PILAR JURNAL TEKNIK SIPIL
Vol.20 No. 01, Maret 2025
Diterbitkan oleh:
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya
ISSN (Print) : 1907 - 6975; ISSN (Online) : 2722 - 2926
https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/index

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH STYROFOAM TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Demanda Prajika[1], Selpi Herlina[1], Bastoni Hassasi[2], Lina Flaviana Tilik[2*], Tri Kurnia Rahayu.J[2]

[1]Alumni Program Studi DIII Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya
[2]Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

[*]Email Korespondensi : lina_tilik@yahoo.co.id

Naskah diterima : 05 Januari 2025. Disetujui: 01 Maret 2025. Diterbitkan : 30 Maret 2025

ABSTRACT

One approach to manage the styrofoam waste is utilizing it as a substitute for coarse or fine aggregates in concrete blocks or concrete. Previous studies indicated that the proportion of styrofoam replacement in concrete ranged from 10% to 100% of the aggregate volume. To gain clearer understanding of its effects on concrete properties, this study adopted smaller replacement levels of the material. The variations consisted of 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% of the fine and coarse aggregate volume. Concrete specimens with a target compressive strength of K-300 and dimensions of 15 × 15 × 15 cm were tested at curing ages of 14 and 28 days. The results indicated that higher styrofoam content led to reductions in both unit weight and compressive strength. In addition, the incorporation of styrofoam increased the mixture's workability, thereby making the concrete harder to handle.

Keywords *: lightweight concrete, styrofoam, compressive strength of concrete*

ABSTRAK

Salah satu bentuk penanganan limbah styrofoam adalah dengan memanfaatkannya sebagai substitusi agregat kasar maupun agregat halus pada batako atau beton. Pada penelitian sebelumnya, besarnya persentase penambahan styrofoam pada beton berkisar 10 – 100% dari volume agregat. Pada penelitian ini, untuk mengetahui lebih jelas mengenai sifat beton dengan penambahan styrofoam, digunakan variasi yang lebih kecil, yakni sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% dari volume agregat halus dan kasar. Beton dengan kuat tekan rencana sebesar K-300 berdimensi 15 cm x 15 cm x 15 cm kemudian diuji kuat tekannya pada umur perawatan 14 dan 28 hari. Hasilnya, bertambahnya persentase styrofoam pada beton semakin mengurangi nilai bobot isi beton dan mengurangi nilai kuat tekan beton. Selain itu, penambahan styrofoam pada beton juga meningkatkan kelecakan beton sehingga beton semakin sulit untuk dikerjakan.

Kata kunci : beton ringan, styrofoam, kuat tekan beton

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai beton dengan subtitusi styrofoam telah banyak dilakukan sebagai salah satu bentuk beton ramah lingkungan. Styrofoam dipilih karena memiliki berat jenis yang sangat kecil yakni 13 – 16 kg/m3 sehingga sering kali menjadi salah satu agregat substitusi pada beton ringan. Selain itu, styrofoam juga memiliki sifat kedap air, sehingga dapat dianggap sebagai rongga udara pada beton. Selain digunakan pada beton ringan, styrofoam juga digunakan sebagai substitusi agregat pada batako maupun beton. penggunaan

persentase styrofoam sesuai penelitian terdahulu berkisar antara 10% – 100% dari volume agregat halus dan/atau agregat kasar. Untuk mengetahui pengaruh styrofoam pada beton, dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada beton yang umumnya dilakukan pada saat umur beton mencapai 28 hari.

Substitusi agregat dengan styrofoam pada batako atau beton menghasilkan pengurangan pada nilai kuat tekan dan kuat lentur. Semakin banyak agregat yang disubstitusi dengan styrofoam, maka nilai kuat tekan akan semakin mengecil. Pada batako, penelitian [1] menyebutkan bahwa pengurangan kuat tekan beton sebesar 100% diperoleh pada batako dengan agregat halus sepenuhnya diganti dengan styrofoam. Pada beton ringan, penelitian [2] styrofoam sebanyak 60% dari volume pasir dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 52%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar pada beton. Pengujian yang dilakukan untuk melihat perubahan tersebut terditi dari pengujian slump test, bobot isi, dan kuat tekan beton. Beton dengan kuat tekan rencana sebesar K-300 akan dibuat dalam variasi penambahan styrofoam sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% dari volume agregat halus dan kasar.

