



Pengembangan Genteng Inovatif Berbasis Limbah Plastik Dengan Admixture Untuk Pengurangan Sampah Dan Peningkatan Kualitas

Hernita Matana^{1*}, Rilva Toding Bua¹, Irwanto Pasorong¹, William Saputra¹

¹Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja, Indonesia

*Korespondensi: hernita@ukitoraja.ac.id

ABSTRAK

Indonesia menghadapi permasalahan serius terkait pengelolaan limbah plastik, di mana sekitar 83% limbah plastik tidak terkelola dengan baik dan berkontribusi besar terhadap pencemaran lingkungan. Limbah plastik jenis polipropilena (PP) dan polietilena (PE) yang sulit terurai secara alami menjadi ancaman bagi ekosistem. Penelitian ini bertujuan mengembangkan genteng inovatif berbasis limbah plastik dengan penambahan admixture untuk mengurangi sampah plastik sekaligus meningkatkan kualitas genteng beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi komposisi limbah plastik (2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%) dan admixture (damdex) sebanyak 2% pada campuran beton genteng. Pengujian meliputi uji kuat lentur, rembesan air, dan penyerapan panas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa genteng dengan 10% limbah plastik dan admixture memiliki kekuatan lentur tertinggi sebesar 1,625 N memenuhi standar sesuai dengan SNI 0096: 2007 memiliki beban lentur minimum 1400 N. Selain itu, pengujian rembesan air selama 20 jam \pm 5 menit, dengan jumlah sampel masing-masing variasi adalah dua sampel dan hasilnya menunjukkan bahwa tidak adanya satupun sampel pada bagian bawahnya yang terdapat tetesan air akibat rembesan. Pada suhu ruang tertinggi pada variasi plastik 10% HDPE dan 2% damdex yaitu $T_1= 51^\circ\text{C}$, $T_2=38^\circ\text{C}$, mengalami penurunan akibat penyerapan panas sebesar 13°C atau sebesar 23,08%. Potensi limbah plastik sebagai bahan alternatif ramah lingkungan dan ekonomis dalam industri konstruksi, khususnya untuk produk genteng berkualitas tinggi yang juga berkontribusi pada pengurangan sampah plastic.

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 28 Juni 2025

KATA KUNCI

Admixture; Beban Lentur; Genteng Beton; Limbah Plastik; Penyerapan Panas; Rembesan Air.

1. Pendahuluan

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam pengelolaan limbah plastik yang terus meningkat setiap tahunnya, di mana sekitar 83% limbah plastik tidak terkelola dengan baik dan berkontribusi signifikan terhadap pencemaran lingkungan, baik di darat maupun laut (Apriadi et al., 2024). Limbah plastik jenis polipropilena (PP) dan polietilena (PE), yang merupakan komponen utama sampah plastik rumah tangga dan industri, memiliki sifat yang sulit terurai secara alami sehingga menimbulkan akumulasi sampah yang mengancam ekosistem (Jamika, 2023). Sampah plastik merupakan sisa limbah yang sangat sulit terurai, plastik adalah bahan organik yang memiliki sifat mudah dibentuk ke bentuk apa saja jika terkena panas dan daya tekan yang kuat. Sampah plastik sangat sulit sekali terurai, para ahli memperkirakan sampah plastik membutuhkan waktu 500 sampai 1.000 tahun agar dapat terurai (Fiona & Fitri, 2023). Bahan plastik sendiri sangat familiar bagi kehidupan manusia bahkan hampir setiap hari setiap manusia pasti menggunakan bahan plastik dan menyumbangkan berjuta-juta sampah plastik setiap harinya. Bahkan di Negara Indonesia sendiri, Indonesia menempati kedudukan kedua dengan sampah plastik domestik yang bisa mencapai hingga 5,4 juta ton per tahunnya (Rahmi et al., 2022).

Berbagai Penelitian telah menyoroti potensi pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku alternatif dalam industri konstruksi, khususnya pada campuran beton struktural maupun non struktural. lastik memiliki karakter tahan lama, tahan korosi, isolator termal dan akustik yang baik, hemat energi, ekonomis, serta ringan. Semua sifat ini membuat plastik sangat berpotensi digunakan dalam konstruksi sipil karena mendatangkan banyak keuntungan, seperti peningkatan ketahanan terhadap retak, pengurangan bobot beton, efisiensi biaya, dan manfaat lingkungan melalui daur ulang limbah plastik (Indrawijaya, 2019).

