



ISSN : 2355-617X
E-ISSN : 2828-1160

Jurnal Ilmiah Bering

Editor Office : PPPM Institut Teknologi Pagar Alam

Jl. Masik Siagim No 75 Simpang Mbacang, Pagar Alam, SUM-SEL, Indonesia

Phone : 0852-9064-2110

Email : itpaberings89@gmail.com

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH *STYROFOAM* DAN *FLY ASH* DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK DAN DAMPAK LINGKUNGAN

Abdi Nasrullah¹, Vike Itteridi²

Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Pagar Alam

Jalan Masik Siagim No.75 Simpang Mbacang Kec.Dempo Tengah Kota Pagar Alam

Sur-el : abdinasrullah4@gmail.com

Abstrak: Pertumbuhan pesat dalam industri konstruksi telah menjadi katalisator bagi perkembangan teknologi, terutama dalam konstruksi perumahan, perkantoran, dan gedung. Beton, sebagai materi konstruksi yang telah lama dikenal, digunakan secara luas dalam berbagai proyek pembangunan karena keunggulannya, termasuk kekuatan yang optimal, ketahanan api, ketahanan terhadap perubahan cuaca, ketersediaan yang baik, dan kemudahan dalam proses pengerjaannya. Namun, keberatannya yang tinggi telah menjadi kelemahan utama karena meningkatkan beban mati pada struktur. Oleh karena itu, inovasi dalam teknologi beton menjadi penting untuk memenuhi kebutuhan akan beton yang ramah lingkungan dengan berat jenis yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi penggunaan limbah styrofoam dan fly ash sebagai tambahan dalam produksi beton ringan. Fokus utama dari studi ini adalah untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari penggunaan limbah styrofoam dan fly ash dalam beton, sekaligus mengukur pengaruh keduanya terhadap kekuatan dan karakteristik beton ringan. Metode yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah styrofoam pada persentase 5 dan 10% tidak optimal sebagai pengganti agregat kasar karena tidak menghasilkan kuat tekan yang diinginkan, namun, campuran styrofoam mampu mengurangi berat beton. Sementara itu, penambahan limbah fly ash pada persentase 5 dan 10% sebagai pengganti semen menghasilkan peningkatan kuat tekan pada beton.

Kata Kunci : Beton ringan, Limbah *styrofoam*, *Fly ash*

Abstract: Rapid growth in the construction industry has been a catalyst for technological advancements, especially in residential, office, and building construction. Concrete, a well-known construction material, is widely used in various development projects due to its strengths, including optimal strength, fire resistance, weather resilience, availability, and ease of processing. However, its high density has become a major drawback, increasing the dead load on structures. Hence, innovation in concrete technology is pivotal to meet the demand for environmentally friendly concrete with lower density. This research aims to explore the potential of using styrofoam and fly ash waste as additives in lightweight concrete production. The primary focus of this study is to evaluate the environmental impact of styrofoam and fly ash in concrete, alongside measuring their influence on the strength and characteristics of lightweight concrete. Experimental methods were employed in this research. Results indicate that utilizing styrofoam at 5 and 10% levels as a substitute for coarse aggregate isn't optimal

due to inadequate compressive strength, yet styrofoam mixtures contribute to reducing concrete weight. Conversely, incorporating fly ash waste at 5 and 10% as a substitute for cement enhances concrete's compressive strength.

Keywords: Lightweight concrete, Styrofoam waste, Fly ash

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat di sektor konstruksi turut berdampak pada kemajuan teknologi konstruksi, terutama dalam pembangunan properti seperti perumahan, kantor, dan bangunan struktural lainnya. Penggunaan beton telah menjadi pilihan utama sebagai bahan konstruksi karena keunggulannya dibandingkan dengan material struktural lainnya, termasuk kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap api, daya tahan terhadap cuaca, ketersediaan yang melimpah, dan kemudahan penggunaannya. Namun, kepadatan tinggi beton menjadi hambatan signifikan karena dapat meningkatkan beban mati pada struktur. Oleh karena itu, terus diperlukan inovasi dalam teknologi beton untuk memenuhi tuntutan akan beton yang ramah lingkungan dan memiliki kepadatan yang lebih rendah, yang dikenal sebagai beton ringan.

Proses pembuatan beton ringan melibatkan penggunaan bahan campuran dengan kepadatan rendah, di antaranya adalah bahan alternatif seperti styrofoam yang terkenal karena kepadatannya yang rendah. Styrofoam, yang terbuat dari polistiren atau dikenal sebagai busa polistiren, bersama dengan fly ash (abu terbang), seringkali menjadi limbah industri yang menciptakan masalah lingkungan karena sulit terurai di alam. Berdasarkan permasalahan ini, penelitian dilakukan dengan fokus pada konsekuensi negatif limbah styrofoam dan fly ash serta upaya pemanfaatannya sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton ringan. Penelitian ini juga memiliki tujuan untuk mengevaluasi sejauh mana pengaruh styrofoam dan fly ash dalam komposisi campuran beton.

2. METODE PENELITIAN

Langkah ini melibatkan penerapan metode eksperimen untuk meneliti pengaruh substitusi styrofoam dan fly ash terhadap kekuatan tekan beton. Styrofoam yang digunakan berasal dari limbah di Kota Pagar Alam, sementara fly ash diperoleh dari limbah hasil pembakaran batu bara Pln Kabupaten Lahat. Agregat halus diambil dari Lematang Indah Kota Pagar Alam, dan agregat kasar batu split diperoleh dari Kabupaten Lahat. Sementara itu, semen dan air diperoleh dari toko bangunan terdekat dan lokasi di Jl. Kapten Sanap Kota Pagar Alam, secara berurutan.

