

Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton OPC dan OPC POFA dengan Air Gambut sebagai Air Pencampur dan Air Perendaman

Bobby Ansyari¹⁾, Ismeddiyanto²⁾, Monita Olivia²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil
Laboratorium Teknologi Bahan Teknik Sipil Universitas Riau
Program Studi Teknik Sipil S1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. H.R. Soebrantas KM. 12,5 Simpang Baru, Tampan,
Pekanbaru 28293
E-mail: bobby.ansyari@student.unri.ac.id

ABSTRACT

This research aim to obtain the mechanical properties of OPC and OPC POFA concrete by using peat water as mixing and curing water to simulate peat field condition. The specimens were cured for 28 days directly in peat water canal. Mechanical properties tests such as compressive and tensile strength were tested for 7 and 28 days. Results of this research at 28th days show that peat field condition was increase compressive and tensile strength of OPC concrete compared with OPC normal concrete, and results also show that using POFA as substitution of 10% cement weight was decrease compressive and tensile strength of OPC POFA concrete compared with OPC POFA concrete in normal condition. However, the compressive and tensile strength of OPC POFA concrete in peat field and normal condition were higher than OPC normal concrete.

Keywords : *Mechanical properties, OPC, POFA (palm oil fuel ash), peat water, peat field condition.*

1. PENDAHULUAN

Provinsi Riau merupakan daratan dengan lahan gambut terluas di Pulau Sumatera yaitu sebesar 60,1% dari total keseluruhan luasan lahan gambut di Pulau Sumatera (BB Litbang SDLP, 2011). Keadaan daratan Provinsi Riau yang didominasi oleh gambut menyebabkan konstruksi beton di daerah terpencil harus memanfaatkan sumber daya setempat yaitu air gambut sebagai material pencampur beton untuk mempercepat konstruksi dan menekan biaya konstruksi pembangunan.

Lingkungan gambut termasuk salah satu lingkungan agresif untuk beton, dimana lingkungan gambut memiliki tingkat keasaman yang melemahkan beton. Rosani (2011) menyebutkan bahwa kandungan kimia pada air gambut dapat mempercepat kehancuran beton, dimana air gambut mengandung sulfat, klorida, magnesium, ammonium dan minyak lemak. Refnita *et al* (2012) juga menjelaskan bahwa paparan air gambut pada beton membuat pasta semen

mengalami korosi sehingga dapat menimbulkan ekspansi, retak dan kehancuran pada beton.

Paparan air gambut pada beton saat pencampuran dan perawatan akan merusak dan menurunkan kekuatan beton. Hasil penelitian Hutapea (2014) diperoleh bahwa kuat tekan mortar OPC yang direndam dalam asam sulfat dan air gambut mengalami penurunan seiring bertambahnya umur mortar. Hasil penelitian oleh Pradana (2016) juga memperoleh hasil serupa, dimana kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton OPC yang telah dirawat selama 28 hari di air normal mengalami penurunan seiring bertambahnya umur beton setelah kemudian direndam langsung dilingkungan gambut selama 120 hari.

Serangan asam pada beton dilingkungan agresif seperti dilingkungan gambut ini dapat direndam dengan menggunakan bahan bersifat pozzolanik pada beton (Nugraha & Antoni, 2007).

Pozzolan mengandung silika dan alumina yang reaktif apabila bersenyawa dengan kapur dan air akan meningkatkan kalsium silikat hidrat (C-S-H) untuk memperkuat rekatan pada beton. Gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang merupakan hasil reaksi antara kalsium hidroksida dengan material pozzolan akan membentuk struktur yang lebih stabil (Nugraha & Antoni, 2007).