Untuk beton non-struktural, Padang et al. (2024) mengeksplorasi pemakaian cacahan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan batako. Hasilnya menunjukkan batako tersebut memenuhi mutu kelas IV untuk kuat tekan dan mutu I untuk absorpsi air. Sejalan dengan itu, Murdiyoto (2022) menggunakan limbah PET untuk menghasilkan beton ringan dengan berat jenis kurang dari 1.100 kg/m³ dan kuat tekan maksimum sekitar 2,87 MPa, sehingga cocok untuk aplikasi non-struktural.

Di sisi lain, pemanfaatan plastik dalam beton struktural masih memiliki keterbatasan. Penelitian oleh Hamid et al. (2024) menggunakan plastik PET yang dilebur sebagai agregat kasar menunjukkan kuat tekan rata-rata pada variasi 30% substitusi masih memenuhi syarat beton normal non-struktural, sementara substitusi yang lebih tinggi menghasilkan beton mutu rendah. Demikian pula, Damayanti et al. (2024) menyatakan bahwa beton berbahan plastik dapat digunakan untuk elemen struktur ringan dan non-struktural, namun tidak disarankan untuk struktur utama karena kekuatan tekan belum memenuhi standar.

Dari hasil berbagai penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah plastik dalam beton umumnya terbatas pada beton non-struktural karena substitusi plastik menurunkan kuat tekan beton. Oleh karena itu, diperlukan inovasi, seperti penambahan bahan kimia tambahan, untuk meningkatkan mutu beton berbahan agregat plastik. Sebagai contoh, Pratikto (2011) menambahkan superplastisizer dan silica fume pada beton ringan berbasis agregat plastik sehingga menghasilkan kuat tekan 21,38 MPa, yang termasuk kategori beton ringan struktural.

Selain beton, genteng merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan di Indonesia, namun memiliki berat yang cukup besar. Berat genteng konvensional ini berperan penting dalam beban gempa pada bangunan bertingkat (Pratikto, 2011). Oleh karena itu, genteng berbasis limbah plastik menunjukkan potensi besar sebagai alternatif yang lebih ringan dan ramah lingkungan (Mahardika et al., 2021). Penggunaan limbah plastik dalam genteng juga dapat meningkatkan kualitas dan daya tahan melalui penambahan admixture, yakni bahan tambahan yang memperbaiki sifat fisik dan mekanik material.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui beban lentur, rembesan air (impermeabilitas), dan penyerapan panas pada genteng beton berbasis limbah plastik dengan admixture. Dengan demikian, pengembangan genteng inovatif ini tidak hanya menjawab kebutuhan teknis dan lingkungan, tetapi juga memberikan solusi sosial dan ekonomi yang mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini penting untuk menyediakan teknologi ramah lingkungan yang dapat mengatasi permasalahan limbah sekaligus meningkatkan kualitas material bangunan, sehingga berkontribusi pada pengelolaan sampah nasional dan pembangunan hijau.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental dengan serangkaian pengujian laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh substitusi agregat halus pada genteng beton. Limbah plastik yang digunakan sebagai substitusi agregat halus adalah plastik jenis High-Density Polyethylene (HDPE), yang telah diolah dengan cara dicacah dan disaring menggunakan saringan berukuran nomor 4 untuk mendapatkan ukuran agregat halus yang sesuai. Substitusi agregat halus pasir oleh plastik HDPE dilakukan secara parsial dengan variasi komposisi sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat total campuran agregat. Selain itu, dalam campuran juga ditambahkan admixture Damdex sebanyak 2% dari berat semen untuk meningkatkan kualitas beton. Perbandingan campuran semen (Portland Cement) dengan pasir adalah 1: 2. Benda uji genteng beton dibuat sebanyak 30-unit dengan ukuran standar 42 cm x 34 cm x 1 cm. Setiap variasi substitusi terdiri atas replikasi tiga benda uji untuk memastikan konsistensi hasil dan validitas statistik. Pengujian yang dilakukan meliputi uji beban lentur, uji rembesan air (impermeabilitas), dan uji penyerapan panas, yang semuanya berpedoman pada standar SNI 0096:2007 tentang Genteng Beton

Tabel 1. Variasi benda uji

No	Kode	Jumlah		
		Uji Beban Lentur	Rembesan Air	Penyerapan Panas
1	Genteng Beton Normal (GBN)	2	2	2
2	Limbah HPDE 2,5% + Damdex 2%	2	2	2
3	Limbah HPDE 5% + Damdex 2%	2	2	2
4	Limbah HPDE 7,5% + Damdex 2%	2	2	2