Semua sampel diuji pada periode waktu tertentu untuk mengamati perkembangan kekuatan tekan. Pengujian ini melibatkan 3 sampel beton yang diuji berdasarkan kekuatan tekan. Campuran material beton memiliki distribusi partikel yang optimal. Pembuatan benda uji menggunakan cetakan kubus dengan dimensi 15 x 15cm. Proses perawatan kubus beton dilakukan dengan merendamnya dalam wadah berisi air, diikuti oleh pengujian pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium ITPA yang terletak di Jl. Masik Siagim Dempo Utara selama rentang waktu dari bulan September hingga bulan Juni 2018. Kegiatan penelitian melibatkan serangkaian uji dampak substitusi styrofoam dan fly ash terhadap kekuatan tekan beton, pembuatan benda uji, serta perawatan dan pengujian kekuatan tekan dilaksanakan di laboratorium kebinaan di Jl. Kapten Sanap Kota Pagar Alam.

2.2. Bahan dan Alat Penelitian

2.2.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Bahan penelitian yang digunakan sebagai bahan campuran beton.

No	Bahan Penelitian	Keterangan
1.	Semen	Semen Portland Tipe I (Semen Batu Raja)
2.	Agregat Kasar	Splite berasal dari kabupaten Lahat.
3.	Agregat Halus	Pasir Berasal dari Sungai Lematang kota Pagaram.
4.	Air	Jaringan air bersih kampus sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam.
5.	<i>Styrofoam</i>	Berasal dari limbah kota Pagar Alam.
6.	<i>Fly ash</i>	Berasal dari limbah Pln Kabupaten Lahat

2.2.2. Alat Penelitian

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini tersedia di Laboratorium ITPA di Jl. Masik Siagim Dempo Utara dan di Laboratorium Kebinamargaan di Jl. Kapten Sanap Kota Pagar Alam. Berikut adalah daftar peralatan yang digunakan:

1. Oven: Untuk mengeringkan agregat halus.
2. Cetakan kubus (15cm x 15cm): Digunakan untuk mencetak benda uji.
3. Sendok semen: Digunakan untuk memindahkan adukan ke kubus.
4. Satu set saringan atau ayakan: Untuk mengukur gradasi butir agregat halus.
5. Timbangan: Digunakan untuk menentukan berat bahan benda uji.
6. Scoop: Digunakan untuk pemindahan bahan.
7. Mesin molen kapasitas $\frac{1}{2}$ m³: Digunakan untuk mencampur bahan pengisi beton.
8. Loyang: Digunakan sebagai tempat penimbangan dan pengovenan.
9. Piknometer kapasitas 250 gram: Untuk tempat takaran agregat halus dan pengukuran berat jenisnya.
10. Gelas mm: Digunakan untuk mengukur takaran air yang digunakan.
11. Mistar: Digunakan untuk mengukur hasil benda uji.
12. Bak rendam: Digunakan untuk merendam benda uji selama masa perawatan benda uji.

13. Alat uji kuat tekan beton: Digunakan untuk menentukan kuat tekan benda uji.

2.3. Pengujian Karakteristik Agregat

Beton adalah hasil dari kombinasi bahan-bahan seperti semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air, dan mungkin bahan tambahan lainnya. Fungsi semen sebagai perekat, sedangkan air membantu reaksi kimia saat beton mengeras dan dalam perawatannya. Agregat halus dan kasar berperan sebagai pengisi, dipilih dengan ukuran yang meminimalkan ruang rongga di dalamnya. Kekuatan dan daya tahan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk komposisi campuran, kualitas bahan, teknik pengecoran, tahap finishing, serta suhu dan kondisi perawatan saat proses pengerasan berlangsung.

2.4. Berat Jenis Beton

Menurut SNI-03-2847-2013, beton merupakan hasil pencampuran semen Portland atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, membentuk massa padat, mungkin dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan. Struktur beton terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus biasanya terdiri dari pasir alam atau pasir hasil dari industri pemecah batu, sementara agregat kasar dapat berupa batu alam atau hasil pemecahan batu industri.

Beton ringan memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan beton normal. Secara umum, semua jenis beton ringan memiliki banyak ruang rongga di dalamnya. Sesuai dengan SNI-03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang menggunakan agregat ringan dan densitasnya tidak melebihi 1900 kg/m³. Oleh karena itu, berdasarkan metode perolehannya menurut (Tjokrodiluljo 1996), beton ringan terbagi menjadi tiga jenis dasar, yaitu:

Beton dengan agregat ringan.

Beton busa.

Beton tanpa agregat halus (non-pasir).

Menurut (Tjokrodiluljo 2003), beton ringan memiliki densitas antara 1000-2000 kg/m³. Berdasarkan densitasnya dan

penggunaannya, beton dapat dikelompokkan ke dalam empat kategori.

yang ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Pemakaian
Beton sangat ringan		Non struktur
Beton ringan	< 1000	Struktur
Beton normal	1000-2000	ringan
Beton berat	2300-2500	Struktur
	> 3000	Perisai sinar X

2.5 Tahap Pencampuran (SNI 03-2834- 2002)

Langkah-langkah pencampuran atau pengadukan antara semen, pasir, Styrofoam, fly ash, dan air dilakukan secara homogen, dengan proses sebagai berikut:

1. Tahap pencampuran dimulai dengan menimbang kebutuhan setiap material.
2. Setiap material kemudian dicampur sesuai dengan komposisinya untuk membentuk campuran yang akan digunakan pada tiga benda uji berbeda.
3. Benda uji yang digunakan berupa cetakan kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm.
4. Proses pengadukan dilakukan dengan cermat untuk memastikan campuran merata.
5. Campuran dibiarkan selama 28 hari agar dapat mengeras. Selama periode 28 hari, bahan perlu dipelihara dengan melakukan proses perendaman.
6. Pada umur 7, 14, dan 28 hari, benda uji dilepaskan dari cetakan dan dilakukan pengujian sesuai prosedur yang ditetapkan.

2.6 Pengujian beton segar

Pengujian beton segar dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi campuran sebagai dasar untuk mempermudah proses pekerjaan, prosedur pengadukan, dan pengecoran sesuai standar SNI yang tertera dalam SK.SNI.T-28-1991-03. Biasanya, pengujian ini mencakup pemeriksaan slump dan setting time.

