscocrete 3115N</i>	-	-	5,69	0,010	6,10	0,010
9	<i>Fly Ash</i>	90,85	0,176	98,40	0,178	-	-
	Total	2581,13		2678,66		2641,46	

### 2.3 Perawatan Benda Uji

Beton segar yang telah dituangkan ke dalam cetakan silinder selanjutnya akan dilepaskan selama ± 24 jam dan dilakukan pemeriksaan berat volume. Benda uji di *curing* selama 7 hari untuk pengujian trial mix, dan untuk pengujian final, benda uji direndam selama 7, 14 dan 28 hari di dalam bak berisi air.

### 2.4 Pengujian Benda Uji

#### 2.4.1 Pengujian Workabilitas

Pengujian ini berdasarkan SNI 1972:2008. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai *slump test* dan *slump flow test*

#### 2.4.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan terhadap benda uji silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian berdasarkan SNI 03 -1974 -1990 . Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas beton dan dengan melakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{10}$$

dengan :

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas bidang tekan benda uji (mm<sup>2</sup>)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Pengujian Agregat

Rekapitulasi hasil pengujian Agregat Halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) terdapat dalam tabel berikut ini :

**Tabel 3.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis SSD Agregat Kasar	2,5-2,7	2.59
2	Penyerapana Agregat Kasar	-	4.17
3	Kadar Air Agregat Kasar	-	0.40
4	Kadar Lumpur Agregat Kasar	≤ 1%	0.67
5	Keausan Agregat Kasar	≤ 40%	32.50
6	Berat Volume Padat Agregat Kasar	1500 - 1800 (kg/m <sup>3</sup> )	1546.98
7	Zona Agregat Kasar	≤ 20 mm	2
8	Nilai Modulus Halus Butiran Agregat Kasar	6,0-8,0%	6.38
9	Berat Jenis SSD Agregat Halus	2,5-2,7	2.70
10	Penyerapan Agregat Halus	-	1.40
11	Kadar Air Agregat Halus	-	0.17
12	Kadar Lumpur Agregat Halus	≤ 5%	1.08
13	Kadar Organik Agregat Halus	≤ warna standar (plat nomor 3)	plat nomor 2
14	Berat Volume Padat Agregat Halus	1500 - 1800 (kg/m <sup>3</sup> )	1619.25
15	Zona Agregat Halus	-	2
16	Nilai Modulus Halus Butir Agregat Halus	1,5-3,8%	2.66

### 3.2. Pengujian Benda Uji

3.2.1 Hasil Pengujian *Worakability*

Semakin besar nilai *slump* berarti campuran beton semakin encer sehingga tingkat *workability*nya semakin tinggi. Rekapitulasi hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 4 .** Rekapitulasi Hasil Pengujian *slump Trial Mix*

<i>Trial Mix</i>	Jumlah Benda Uji (buah)	Mutu Beton (fc')	Nilai <i>Slump</i> (cm)	Penambahan Air		Ket.
				Per <i>trial mix</i> (ml)	Konversi ke 1 m <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	
<i>Trial Mix 1</i>	6	55	8	500	53.08	tidak terpenuhi
<i>Trial Mix 2</i>	6	55	19	650	69.00	terpenuhi
<i>Trial Mix 1</i>	6	60	25	720	62.39	terpenuhi
<i>Trial Mix 2</i>	6	60	26	800	84.93	terpenuhi
<i>Trial Mix 81</i>	6	65	24	720	76.43	terpenuhi



Gambar 1. Hasil Pengujian *Slump Trril Mix* Campuran 55, 60, dan 65 MPa

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Pengujian *Slump Final*

No.	Mutu Beton (fc')	Nilai <i>Slump</i>		Penambahan air	
		<i>Slump test</i> (cm)	<i>Slump flow</i> (cm)	(ml)	(kg/m <sup>3</sup> )
1	55	21 cm	29.0	650	40.00
2	60	23 cm	45.5	680	48.12
3	65	24 cm	47.0	700	49.54



Gambar 2. . Hasil Pengujian *Slump Final* Campuran 55, 60, dan 65 MPa

3.2.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Rekapitulasi hasil pengujian kuat beton yang diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari terdapat dalam tabel berikut ini :