1.1. Limbah styrofoam

Styrofoam merupakan material dengan berat jenis yang sangat kecil yaitu berkisar antara 13-16 kg/m3. Selain ringan, styrofoam juga memiliki kemampuan meyerap air yang sangat kecil (kedap air). Penggunaan Styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun, keuntungan menggunakan Styrofoam dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah Styrofoam mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang rapat meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran Styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah Styrofoam yang digunakan dalam beton untuk memperoleh beton dengan berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah.

1.2. Penggunaan Styrofoam dalam bidang teknik sipil

Penggunaan styrofoam pada batako dan beton sering digunakan sebagai pengganti agregat. Pencampuran material ini berkisar dari 10% - 100% dari volume agregat. Tujuan dari penambahan styrofoam ini adalah untuk mendapatkan beton ringan dengan variasi penambahan styrofoam yang dapat diaplikasikan untuk tujuan struktural, nonstruktural, dan isolasi berdasarkan SNI 03-3449-2002 . Umumnya, pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan untuk mengukur pengaruh penambahan styrofoam pada batako dan beton. Berdasarkan penelitian terdahulu, penambahan styrofoam pada batako atau beton dapat mengurangi nilai kuat tekan maupun kuat lentur beton.

1.3. Styrofoam pada Batako

Batako dengan styrofoam dapat dijadikan alternatif sebagai material kegiatan non struktur dan struktur ringan, hal ini diakibatkan berat isi Styrofoam yang ringan sebesar 16.1 kg/m^3 [1]. Batako Styrofoam belum memenuhi standar kuat tekan SNI namun memenuhi nilai kuat tekan batako komersial pada umumnya [1]. Campuran styrofoam pada batako umumnya berkisar dari 10% – 85 % dari volume agregat halus.

Penelitian terdahulu [1] menyebutkan, pada penambahan variasi styrofoam sebesar 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari volume agregat halus, terjadi penurunan kuat tekan batako sebesar 65%, 68%, 89%, 96%, dan 100%. [3] melakukan penelitian yang sama, namun dengan variasi styrofoam yang berbeda. Pada variasi Styrofoam sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40%, kuat tekan batako pada umur 7 hari dan 28 hari mengalami penurunan yang tidak jauh berbeda yakni sebesar 69%, 83%, 94%, dan 98%.

1.4. Beton ringan

Berdasarkan SNI 03-3449-2002, perbedaan jenis beton ringan diklasifikasikan berdasarkan nilai kuat tekan, nilai berat isi beton, dan jenis agregat penyusun [4]. Untuk konstruksi beton ringan dengan tujuan struktural, kuat tekan beton berkisar 17,24 – 41,36 MPa, berat isi 1400 – 1850 kg/m3, dan agregat dibuat dari proses pemanasan. Untuk

beton ringan dengan tujuan struktural ringan, nilai kuat tekan berkisar 6,89 – 17,24 MPa, berat isi 800 – 1400 kg/m3, dan jenis agregat dapat berasal dari agregat ringan alami. Untuk jenis konstruksi yang ditujukan untuk struktural sangat ringan/isolasi, besarnya kuat tekan tidak ditentukan, berat isi maksimum sebesar 800 kg/m3, dan jenis agregat dari perlit atau vermikulit.

Penggunaan limbah styrofoam sebagai substitusi agregat halus, lolos saringan 4,75 mm [2] pengganti agregat kasar [5] telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan styrofoam pada beton mengurangi kuat tekan pada beton ringan. Hasil penelitian [2] menunjukkan bahwa campuran Styrofoam dengan variasi 60%, 80%, dan 100% dari volume pasir menghasilkan penurunan kuat tekan sebesar 52%, 66%, dan 76%. Beton dengan substitusi Styrofoam sebesar 60% dan 80% dari volume pasir memenuhi batasan minimal kuat tekan beton ringan untuk struktur ringan, sedangkan substitusi styrofoam sebesar 100% dapat digunakan untuk non struktur seperti dinding partisi, kanopi, dan lain-lain [2].

Beton K-225 pada penelitian [6] dengan variasi penambahan styrofoam sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% pada agregat halus dan kasar menghasilkan besaran penurunan di atas 50% dari kuat tekan beton normal. Adapun pengurangan kuat tekan pada variasi tersebut berturut-turut sebesar 51%, 61%, 70%, dan 79%.