Slump flow, berbentuk kerucut ciptaan Abrams, sangat berguna dalam lapangan untuk mendeteksi keseragaman campuran sebelum benda uji dicetak. Terdapat beberapa jenis slump yang menjadi fokus:

1. True Slump: Menunjukkan penurunan seragam pada semua sisi kerucut beton setelah diangkat, menandakan konsistensi campuran yang baik.
2. Shear Slump: Adanya pergerakan sebagian kerucut beton ke arah miring, yang jika konsisten menandakan adanya kekurangan dalam sifat kohesi campuran.
3. Collapse Slump: Merujuk pada runtuhnya campuran setelah kerucut diangkat, menunjukkan adanya kegagalan pada sifat slump.

2.7 Pengujian Slump (SNI 1972:2008)

Langkah-langkah pengujian slump beton melibatkan penentuan nilai slump beton, baik di laboratorium maupun lapangan. Nilai-nilai yang tercatat disajikan dalam Satuan Internasional dan berfungsi sebagai standar. Berikut adalah langkah-langkah pengujian:

Basahi cetakan dan tempatkan di atas permukaan datar, lembab, yang tidak menyerap air, dan kaku. Cetakan harus dipegang kuat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Isi cetakan segera dengan sampel beton sesuai dengan ketentuan 6, dalam tiga lapis, masing-masing sekitar sepertiga dari volume cetakan.

Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan tusukan secara merata di permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah, perlukan tusukan miring sekitar setengah dari jumlah total di dekat batas cetakan, lalu lanjutkan dengan tusukan vertikal spiral di sekitar pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah hingga ke dalamnya, dan padatkan kedua lapisan lainnya hingga kedalamannya, pastikan tusukan menembus batas lapisan di bawahnya.

Selama pengisian dan pemadatan lapisan atas, tambahkan campuran beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Jika pemadatan membuat beton turun di bawah ujung atas cetakan, tambahkan campuran beton untuk menjaga kelebihan beton di bagian atas cetakan. Setelah lapisan atas dipadatkan, ratakan permukaan beton di bagian atas cetakan dengan mengelindingkan batang pemadat di atasnya.

Lepaskan cetakan dari beton dengan hati-hati dengan mengangkatnya secara vertikal. Angkat cetakan hingga jarak 300 mm dalam waktu 5 detik tanpa gerakan lateral atau torsional.

Lakukan seluruh proses pengujian mulai dari pengisian awal hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

2.8 Setting time

Setting time adalah saat mortar semen mulai mengikat setelah waktu tertentu, dan setelah itu mortar tidak boleh diganggu atau diubah lagi. Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini melibatkan saringan logam 5,0 mm, cawan logam, sendok aduk, sarung tangan karet yang tidak menyerap air, penetrometer, cetakan silinder, alat pemadat, stopwatch, dan mistar perata. Berikut adalah langkah-langkah pengujian:

1. Siapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan. Olesi cetakan dengan minyak pelumas.
2. Ambil beton segar dan saring dengan saringan 4,00 mm di atas kubus yang telah disiapkan hingga mencapai ketinggian sekitar 2 cm di bawah batas atas cetakan silinder.
3. Ketuk-ketuk bagian samping cetakan untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan meratakan permukaannya.
4. Letakkan benda uji di ruang lembab hingga mortar semen mencapai tingkat kekerasan yang memadai.
5. Tekan batang penetrometer menggunakan ujung terbesar hingga mencapai batas tanda yang terdapat dalam batang tersebut.
6. Ulangi proses penekanan dengan interval waktu yang semakin dekat.
7. Ganti ujung mata batang jika penekanan terasa sulit dengan diameter yang lebih kecil.

Proses penekanan dianggap selesai jika tekanan mencapai 500 psi untuk waktu ikat awal dan 4000 psi untuk waktu ikat akhir. Hitung angka yang terbaca pada batang penetrometer dengan membaginya dengan ukuran ujung penusuk yang digunakan (dalam ukuran mata penusuk: 1', ½', ¼', 1/10', 1/20'). Hitung resistansi penetrasi dengan memperhitungkan waktu yang dilalui menggunakan analisis regresi linear.

2.9 Pengadukan Material Campuran Beton

Setelah komposisi yang direncanakan untuk mencapai kekuatan tekan tertentu tersedia, langkah berikutnya adalah mencampurkannya dengan penyesuaian komposisi sesuai dengan kapasitas alat pencampur. Secara umum, pencampuran dilakukan hingga campuran beton

mencapai sifat plastis yang diinginkan. Tandanya termasuk adonan dengan warna merata, tingkat kelembutan yang memadai, dan tampak seragam. Proses pencampuran dilakukan menggunakan mesin pencampur beton (molen). Langkah-langkah pencampuran bahan material beton adalah sebagai berikut:

1. Menimbang semua bahan yang diperlukan, termasuk agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, air, styrofoam, dan fly ash sesuai dengan desain campuran.
2. Memasukkan bahan-bahan ke dalam molen dengan urutan yang tepat, dimulai dari agregat halus, agregat kasar, semen, air, styrofoam, dan fly ash secara bergantian. Memutar molen sampai adonan menjadi merata dan terlihat homogen, sambil secara bertahap menuangkan air ke dalam molen.
3. Mengoperasikan molen selama 10 menit untuk memastikan campuran tercampur dengan merata. Molen dibalik dengan hati-hati dengan kemiringan tertentu, menghindari tumpahan. Setelah pencampuran selesai, menuangkan campuran beton ke dalam cetakan silinder untuk proses pengecoran.
4. Menuangkan adukan beton ke dalam cetakan silinder untuk proses pengecoran.