Abu sawit (POFA) hasil pembakaran dari pengolahan pabrik kelapa sawit menjadi salah satu material potensial sebagai bahan pozzolanik dalam beton untuk mengantisipasi serangan asam yang agresif dari lingkungan gambut pada beton. Pradana (2016) dalam penelitiannya membuktikan bahwa beton OPC yang 10% berat semennya digantikan dengan abu sawit dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas secara konsisten seiring bertambahnya umur beton yang direndam langsung di lingkungan gambut hingga akhir perendaman pada umur 120 hari. Prasetyo (2016) membuktikan konsistensi ketahanan pozzolanik dari abu sawit pada beton, dimana beton OPC yang 10% berat semennya digantikan dengan abu sawit dan menggunakan air gambut sebagai pencampurnya mengalami peningkatan yang lebih stabil seiring bertambahnya umur beton dibandingkan dengan beton OPC murni yang juga menggunakan air gambut sebagai pencampur, bahkan pada akhir umur perendaman (91 hari) beton OPC dengan 10% abu sawit lebih baik daripada beton OPC dimana kuat tekan beton OPC dengan 10% abu sawit melampaui kuat tekan beton OPC dan kuat tarik belah beton OPC dengan 10% abu sawit menyamai kuat tarik belah beton OPC.

Menjadikan abu sawit sebagai pengganti sebagian semen dalam beton selain dapat menjadi solusi alternatif perkuatan konstruksi beton terhadap serangan gambut di Provinsi Riau, pemanfaatan abu sawit ini juga dapat membantu Provinsi Riau dalam mengurangi limbah abu sawit yang belum terkelola dengan baik menimbang Provinsi Riau merupakan salah satu daerah yang

menjadikan buah sawit sebagai komoditas unggulan dan tergambar dalam skala area dimana luas lahan sawit di Provinsi Riau adalah yang terluas di Pulau Sumatera dan terus meningkat dari tahun ke tahun (Dirjen Perkebunan, 2014).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus, dan kandungan kimia abu sawit (POFA) dan air gambut. Material agregat kasar merupakan batu pecah yang diperoleh dari PT Arfa Bangun Perkasa, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Material agregat halus merupakan pasir sungai yang diperoleh dari Sungai Kampar di daerah Desa Teratak Buluh, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Abu sawit diperoleh dari pabrik kepala sawit PT Bangun Tenera Riau, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Kanal air gambut di Desa Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau menjadi sumber air gambut pencampur beton dan juga menjadi tempat perendaman sampel beton penelitian.



Gambar 1. Kanal Air Gambut Desa Rimbo Panjang

Adapun jenis pemeriksaan material agregat kasar dan agregat halus yang dilakukan tertera pada Tabel 1. Pemeriksaan kandungan kimia abu sawit dilakukan dengan mengirim sebagian sampel abu sawit ke Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang. Sedangkan pemeriksaan kandungan kimia air gambut dilakukan dengan mengirim sebagian sampel air gambut ke Laboratorium Pengujian dan Analisa Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau.

Tabel 1. Pengujian Material

Jenis Pengujian	Sumber
Kadar Lumpur	ASTM C 142
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990
Kadar Air	SNI 03-1971-1990
Modulus Kehalusan	SNI 03-1968-1990 SNI 03-1969-1990
Berat Volume	ASTM C 29
Ketahanan Aus	SNI 03-2417-1991
Kandungan Organik	ASTM C40

2.2 Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

Perencanaan campuran (*mix design*) beton menggunakan metode ACI 211.1-9 dengan mutu rencana K-250 atau setara dengan $f'c$ 20,35 MPa. Variasi beton OPC dengan abu sawit (POFA) dilakukan dengan menggantikan semen sebesar 10% dari berat semen dalam beton dengan abu sawit. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi *Mix Design*

Material	Komposisi (kg/m ³)
Beton OPC	
Semen	339,22
Air Gambut/Air Normal	224,27
Agregat Kasar	1030,20
Agregat Halus	817,84
Beton OPC POFA	
Semen	305,30
POFA	33,92
Air Gambut/Air Normal	224,27
Agregat Kasar	1030,20
Agregat Halus	817,84

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 36 buah sampel dengan jumlah sampel sebanyak 3 buah untuk setiap variasi dan umur pengujian, yaitu 28 hari. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 10,16×20,32 cm untuk pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat tarik belah berbentuk silinder dengan ukuran 15×30 cm.