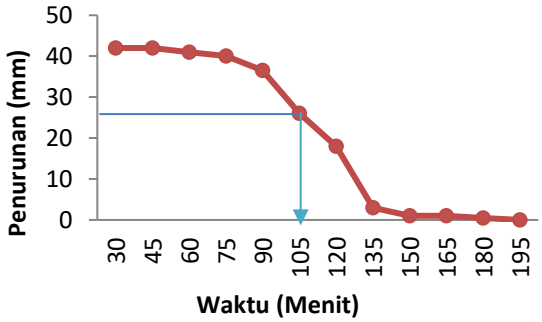
Berbeda dengan kuat tekan, penambahan persentase Styrofoam pada beton menghasilkan kuat lentur yang pengurangan yang semakin kecil. Hasil penelitian [7] menyebutkan bahwa Styrofoam sebagai bahan pengganti agregat halus dengan variasi persentase 10%, 20%, dan 30% menghasilkan pengurangan kuat lentur secara berturut-turut sebesar 61%, 42%, dan 20%.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel yang terdiri dari berbagai material, berupa semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan styrofoam.

2.1. Semen

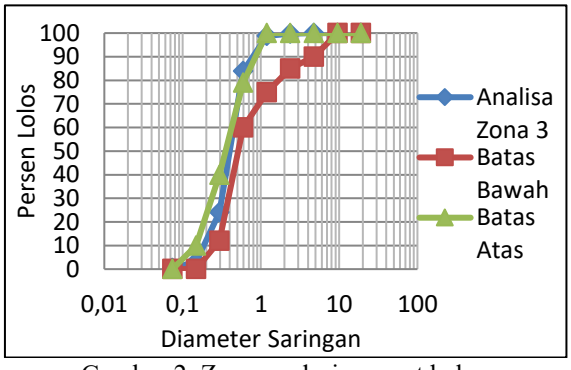
Semen yang digunakan merupakan semen portland tipe I dengan merk dagang Semen Baturaja. Berat jenis semen sebesar 3,031 gr/ml, konsistensi semen dengan air 120 ml menghasilkan nilai 24%. Penurunan waktu ikat semen memenuhi syarat waktu ikat awal yakni pada menit 106,85 dan waktu ikat akhir pada menit 195 sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penurunan waktu ikat semen

2.2. Agregat Halus

Agregat halus didapat dari Kawasan Tanjung Raja atau biasa disebut dengan Pasir Tanjung Raja. Berdasarkan pengujian Analisa saringan agregat halus pada Gambar 2, Pasir ini termasuk dalam gradasi zona 3 atau pasir halus. Pengujian Modulus Halus Butir (MHB) menghasilkan nilai MHB sebesar 3,05. Pengujian lain memberikan informasi berupa berat jenis bulk sebesar 2,45, SSD 2,48, berat jenis semu 2,51, dan persentase penyerapan air sebesar 0,87%. Kadar air dan kadar lumpur sebesar 5,8% dan 1,0%. Bobot isi gembur dan padat sebesar 1,292 gr/cm^3 dan 1,453 gr/cm^3.



Gambar 2. Zona gradasi agregat halus

2.3. Agregat Kasar

Agregat kasar atau split berasal dari daerah Musi 2 Kota Palembang dengan ukuran ½. Modulus Halus Butir (MHB) dari pengujian

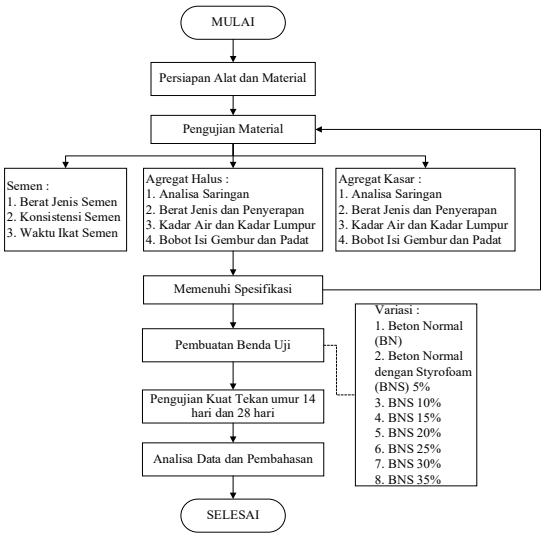
Analisa saringan sebesar 5,75. Berat jenis bulk sebesar 2,63, berat jenis permukaan kering (SSD) sebesar 2,66, dan berat jenis semu sebesar 2,69. Kadar air sebesar 3,6% dan kadar lumpur sebsar 1,8%. Bobot isi gembur dan bobot isi padat agregat kasar menghasilkan nilai sebesar 1,364 gr/cm^3.