2.10 Pencetakan Benda Uji (SK.SNI M-62-1990-03)

Berikut adalah langkah-langkah pencetakan benda uji dalam riset ini, yang berbentuk kubus dengan ukuran 15cm x 15cm, dengan tiga benda uji untuk setiap variasi agregat halus, diuji pada umur 3, 7, dan 28 hari untuk mengukur kekuatan tekan beton:

1. Menyiapkan cetakan kubus dan campuran beton yang telah disiapkan sebelumnya.
2. Melumasi permukaan bagian dalam cetakan kubus dengan menggunakan pelumas.
3. Menuangkan campuran beton ke dalam cetakan dan melakukan pemadatan dengan menumbuk besi sebanyak 25 kali pada setiap lapisan.
4. Setelah cetakan terisi penuh, bagian atasnya diratakan dan dipadatkan menggunakan alat cetok.
5. Membuka cetakan setelah proses pengerasan selama 24 jam.

Tabel. 2.10 Komposisi Campuran Beton

No	Kode	Semen (kg)	Fly ash (kg)		Agregat halus (kg)		Agregat Kasar		Air (Ltr)	Mutu Beto
				%	Splite (kg)	%	Styrofoam (kg)	%		
1	BN	1,0758	-	-	2,058	3,3957	100%	-	0,7090	K 17
2	BNF	1,0021	0,0537	-	2,058	3,3957	95%	-	0,7090	K 17
3	BCFS 5%	1,0021	0,0537	5%	2,058	3,226	100%	0,1029	0,7090	K 17
4	BCFS 10%	0,9683	0,0537	10%	2,058	3,3618	90%	0,2058	0,7090	K 17
5	BCTFS 5%	1,0758	-	-	2,058	2,226	5%	0,1029	0,7090	K 17
6	BCTFS 10%	1,0758	-	-	2,058	3,3618	10%	0,2058	0,7090	K 17

Keterangan Tabel 2.10

Bn = beton normal
 Bnf = beton normal campuran fly ash
 Bcfs = beton campuran fly ash dan styrofoam
 Bctf = beton campuran tanpa fly ash

2.11 Perawatan Benda Uji (SK.SNI M-62-1990-03)

Perawatan yang diterapkan pada benda uji dilakukan melalui metode perendaman. Tujuan dari perawatan ini adalah untuk memastikan bahwa proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan optimal, sehingga retak pada permukaan beton dapat diminimalkan dan mutu beton yang diharapkan dapat tercapai. Setelah cetakan dibongkar, perawatan beton dimulai dengan memberi nama dan nomor pada permukaannya sebelum direndam dalam bak perendaman sesuai dengan umur beton yang telah direncanakan. Selanjutnya, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman satu hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.

2.12 Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)

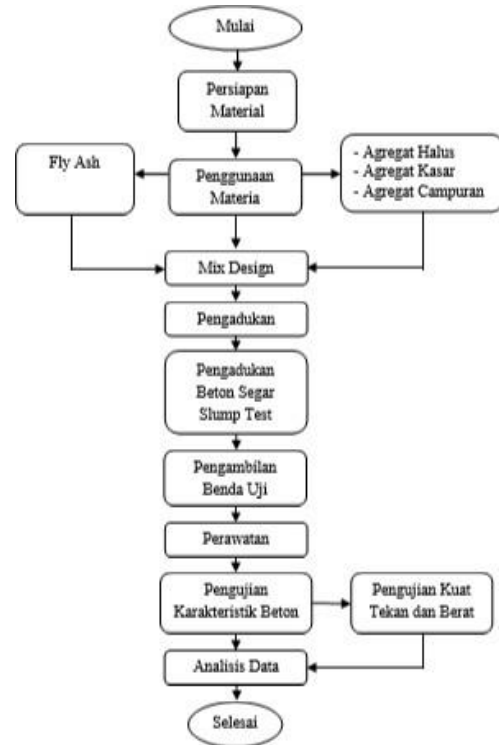
Untuk melakukan pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah berikut harus diikuti secara hati-hati:

1. Letakkan benda uji pada mesin tekan dengan posisi sentral.
2. Aktifkan mesin tekan dengan penambahan beban yang stabil, meningkat sekitar 2 hingga 4 kg/cm² per detik.
3. Lanjutkan pembebanan hingga benda uji mengalami kegagalan, dan catat beban maksimum yang diterapkan selama pengujian.
4. Amati serta catat pola retakan atau pecahan yang terbentuk, serta kondisi keseluruhan benda uji setelah pengujian selesai.

2.13 Analisa Data

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan dengan menggunakan hasil uji kuat tekan beton yang disajikan melalui tabel dan grafik. Data kuat tekan beton diperoleh dengan membagi beban maksimum benda uji dengan luas penampangnya, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengolahan data ini mencakup hasil pengujian bahan yang dilakukan di laboratorium untuk memahami pengerjaan beton.

2.14 Diagram Alir



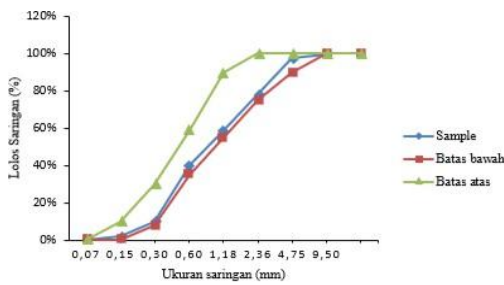
2.15 Analisis Saringan Agregat Halus

Pada tahap awal penelitian ini, dilakukan pengujian analisis saringan pada agregat halus sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990. Hasil dari pengujian tersebut terdokumentasikan dalam Tabel 2.15 dan Gambar 2.15.