Beton benda uji pada penelitian ini dibagi menjadi 4 variasi, yaitu:

1. OPC_N, yaitu beton semen OPC yang menggunakan air normal sebagai media pencampur dan perendaman beton.
2. OPC_G, yaitu beton semen OPC yang menggunakan air gambut sebagai media pencampur dan perendaman beton (perendaman langsung di kanal air gambut).
3. OPC POFA_N, yaitu beton semen OPC yang 10% semennya digantikan dengan POFA dan menggunakan air normal sebagai media pencampur dan perendaman beton.
4. OPC POFA_G, yaitu beton semen OPC yang 10% semennya digantikan dengan POFA dan menggunakan air gambut sebagai media pencampur dan perendaman beton (perendaman langsung di kanal air gambut).

2.3 Pengujian Beton

Pengujian pada penelitian ini berupa pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Menurut SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (*Compression Test Machine*). Kuat tekan beton ($f'c$) dapat dihitung dengan rumus:

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

dimana:

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

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

Kuat tarik belah beton adalah beban yang diberikan pada beton tegak lurus sumbu bahannya. Menurut SNI 03-2491-2002 besarnya tegangan tarik beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

dimana:

f_{ct} = tegangan rekah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

D = diameter silinder (mm)

L = panjang silinder (mm)



Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan



Gambar 3. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dilakukan pada setiap variasi setelah benda uji direndam pada air normal maupun direndam langsung pada kanal air gambut dilapangan hingga benda uji berumur 28 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Material Agregat Kasar dan Halus

Pengujian material agregat kasar dan halus untuk pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat dan selanjutnya akan digunakan untuk perencanaan campuran (*mix design*)

benda uji. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Material Agregat Kasar dan Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Standar Spesifikasi
Agregat Kasar			
1	Modulus Kehalusan	4,31	6 - 7,1
2	Berat Jenis		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,56	2,58 - 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	1,57	< 2
3	Kadar Air (%)	0,25	< 5
4	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Padat	1,518	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,334	1,4 - 1,9
5	Ketahanan Aus (%)	34,44	< 40
Agregat Halus			
1	Modulus Kehalusan	3,98	1,5 - 3,8
2	Berat Jenis		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,60	2,58 - 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	0,81	< 2
3	Kadar Air (%)	0,40	< 5
4	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Padat	1,609	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,507	1,4 - 1,9
5	Kadar Lumpur (%)	1,41	< 5
6	Kadar Zat Organik	No.3	≤ No.3

3.2 Hasil Pengujian Kandungan Kimia Abu Sawit (POFA)

Hasil analisis kimia abu sawit yang berasal dari PT Bangun Tenera Riau, dapat dilihat pada Tabel 4.

Kandungan $SiO_3+Al_2O_3+Fe_2O_3$ pada abu sawit diperoleh sebesar 61,37%, maka abu sawit termasuk ke dalam golongan abu kelas C, yang menurut ASTM C618 selain memenuhi kriteria menjadi bahan pozzolanik juga memiliki beberapa sifat semen. Abu sawit yang bersifat pozzolan akan mereduksi jumlah $Ca(OH)_2$ yang selanjutnya membentuk gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang menambah ikatan sehingga stabilitas semen dilingkungan asam dapat meningkat.

Tabel 4. Komposisi Kandungan Kimia dari Abu Sawit (POFA)

Parameter Uji	Satuan	Hasil Analisa
SiO ₂	%	46,68
Al ₂ O ₃	%	13,87
Fe ₂ O ₃	%	0,82
CaO	%	8,79
MgO	%	5,82
Na ₂ O	%	0,03
K ₂ O	%	2,17
MnO	%	0,07
P ₂ O ₃	%	7,75
SO ₃	%	1,12
Cu	%	0,02
Zn	%	0,02
Kadar air	%	3,78

Sumber: Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang, 2016

3.3 Hasil Pengujian Kandungan Kimia Air Gambut

Hasil analisis kimia untuk air gambut yang berasal dari kanal air gambut di Desa Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kimia dari air gambut dan untuk validasi pengujian bahwa air gambut yang digunakan memang bersifat asam dan mengandung senyawa-senyawa kimia yang merusak ketahanan beton.