2.4. Air dan Styrofoam

Air pada penelitian ini didapatkan dari Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya. Sedangkan styrofoam menggunakan limbah Styrofoam yang sudah tidak terpakai.

2.5. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**.



Gambar 3. Gambar diagram alir

2.6. Job Mix Formula (JMF)

JMF atau perancangan campuran beton digunakan untuk mendapatkan proporsi material penyusun beton yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Metode yang digunakan SNI 03-2834-2000 tentang Metode Perencanaan Campuran Beton [8]. Pada penelitian ini beton yang direncanakan memiliki mutu K-300 kg/cm2 untuk umur 14 hari dan 28 hari. Faktor air semen yang digunakan adalah nilai faktor air semen maksimum sebesar 0.468. Proporsi campuran beton divariasikan ke dalam delapan jenis, yakni BN, BNS 5%, BNS 10%, BNS 15%, BNS 20%, BNS 25%, BNS 30%, dan BNS 35% dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi campuran beton

Variasi Benda Uji	Semen	Split	Styrofoam Pengganti Split	Pasir	Styrofoam Pengganti Pasir	Air
BN	4,878	12,594	-	7,084	-	2,283
BNS 5%	4,878	11,964	0,630	6,730	0,354	2,283
BNS 10%	4,878	11,335	1,259	6,373	0,078	2,283
BNS 15%	4,878	10,705	1,889	6,021	1,063	2,283
BNS 20%	4,878	10,075	2,519	5,667	1,417	2,283
BNS 25%	4,878	9,446	3,149	5,313	1.771	2,283
BNS 30%	4,878	8,816	3,778	4,959	2.125	2,283
BNS 35%	4,878	8,186	4,408	4,605	2,479	2,283

Keterangan: Satuan dalam kg, BN: Beton Normal tanpa styrofoam, BNS: Beton dengan penambahan styrofoam

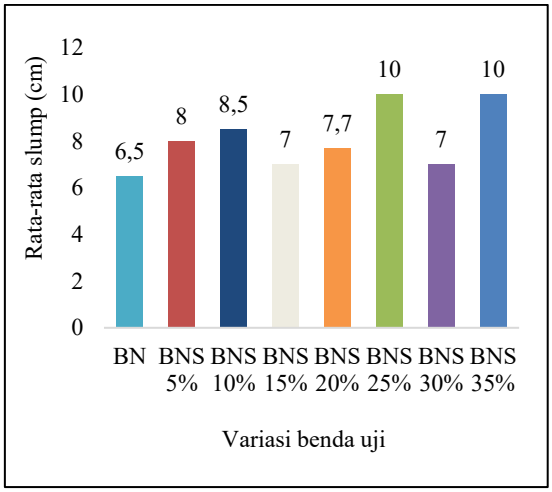
2.7. Pembuatan benda uji

Benda uji berupa kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Setiap variasi benda uji dibuat masing-masing 3 sampel untuk uji kuat tekan. Banyaknya sampel pengujian pada penelitian ini adalah sebanyak 48 benda uji. Setelah beton dicetak, perawatan beton dilakukan dengan perendaman benda uji dalam bak berisi air, sampai umur 12 hari beton dikeluarkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 14 hari dan diumur 26 hari untuk pengujian kuat tekan umur 28 hari

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Slump

Nilai Slump adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji Slump dengan cara beton segar dimasukkan ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpancung, kemudian bejana ditarik ke atas sehingga beton segar meleleh kebawah. Besar penurunan permukaan beton segar diukur, dan disebut nilai 'Slump'. Pengujian slump pada penelitian ini mengikuti SNI 1972-2008. Nilai slump yang digunakan pada pada pengujian ini adalah nilai slump rata rata yang diambil dari titik terendah, titik sedang, dan titik tinggi slump dari tiap variasi benda uji [9].