Tabel 2.15. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan Berat (gram)		Tertahan Prosen (%)		Rata-Rata (%)	Kumulatif Tertahan Lolos (%)	
	I	II	I	II		(%)	(%)
9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	432,7	432,5	23,76	25,14	24,45	24,45	75,55
2,36	462,5	464,5	25,4	26,99	26,2	50,65	49,35
1,18	259,7	289,7	14,26	16,84	15,55	66,20	33,80
0,60	122,8	153,7	6,74	8,93	7,84	74,03	25,97
0,30	114,2	102,2	6,27	5,94	6,11	80,14	19,86
0,15	199,2	70,4	10,94	4,09	7,52	87,65	12,35
0,075	120,5	100,6	6,62	5,85	6,23	93,89	6,11
Pan	109,3	107,1	6,00	6,22	6,11	100,00	0,00
Jumlah	1820,9	1720,7	100,00	100,00	100,00		

Sumber : Teguh suprianto, 2017



Gambar .2.15 Grafik ukuran saring

Berdasarkan Tabel 2.15 dan Gambar 2.15 dapat dilihat hasil pengujian analisis agregat halus keluar dari batas atas saringan dan batas bawah yang diisyaratkan SNI 03-1968-1990. Berdasarkan hasil pengujian ini diindikasikan distribusi agregat halus saat pengecoran baik jadi agregat halus ini baik untuk campuran pembuatan beton ringan.

2.16 Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis, fokusnya adalah pada agregat halus, mengacu pada standar SK SNI 03-1970-1990. Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus terdokumentasikan dalam Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Hasil pengujian berat jenis agregat halus

Pengujian	Hasil
Berat benda uji SSD (gram)	Bj 520.00
Berat gelas + tutup + air (gram)	Bp 964.10
Berat gelas + tutup + air + benda uji (gram)	Bpj 1352.50
Berat benda uji kering oven (gram)	Bk 509.90
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	Bj 3.95
	Bj + Bp - Bpj
Berat Jenis Kering (Curah)	Bk 3.87
	Bj + Bp - Bpj
Berat jenis semu (Apparent)	Bk 4.20
Penyerapan air (%)	1.98
	Bj - Bp x 100 %
	Bk

Sumber : Teguh suprianto, 2017

Berat jenis agregat halus menunjukkan angka kering sebesar 3,87, sementara berat jenis semunya sekitar 4,20, dengan tingkat penyerapan air sebesar 1,98%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa agregat halus yang digunakan memiliki kemampuan yang relatif rendah dalam menyerap air dalam campuran beton.

2.17 Beton Segar (Slump test)

Pengujian beton segar yang dilakukan dalam penelitian ini adalah slump test, yang bertujuan untuk mengevaluasi workability atau kemampuan kerja campuran beton yang telah disiapkan. Hasil dari pengujian slump test ini dapat ditemukan pada Tabel 2.17 dan Gambar 2.17.



(a) Beton normal (b) beton campuran

Gambar 2.17 Gambar hasil slump test Tabel 2.17. Hasil pengujian slump beton

No	Kode	Nilai slump (cm)
1	BN	18
2	BNTF	21
3	BCF 5%	25
4	BCF 10%	21
5	BCTFS 5%	22
6	BCTFS 10%	23

Perbandingan hasil pengujian slump antara beton biasa dan beton yang mencakup campuran styrofoam serta fly ash terdapat pada Tabel 2.17. Dampak dari penurunan slump terhadap kekuatan tekan dapat diamati dari hasil pengujian tersebut. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa semakin tinggi viskositas campuran beton, maka kekuatan tekan yang dihasilkan cenderung meningkat. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai slump memiliki pengaruh terhadap kekuatan tekan beton.

2.18 Pengujian Berat jenis

Pengujian pertama untuk kekerasan beton adalah pengujian berat beton. Ini bertujuan untuk memahami dampak penambahan campuran styrofoam dan fly ash pada berat beton. Pengujian dilakukan pada interval umur 7, 14, dan 28 hari. Detail hasil pengujian berat beton terdapat dalam Gambar 2.18 dan tabel yang menyertainya



Gambar 2.18 proses pengujian berat jenis beton

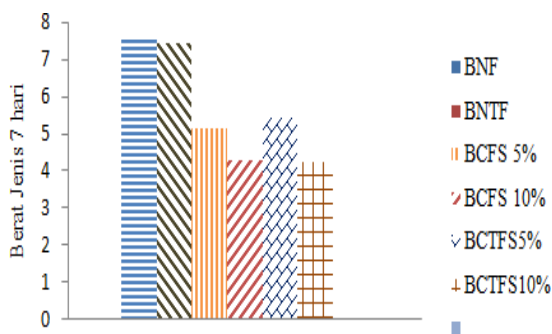
Dalam gambar 2.18, terdapat perbandingan hasil pengujian berat beton pada usia 7 hari antara beton normal dan beton campuran styrofoam serta fly ash.

2.18.1 Berat Beton Umur 7 Hari

Pemeriksaan berat rata-rata beton campuran styrofoam dan fly ash dilakukan ketika beton berumur 7 hari. Hasil pengujian berat beton rata-rata terdapat dalam Tabel 2.18.

Tabel 2.18 berat beton umur 7 hari

No	Kode	Berat Jenis Beton kg/m ³	Penurunan (%)
1	BN	7,56	0,00
2	BNTF	7,42	1,85
3	BCF 5%	5,11	32,40
4	BCF 10%	4,25	43,78
5	BCTFS 5%	5,40	28,57
6	BCTFS 10%	4,24	43,91



Gambar 2.18 Grafik Berat beton umur 7 hari

Dari data yang tertera pada Tabel 2.18 dan Gambar 2.18, dapat diamati perbandingan berat jenis berbagai jenis beton. Beton normal memiliki berat jenis sebesar 7,56 kg, sedangkan beton normal yang dicampur dengan fly ash menunjukkan berat jenis 7,42 kg. Adapun beton campuran dengan berbagai campuran fly ash dan

styrofoam memiliki berat jenis sebagai berikut: BCF 5% sebesar 5,11 kg, BCF 10% sebesar 4,25 kg, BCFS 5% sebesar 5,40 kg, dan BCFS 10% sebesar 4,24 kg.