Tabel 5. Komposisi Kandungan Kimia dari Air Gambut

Parameter Uji	Satuan	Hasil Analisa
pH	-	4,89
Klorida (Cl ⁻)	mg/L	28,40
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	1020,00

Sumber: Laboratorium Pengujian dan Analisa Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau, 2016

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 10,16×20,32 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tekan beton pada

gambut dan juga beton OPC abu sawit kondisi normal (OPC POFA_N) dibanding OPC_N sebagai beton normal atau sampel kontrol, namun peningkatan kuat tekan pada beton OPC abu sawit kondisi gambut (OPC POFA_G) cenderung lambat dibandingkan dengan beton OPC kondisi gambut (OPC_G).

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Massa (Kg)	f'c Rata-Rata (Mpa)
OPC_N	4,57	24,67
OPC POFA_N	4,62	27,14
OPC_G	4,52	26,22
OPC POFA_G	4,53	25,29

Beton OPC_G dan OPC dengan abu sawit kondisi gambut (OPC POFA_G) mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton OPC_N sebagai beton normal atau sampel kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian Pradana (2016) dan Prasetyo (2016) yang menunjukkan hasil bahwa air gambut meningkatkan kekuatan tekan beton.

Beton OPC abu sawit baik OPC POFA_N maupun OPC POFA_G mengalami peningkatan kekuatan dibandingkan dengan beton OPC_N sebagai beton normal atau sampel kontrol. Meningkatnya kuat tekan beton abu sawit dipicu oleh tingginya kandungan unsur SiO₂ pada abu sawit. Sata *et al* (2004) menunjukkan bahwa tingginya unsur SiO₂ pada abu sawit memperbaiki kekuatan beton. Adapun perbedaan peningkatan kuat tekan beton OPC POFA_G dibanding dengan OPC_G, karena pembentukan gel C-S-H sebagai perkuatan rekatan beton hanya terjadi setelah adanya reaksi antara SiO₂ pada abu sawit dengan kapur bebas (Ca(OH)₂) yang dilepaskan semen saat hidrasi dengan air (Nugraha & Antoni, 2007) atau gel C-S-H lambat terbentuk menunggu beton direndam agar kapur terhidrasi keluar.

Perbedaan peningkatan kuat tekan antara OPC POFA_N dengan OPC POFA_G disebabkan oleh kondisi perendaman yang berbeda. OPC POFA_G yang direndam langsung di kanal air gambut memperlambat

reaksi pozzolanik pembentukan gel C-S-H akibat air gambut yang mengalir atau akibat adanya interusi arus yang mengganggu reaksi SiO₂ dengan (Ca(OH)₂).

3.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 15×30 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang terlihat pada Tabel 7 memiliki *trend* yang cenderung sama dengan hasil pengujian kuat tekan beton (Tabel 6). Hal ini menunjukkan cocoknya *mix design* dan keseragaman pada proses pembuatan beton pada setiap sampel dan juga menunjukkan metode pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah cenderung sama, yaitu beban saat pengujian sama berasal dari *Compression Test Machine*.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Kode Benda Uji	Massa (Kg)	fc _t Rata-Rata (Mpa)
OPC_N	12,37	2,37
OPC POFA_N	12,32	2,59
OPC_G	12,23	2,48
OPC POFA_G	12,48	2,41

Berdasarkan hasil uji tarik belah yang terlihat pada Tabel 7 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tarik belah beton pada kondisi gambut dan juga beton OPC abu sawit kondisi normal (OPC POFA_N) dibanding OPC_N sebagai beton normal atau sampel kontrol, namun peningkatan kuat tarik belah pada beton OPC abu sawit kondisi gambut (OPC POFA_G) cenderung lambat dibandingkan dengan beton OPC kondisi gambut (OPC_G).