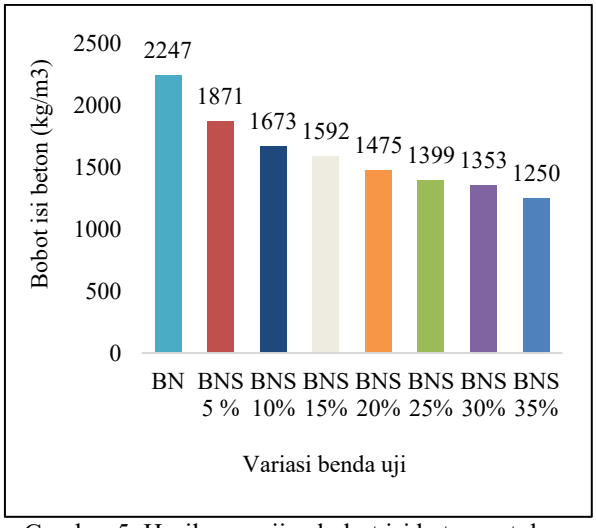
Gambar 4 Pengujian slump untuk tiap variasi benda uji

Pada pengujian slump, makin besar nilai Slump, maka beton segar makin encer dan ini berarti semakin mudah untuk dikerjakan. Gambar 4 menunjukkan nilai rata-rata slump yang didapat dari tiap variasi benda uji. Nilai slump tertinggi dengan nilai 10 cm didapat dari variasi BNS 25% dan BNS 35% dan nilai terendah slump sebesar 6,5 cm diperoleh dari variasi BN. Variasi lain menghasilkan nilai slump berkisar antara 7 cm -8.5 cm, BNS 10% dan BNS 30% (7 cm), BNS 20% (7,7 cm), BNS 5% (8 cm), dan BNS 10% (8,5 cm).

3.2. Bobot isi beton

Bobot isi beton untuk seluruh variasi ditunjukkan pada Gambar 5, berdasarkan grafik tersebut diketahui bahwa penambahan persentase styrofoam semakin mengurangi nilai bobot isi beton. Nilai bobot isi tertinggi diperoleh dari variasi BN sebesar 2247 kg/m3, nilai tersebut telah memenuhi nilai bobot isi yang direncanakan sesuai dengan SNI 03-2847-2019 atau sebesar 2.200-2.500 kg/m3 [10].

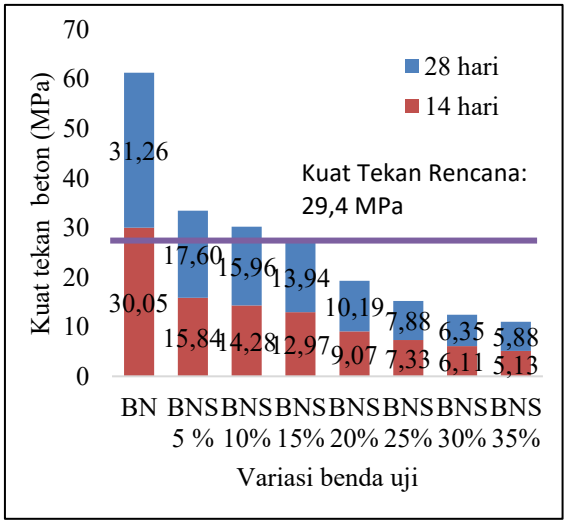
Sebaliknya, nilai bobot isi beton terendah didapatkan dari variasi BNS 35% sebesar 1250 kg/m3. Pengurangan bobot isi oleh variasi sisanya, BNS 5%, BN10%, BNS 15%, BNS 20%, BNS 25%, BNS 30% adalah sebesar 16,7%, 25,5%, 29,1%, 34,4%, 37,7%, 39,8%, 44,4%.



Gambar 5. Hasil pengujian bobot isi beton untuk tiap variasi benda uji

3.3. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 14 dan 28 hari untuk setiap variasi beton dengan mengikuti SNI 03-6468-2000. Dari hasil pengujian kuat tekan pada Gambar 6, penambahan styrofoam pada campuran beton mengurangi nilai kuat tekan. Kuat tekan rencana sebesar 300 kg/cm2 atau sebesar 29,4 MPa pada umur 28 hari hanya didapat dari beton tanpa penambahan styrofoam (BN), yakni sebesar 31,26 MPa. Hasil pengujian kuat tekan BN pada umur 14 hari juga telah melampui kuat tekan rencana, yakni sebesar 30,05 MPa.



Gambar 6. Kuat tekan beton tiap variasi pada 14 hari dan 28 hari

Pada variasi beton dengan penambahan 5% styrofoam pada agregat halus dan kasar (BNS5%), nilai kuat tekan beton yang

dihasilkan hampir 50% dari nilai kuat tekan beton normal, atau lebih tepatnya berkurang sebesar 47,3% pada umur 14 hari dan 43,7% pada umur 28 hari.