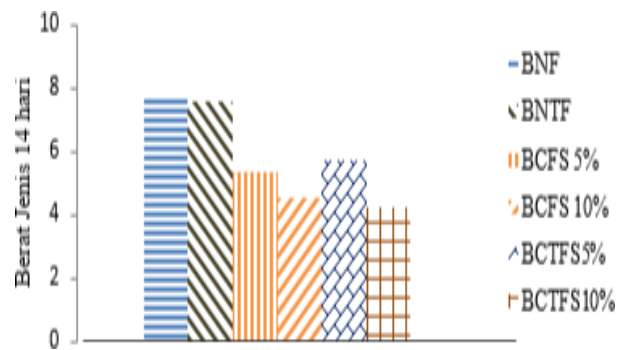
Dari hasil pengujian berat jenis beton pada usia 7 hari, terlihat bahwa beton normal menunjukkan nilai berat jenis yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan agregat kasar yang lebih banyak pada beton normal dibandingkan dengan campuran styrofoam pada beton tersebut.

2.19 Berat Beton Umur 14 Hari

"Pengujian berat beton normal dan campuran styrofoam serta fly ash dilakukan pada beton yang berumur 14 hari. Hasil pengujian berat beton dapat ditemukan dalam Tabel 2.19."

Tabel 2.19 Berat beton umur 14 hari

No	Kode	Berat Jenis Beton kg/m ³	Penurunan (%)
1	BN	7,76	0,00
2	BNTF	7,60	2,06
3	BCF 5%	5,34	31,18
4	BCF 10%	4,51	41,88
5	BCTFS 5%	5,75	25,90
6	BCTFS 10%	4,25	45,23



Gambar 2.19 Grafik Berat beton umur 14 hari

Hasil pengujian berat beton selama 14 hari menunjukkan peningkatan pada berat beton normal dari 7,56 kg pada usia 7 hari menjadi 7,76 kg. Demikian juga, beton campuran styrofoam dan fly ash juga mengalami peningkatan beratnya.

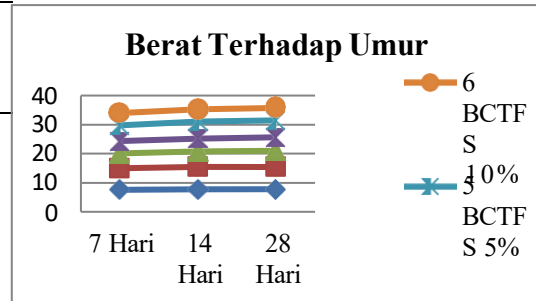
2.20 Berat Beton Umur 28 Hari

"Pengujian berat beton normal dan beton campuran styrofoam serta fly ash pada usia 28 hari terdapat dalam Tabel 2.20."

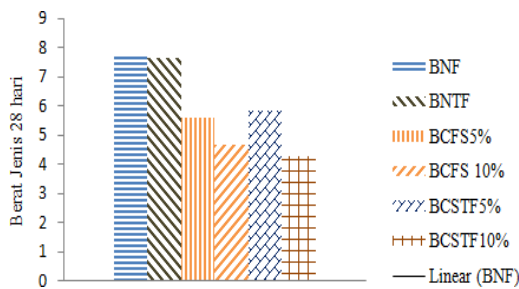
Tabel 2.20 Berat beton umur 28 hari

No	Kode	Berat Jenis Beton kg/m ³	Penurunan (%)
1	BN	7,77	0,00
2	BNF	7,64	1,67
3	BCF 5%	5,58	28,18
4	BCF 10%	4,64	40,28
5	BCTFS 5%	5,83	24,96
6	BCTFS 10%	4,27	45,04

4	BCF 10%	4,25	4,51	4,64
5	BCTFS 5%	5,40	5,75	5,83
6	BCTFS 10%	4,24	4,25	4,27



Gambar 2.21 gambar grafik berat terhadap umur



Gambar 2,20 Grafik Berat beton umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 2.20 dan Gambar 2.20, terlihat perbandingan berat jenis pada berbagai jenis beton. Beton normal memiliki berat jenis 7,77 kg, beton normal dengan fly ash memiliki 7,64 kg, dan beton campuran styrofoam dan fly ash menunjukkan angka 5% BCF 5,58, 10% BCF 4,64, 5% BCTFS 5,83, dan 10% BCTFS 4,27.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa beton yang telah dicampur dengan styrofoam pada usia 7, 14, dan 28 hari memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada beton normal."

2.21 Berat Beton Terhadap Umur

Pengujian berat beton konvensional serta beton yang dicampur styrofoam dan fly ash dilakukan pada masa 7, 14, dan 28 hari. Data hasil pengujian tertera pada tabel 2.21 dan gambar 2.21.

Tabel 2.21 Berat beton umur 7, 14 dan 28 hari.

No	Kode	Berat Beton Terhadap Umur		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	BN	7,56	7,76	7,77
2	BNF	7,42	7,60	7,64
3	BCF 5%	5,11	5,34	5,58

Berdasarkan data dari Tabel 2.21, terlihat variasi berat beton pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk semua komposisi campuran. Berat beton normal tercatat sebagai BN = 7,77 kg, BNF = 7,64 kg, BCFS 5% = 5,58 kg, BCFS 10% = 4,64 kg, BCTFS 5% = 5,83 kg, BCTFS 10% = 4,27 kg. Berat beton yang dicampur fly ash memiliki nilai lebih rendah dari beton normal, dan beton dengan fly ash dan styrofoam menunjukkan nilai berat lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak menggunakan fly ash dan styrofoam

2.22 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada tahap pengujian kekuatan tekan beton pada usia 7, 14, dan 28 hari, perbandingan antara beton konvensional dan beton yang terdiri dari campuran styrofoam dan fly ash tergambar pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Proses pengujian kuat tekan beton

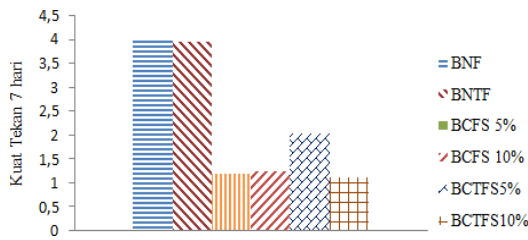
2.23 Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 hari

Pada pengujian awal kuat tekan pada usia 7 hari, tujuan utamanya adalah memahami kekuatan permulaan beton dan dampak penggunaan agregat styrofoam serta fly ash

terhadap kuat tekan beton. Informasi hasil pengujian kuat tekan beton pada usia 7 hari dapat ditemukan pada Tabel 2.23 dan Gambar 4.9.