Hasil ini menunjukkan bahwa air gambut juga dapat mempercepat dan menaikkan ikatan pasta semen dan agregat, sehingga beton OPC_G dan OPC POFA_G meningkat kuat tarik belahnya pada umur 28

hari dibandingkan dengan beton normal OPC_N.

Peran reaksi pozzolanik berupa gel C-S-H pada beton abu sawit juga membantu menambah rekatan antar pasta dan agregat, sehingga pada umur 28 hari beton OPC POFA_N maupun OPC POFA_G memiliki kuat tarik belah yang lebih tinggi dibanding beton normal OPC_N. Namun, lambatnya reaksi pozzolanik dalam pembentukan gel C-S-H juga menyebabkan perbedaan peningkatan kuat tarik belah antara beton OPC POFA_G dengan beton OPC_G pada umur 28 hari.

Perbedaan peningkatan kuat tarik belah antara beton OPC POFA_N dengan beton OPC POFA_G juga disebabkan oleh perbedaan perendaman dimana pada OPC POFA_G mengalami interusi arus air gambut saat rendaman langsung di kanal gambut sehingga semakin memperlambat reaksi pembentukan gel C-S-H.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Penggantian semen OPC dengan 10% abu sawit (POFA) pada beton dan penggunaan air gambut sebagai pencampur dan perendaman beton berpengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari dibandingkan beton normal OPC.
2. Penggantian semen OPC dengan 10% abu sawit (POFA) pada beton dan penggunaan air gambut sebagai pencampur dan perendaman beton berpengaruh dalam meningkatkan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dibandingkan beton normal OPC.
3. Nilai kuat tekan beton berbanding lurus dengan nilai kuat tarik belah beton yang dihasilkan.

4.2 Saran

1. Pemilihan agregat agar dapat memperhatikan nilai hasil uji karakteristik yang memenuhi standar spesifikasi untuk pembuatan *mix design* beton.

2. Perlu ditambahkan umur pengujian untuk menguji ketahanan beton dan batasan peningkatan kekuatan beton dengan abu sawit (POFA).
3. Perlu perlakuan khusus dalam memberi label beton pada saat perendaman langsung di lingkungan gambut agar sampel beton tidak tertukar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (ACI) Committee 211.1.** 1991. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.* Journal ACI Committee 201.1.
- American Society for Testing and Material (ASTM) C618.** 2001. *Standard Specification for Coal Ash and Raw or Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete.* United States: ASTM International.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BB Litbang SDLP).** 2011. *Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000.* Jakarta: BB Litbang SDLP
- Direktorat Jenderal Perkebunan (Dirjen Perkebunan).** 2014. *Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015: Kelapa Sawit.* Jakarta: Dirjen Perkebunan.
- Hutapea, U.** 2014. *Ketahanan Mortar di Lingkungan Gambut.* Pekanbaru: Universitas Riau.
- Nugraha, P. & Antoni.** 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi.* Yogyakarta: Andi Offset.
- Pradana, T.** 2016. *Sifat Mekanik dan Porositas Beton Semen OPC, PCC dan OPC POFA di Lingkungan Gambut.* Pekanbaru: Universitas Riau.
- Prasetyo, A.** 2016. *Sifat Mekanik Beton Semen OPC dan OPC POFA Menggunakan Air Gambut sebagai Air Pencampur.* Pekanbaru: Universitas Riau.
- Refnita, G., Zuki, Z. & Yusuf, Z.** 2012. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC serta Analisis Air Laut yang Digunakan Untuk Perendaman.* Jurnal Kimia Unand, Vol 1 No. 2 2012.
- Rosani, A. M.** 2011. *Pengaruh Penggunaan Air Gambut Tembilhan Terhadap Kuat Tekan Beton.* Pekanbaru: Universitas Riau.
- Sata, V., Jaturapitakkul, C., & Kiattikomol, K.** 2004. *Utilization of Palm Oil Fuel Ash in High-Strength Concrete, (December),* 623–628.
- SNI 03-1968-1990.** 1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990.** 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990.** 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2491-2002.** 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.* Bandung: Badan Standardisasi Nasional.