Kuat tekan paling kecil dihasilkan dari variasi penambahan styrofoam terbanyak, yakni dengan persentasi 35% (BNS 35%). Pada variasi BNS 35%, kuat tekan pada umur 14 hari dan pada umur 28 tidak mencapai 6 MPa, yakni sebesar 5,13 MPa dan 5,88 MPa. Besarnya pengurangan kuat tekan dari variasi BNS 10%, BNS 15%, BNS 20%, BNS 25%, dan BNS 30% pada umur 14 hari adalah sebesar 52,5%, 56,8%, 69,8%, 75,6%, dan 79,7% dari kuat tekan BN. Untuk jenis variasi yang sama, kuat tekan beton untuk umur beton 28 hari mengalami pengurangan sebesar 49,0%, 55,4%, 67,4%, 74,8%, dan 79,7%.

3.4. Diskusi

Berdasarkan SNI 03-3449-2002, nilai kuat tekan dan bobot isi beton dengan variasi penambahan styrofoam sebesar 10% - 25% pada agregat halus dan kasar dapat diklasifikasikan sebagai beton ringan dengan tujuan struktural ringan (kuat tekan berkisar 6,89 – 17,24 MPa dan berat isi 800 – 1400 kg/m3. Variasi lain seperti BNS 5% dan 35% tidak termasuk dalam klasifikasi beton ringan untuk tujuan apapun pada SNI 03-3449-2002 disebabkan nilai bobot isi dan kuat tekan yang tidak sesuai klasifikasi pada standar tersebut.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh akibat adanya penambahan styrofoam sebagai substitusi agregat halus dan kasar pada nilai slump, bobot isi, dan kuat tekan dari beton. Pada pengujian slump, penambahan styrofoam dapat meningkatkan nilai slump. Sebaliknya, pada pengujian bobot isi dan pengujian kuat tekan beton, penambahan persentase styrofoam pada campuran beton dapat menurunkan nilai bobot isi dan kuat tekan seiring dengan bertambahnya persentase styrofoam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah mendanai penelitian ini melalui PNBP dengan skema Penelitian Kerja Sama Dosen-Mahasiswa dengan No. 08293/PL6.2.1/PG/2023. Selain itu penulis menyampaikan pembagian tugas pada penelitian ini sebagai berikut: Bapak Bastoni Hassasi dan Ibu Lina Flaviana Tilik sebagai pembimbing penelitian, saudara/i Demanda Prajika dan Selpi Herlina sebagai pembuat sampel, persiapan benda uji, dan pengujian, terakhir Ibu Tri Kurnia Rahayu.J sebagai penulis jurnal.

Daftar Pustaka

[1] D. Ardiatma, P. A. Sari, and E. S. Maharani, "Analisis Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Styrofoam Sebagai Bahan Baku Pembuatan Batako," *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian kepada Masyarakat Unjani Expo (UNEX) I*, vol. 1, no. 1, pp. 31–36, 2019.

[2] K. Miswar, "Beton Ringan Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam," *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 10, no. 1, pp. 33–39, 2018, doi: 10.30811/portal.v10i1.981.

[3] L. S. Utami, N. Wayan, S. Darmayanti, J. Sabaryati, and M. N. Fadli, "Pemanfaatan Sampah Styrofoam Menjadi Batako Ringan," *ORBITA. Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, vol. 7, pp. 233–237, 2021.

[4] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-3449-2002 : Tata Cara Perancangan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan," *SNI 03-3449-2002*, 2002.

[5] E. Tarihoran, E. J. Kumaat, and R. S. Windah, "Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 6, pp. 859–866, 2020.

[6] M. Mansyur, E. S. Yusmartini, and D. Kharismadewi, "Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Kualitas Beton K-255," *Distilasi*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2021.

[7] Ega Rismana, Kusno Adi Sambowo, and Sittati Musalamah, "Uji Kuat Tekan Bata Beton Untuk Pasangan Dinding Dengan Campuran Limbah Styrofoam (Expanded Polystyrene)," *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 17, no. 1, pp. 18–25, 2022, doi: 10.21009/jmenara.v17i1.22900.

[8] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 03-2834-2000 : Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," *SNI 03-2834-2000*, pp. 1–34, 2000.

[9] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1972-2008 : Cra Uji Slump Beton," *Cara uji slump beton*, pp. 1–5, 2008.

[10] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *SNI 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.