Tabel 2.23. Kuat tekan beton umur 7 hari

No	Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Penurunan (%)
1	BN	3,93	0,00
2	BNTF	3,99	1,50
3	BCF 5%	1,91	70,18
4	BCF 10%	1,25	68,67
5	BCTFS 5%	2,03	49,12
6	BCTFS 10%	1,12	44,83



Gambar 2.23 Grafik kuat tekan umur 7 hari

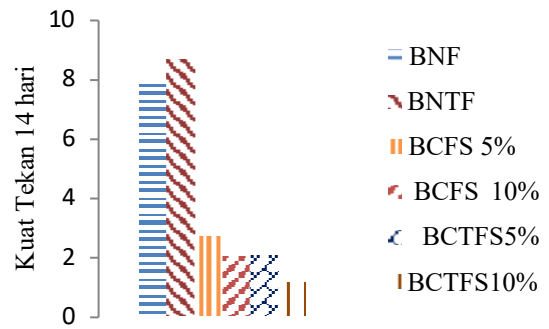
Dari Tabel 2.23 dan Gambar 2.23, terlihat bahwa beton normal mencapai kuat tekan 3,93 MPa. Ketika fly ash ditambahkan, kuat tekan naik menjadi 3,99 MPa. Namun, beton dengan campuran styrofoam dan fly ash 5% serta 10% memiliki kuat tekan masing-masing 1,91 MPa dan 1,25 MPa, mengalami penurunan dari beton normal. Sementara itu, beton campuran tanpa tambahan fly ash memiliki kuat tekan 2,03 MPa dan 1,12 MPa untuk campuran 5% dan 10%, mengalami penurunan dari yang menggunakan fly ash.

2.24 Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 hari

Uji kuat tekan kedua dilakukan pada beton yang berumur 14 hari. Hasil pengujian ini dapat ditemukan dalam Tabel 2.24 dan Gambar 2.24."

Tabel 2.24 Kuat tekan beton umur 14 hari

No	Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Penurunan (%)
1	BN	7,84	0,00
2	BNTF	8,63	-10,08
3	BCFS 5%	2,68	65,82
4	BCFS 10%	2,01	74,36
5	BCTFS 5%	2,49	74,11
6	BCTFS 10%	2,17	85,71



Gambar 2.24 Grafik kuat tekan umur 14 hari

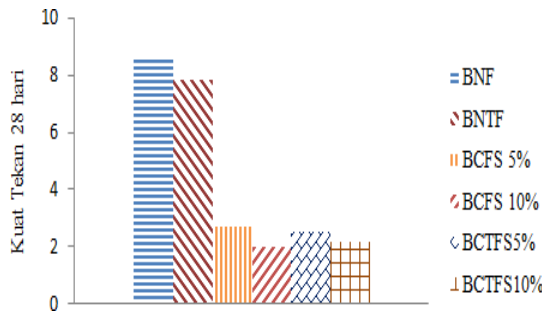
Berdasarkan data dalam Tabel 2.24 dan Gambar 2.24, terdapat peningkatan signifikan pada kuat tekan beton selama 14 hari. Beton normal menunjukkan peningkatan kuat tekan menjadi 7,63 MPa, sedangkan beton normal yang dicampur dengan fly ash menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan menjadi 7,84 Mpa. Sementara itu, beton yang dicampur dengan styrofoam tanpa fly ash menunjukkan nilai kuat tekan 5% BCFS 2,68 MPa, 10% 2,01 Mpa, 5% BCFS 2,49 MPa, dan 10% 2,17 MPa. Dari hasil pengujian pada umur 14 hari, terlihat peningkatan yang signifikan dari hasil pengujian pada umur 7 hari.

2.25 Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

Pengujian terakhir kuat tekan beton dilakukan setelah 28 hari, bertujuan untuk mengevaluasi kuat tekan terbaik dari semua campuran komposisi. Hasil dari pengujian kuat tekan beton selama 28 hari dapat diakses pada Tabel 2.25 dan Gambar 2.25

Tabel 2.25. Kuat tekan beton umur 28 hari

No	Kode	Kuat Tekan (Mpa)	Penurunan%
1	BN	14,97	0,00
2	BNTF	15,13	9,15
3	BCF 5%	4,02	68,95
4	BCF 10%	2,65	76,71
5	BCTFS 5%	3,86	71,15
6	BCTFS 10%	2,36	74,86



Gambar 2.25. Grafik kuat tekan umur 28 hari

Data dari Tabel 2.25 dan Gambar 2.25 menunjukkan bahwa setelah perendaman selama 28 hari, terdapat peningkatan kuat tekan pada beton normal dengan capaian 14,97 Mpa, sementara beton normal yang menggunakan fly ash mencapai 15,13 MPa. Sementara itu, beton campuran 5% BCFS mencapai 4,02 MPa, beton 10% BCFS 2,65 MPa, beton 5% BCTFS 3,86 MPa, dan beton 10% BCFS 2,36 MPa.