**Tabel 6.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan *Trial Mix*

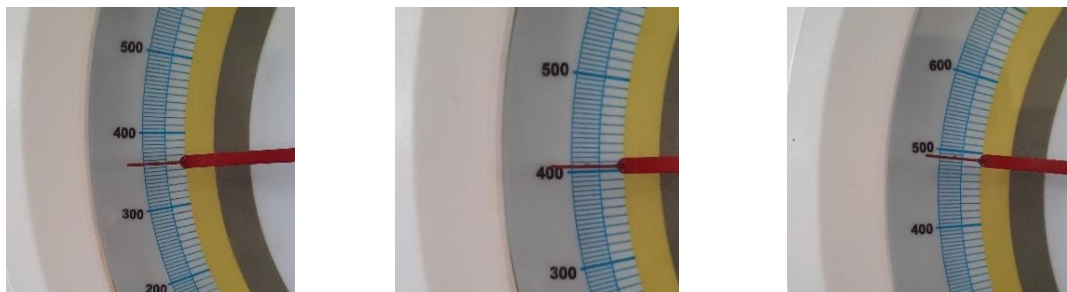
NO	<i>Trial Mix</i>	Jumlah Benda Uji (buah)	Mutu Beton (fc')	Kuat Tekan		Kuat Tekan (fc') Target $\geq 50$ MPa
				7 Hari	28 Hari	
1	1	3	55 MPa	29.94	42.77	Tidak terpenuhi
2	2	3	55 MPa	35.12	69.00	
3	1	3	60 MPa	38.85	34.58	Terpenuhi
4	2	3	60 MPa	38.22	54.60	
5	1	3	65 MPa	40.76	58.23	



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan *Trial Mix* Campuran 55, 60, dan 65 MPa

**Tabel 7.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan *Final*

No.	Kuat Tekan Komposisi Final (fc')	Nilai Kuat Tekan (MPa)			Kuat Tekan (fc') Target $\geq 50$ MPa
		7 hari	14 hari	28 hari	
1	55 MPa	26.33	33.33	40.55	Tidak Memenuhi
2	60 Mpa	34.18	45.22	50.11	Memenuhi
3	65 Mpa	36.94	49.26	55.41	Memenuhi



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran *Final*

Peningkatan kekuatan beton paling signifikan terjadi pada umur 28 hari karena lamanya proses perawatan benda uji silinder beton yang direndam di dalam air karena adanya proses hidrasi kimia antara bahan-bahan pembentuk beton yang terus terjadi selama 28 hari.

#### 4. Kesimpulan

Pengujian Workability dan kuat tekan beton yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang direncanakan. Workability yang baik mempengaruhi kuat tekan beton. Saat adukan beton mudah dikerjakan dan memiliki workability yang baik, maka distribusi partikel semen dan agregat akan lebih merata. Distribusi partikel yang merata dapat menghasilkan beton yang lebih padat dan kuat. Workability juga dapat dicapai dengan penggunaan superplasticizer. Superplasticizer memungkinkan menciptakan adukan beton dengan tingkat workability yang baik tanpa terjadi segregasi. Namun, workability yang terlalu tinggi juga dapat mengurangi kuat tekan karena berlebihan air dalam adukan beton. Dilakukan pengujian kuat tekan beton untuk kuat tekan yang direncanakan dengan menggunakan tiga jenis campuran komposisi preliminary dengan variasi umur pengujian. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan setiap campuran mengalami kenaikan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pengembangan Awal Beton Kinerja Tinggi Dengan Quarry Nobo melalui pengujian di laboratorium menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan. Dengan demikian pengujian ini dinyatakan berhasil dan dapat digunakan.

#### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1974-1990: *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 02-6820-2002: *Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 02-6820-2002: *Spesifikasi Beton Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004 *Semen Portland*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1972:2008 *Cara Uji Slump Beton*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 1969:2016: *Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1971:2011: *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C117:2012: *Metode Uji Bahan Yang Lebih Halus Dari Saringan 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 2417:2008: *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). SNI 03-4804-1998: *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara dalam Agregat*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C136:2012: *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 1970:2016: *Metode Uji Berat Jenis Dan Penyeparan Agregat Halus*. BSN. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1990). SNI T-15-1990-03: *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Krisnamurti. 2017. *Perencanaan Campuran Beton Kinerja Tinggi dengan Semen Portland Pozzolan (PPC) menggunakan Metode Volume Absolut*. Universitas Jember, Jawa Timur.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.
- Murdock, L. J., Brook, K. M., 1986. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G., 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT. Eresco. Bandung.
- Maricar. S, Tatong. B, Hasan. H., 2013. *Pengaruh Bahan Tambah Plastiment-VZ Terhadap Sifat Beton*. Mektek.
- Nugroho, E. H. (2010). *Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- PBI. 1971. *Peraturan Beton Indonesia*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.



S. Mindess, J. F. Young, D. Darwin., 2003. *Concrete*, 2nd edition, Prentice Hall. New York.

Sari, I, A, R., Wallah, E, S., dan Windah, S, R. (2015). *Pengaruh Jumlah Semen Dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Yang Berasal Dari Sungai*. Jurnal Sipil Statik Vol.3, No.1. Manado.

Sulistiyani, R. D., Nur'aeni, N. 2005. *Pengaruh Abu Sekam Padi Terhadap Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.