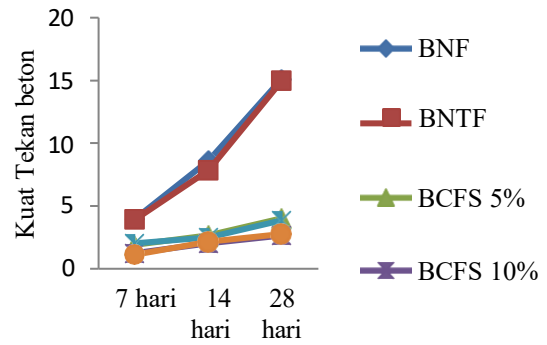
Dari tabel dan gambar tersebut, terlihat bahwa beton normal dengan penambahan fly ash pada umur 28 hari memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton pada umur 7 dan 14 hari.

2.26 Kuat Tekan beton Terhadap Umur

Proses pengujian kuat tekan beton pada periode 7, 14, dan 28 hari dilakukan untuk melacak perkembangan kekuatan beton dari waktu ke waktu. Data hasil pengujian kuat tekan beton pada berbagai tahapan umur dapat ditemukan dalam Tabel 2.26 dan juga diilustrasikan dalam Gambar 2.26.

Tabel 2.26 Kuat tekan beton terhadap umur

No	Kode	Kuat Tekan Dan Umur Beton		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	BN	3,93	7,84	14,97
2	BNF	3,99	8,63	15,13
3	BCF 5%	1,91	2,68	4,02
4	BCF 10%	1,25	2,01	2,65
5	BCTFS 5%	2,03	2,49	3,86
6	BCTFS 10%	1,12	2,17	2,36



Gambar 2.26. Grafik kuat tekan beton terhadap umur

Berdasarkan informasi dari Tabel 2.26 dan Grafik 2.26, dapat diamati bahwa ketahanan tekan beton terhadap umur seluruh komposisi campuran termanifestasi pada umur 28 hari. Kuat tekan komposisi beton normal menunjukkan hasil sebesar BN 14,97 MPa, BNF 15,13 MPa, BCFS 5% 4,02 MPa, BCFS 10% 2,65 MPa, BCTFS 5% 3,86 MPa, dan BCTFS 10% 2,36 MPa. Terlihat bahwa kuat tekan beton normal yang dicampur dengan fly ash menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton normal, sementara campuran beton yang menggunakan fly ash juga menunjukkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menggunakan fly ash.

2.27 Hubungan Kuat Tekan Dan Berat

Hasil pengujian yang telah dilaksanakan di laboratorium menghasilkan data berat dan ketahanan tekan beton, yang kemudian dipaparkan dalam tabel 2.27.

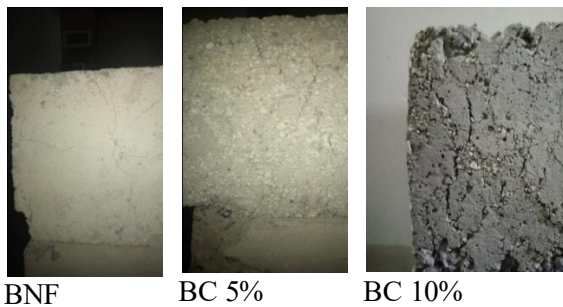
Tabel 2.27 Hubungan kuat tekan dan berat

No	Kode	Kuat Tekan Dan Berat			
		Kuat Tekan (Mpa)	Penurunan (%)	Berat Beton	Penurunan (%)
2	BNF	15,13	9,15	7,64	1,67
3	BCF 5%	4,02	68,95	5,58	28,18
4	BCF 10%	2,65	76,71	4,64	40,28
5	BCTFS 5%	3,86	71,15	5,83	24,96
6	BCTFS 10%	2,36	74,86	4,27	45,04

Dari data uji yang tercantum dalam Tabel 2.27, dapat diamati bahwa semakin meningkatnya berat campuran beton, berat beton juga mengalami peningkatan, dan kuat tekan yang dihasilkan adalah BN 14,9 MPa, BNF 15,13 MPa, dan BCTFS 2,36 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai berat persentase campuran pada beton memengaruhi ketahanan tekan beton.

2.28 Pola Retak Beton

Pola retak yang muncul selama pengujian ini diamati pada umur beton 7, 14, dan 28 hari, sebagaimana tertera berikut:



Gambar 2.28 Gambar pola retak beton

Dengan merujuk pada Gambar 2.28, dapat dijelaskan bahwa pola retak pada BNF menunjukkan retakan yang tersebar merata, hal ini disebabkan oleh komposisi campuran yang ada pada BNF. Pada BC 5%, pola retak pada campuran beton cenderung mengalami retakan memanjang ke bawah, yang terjadi karena adanya persentase 5% campuran styrofoam dalam beton. Sementara itu, pada BC 10%, pola retak menyebar merata dan mengalami pengelembungan, yang disebabkan oleh adanya persentase 10% campuran styrofoam dalam beton.

3. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah styrofoam pada persentase 5% dan 10% tidak optimal sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton, meskipun campuran styrofoam dapat mengurangi berat beton. Sebaliknya, penambahan limbah fly ash pada persentase 5% dan 10% sebagai pengganti semen mengakibatkan peningkatan ketahanan tekan beton.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (2013). "Beton - Persyaratan, Pengujian, dan Penggunaan", SNI-03-2847-2013.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (2002). "Beton Ringan - Persyaratan, Pengujian, dan Penggunaan", SNI-03-2847-2002.
- Tjokrodinuljo. (1996). Teknologi Beton. Library Automation Services (LASer) UMM.
- Tjokrodinuljo, K., 2003, Teknologi Beton, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (2002). SNI 03-2834-2002: Metode pengujian beban retak lentur pada benda uji beton. Jakarta: BSN.
- SK. SNI.T. (1991). SK.SNI.T-28-1991-03: Pengujian Beton. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (2008). SNI 1972:2008: Tata cara uji slump untuk beton fresh. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (1990). SK.SNI M-62-1990-03: Pencetakan Benda Uji. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (1990). SK.SNI M-62-1990-03: Perawatan Benda Uji. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSN). (1990). SNI 03-1974-1990: Tata cara uji kuat tekan beton. Jakarta: BSN.