5	Limbah HPDE 10% + Damdex 2%	2	2	2
---	-----------------------------	---	---	---

Tabel 2. Mix design 1 Geteng Beton 42 x 34 x 1 cm

Uraian	Satuan	Genteng Beton Normal (GBN)	Limbah HPDE 2,5% + Damdex 2%	Limbah HPDE 5% + Damdex 2%	Limbah HPDE 7,5% + Damdex 2%	Limbah HPDE 10% + Damdex 2%
Semen	gr	813,31	797,05	797,05	797,05	797,05
Air	gr	284,66	284,66	284,66	284,66	284,66
Agregat halus	gr	2058,24	2030,19	2002,14	1974,09	1946,04
Limbah Plastik (HDPE)	gr	0	28,05	56,1	84,15	112,2
Damdex	gr	0	16,27	16,27	16,27	16,27

3. Hasil

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus (pasir)

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	0,5%-5%	3,45 %	memenuhi
2	Kadar Lumpur	SNI 03-4428-1997	0,2%-6%	2,04 %	memenuhi
3	Bobot Isi (Kondisi Lepas)	SNI 03-4804-1998	1,2-1,9 gr/cm ³	1,36 gram/cm ³	memenuhi
4	Bobot Isi (Kondisi Padat)	SNI 03-1969-1990	1,2-1,9 gr/cm ³	1,43 gram/cm ³	memenuhi
5	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	1,6-3,1 gr/cm ³	2,31 gr/cm ³	memenuhi
6	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	SNI 03-1969-1990	1,6-3,2 gr/cm ³	2,38 gr/cm ³	memenuhi
7	Berat Jenis Semu	SNI 03-1969-1990	1,6-3,3 gr/cm ³	2,49 gr/cm ³	memenuhi
8	Penyerapan	SNI 03-1969-1990	0,2%-5%	3,09 %	memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan, dapat dilihat bahwa semua parameter utama seperti kadar air, kadar lumpur, bobot isi (kondisi lepas dan padat), berat jenis, serta daya serap telah memenuhi syarat yang ditentukan dalam standar SNI 03-1969-1990 (Tabel 3). Hal ini menandakan bahwa pasir yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan konsisten untuk diaplikasikan dalam campuran beton. Pemenuhan standar mutu ini sangat penting karena kualitas agregat halus berperan langsung dalam menjaga performa beton, khususnya pada aspek kekuatan mekanik dan durabilitas. Penelitian sebelumnya oleh Cozy dan Saelan (2019) menunjukkan bahwa pasir dengan kandungan lumpur yang rendah dapat memberikan kontribusi positif pada kekuatan tekan dan daya tahan beton terhadap degradasi lingkungan.

3.2 Hasil Pengolahan Sampah Plastik/HDPE



Gambar 1. Hasil pencacahan limbah plastik

Gambar 1 memperlihatkan proses pencacahan limbah plastik HDPE sebagai bahan substitusi pada agregat halus. Pengolahan awal meliputi pencucian, pengeringan, pencacahan, dan penyaringan menggunakan saringan No. 4, yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam dan menghindari kontaminan yang dapat mempengaruhi kualitas beton. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Putra et al. (2021) yang menekankan bahwa homogenitas ukuran plastik merupakan faktor krusial dalam mencapai distribusi baik pada campuran beton dan menghindari penurunan sifat mekanik.

3.3 Hasil Pengujian Berat Isi Genteng Beton

Tabel 4. Hasil pengujian berat isi genteng beton

Kode	Berat (gr)	Volume (cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)
Limbah HPDE 2,5% + Damdex 2%	4180	1800	2,32
Limbah HPDE 5% + Damdex 2%	4151,5	1800	2,30
Limbah HPDE 7,5% + Damdex 2%	4135	1800	2,29
Limbah HPDE 10% + Damdex 2%	3849	1800	2,13

Berdasarkan Tabel 4, pengujian pada umur 28 hari menunjukkan bahwa dengan peningkatan variasi substitusi parsial limbah plastik HDPE dan penambahan admixture Damdex sebesar 2%, berat isi genteng beton mengalami penurunan secara bertahap. Genteng beton tanpa substitusi (GBN) memiliki berat isi 2,38 gr/cm³, sementara genteng dengan substitusi plastik HDPE hingga 10% mengalami penurunan berat isi signifikan hingga 2,13 gr/cm³, atau sekitar 10,15%.



Gambar 2. Hasil pemeriksaan berat genteng beton

3.4 Hasil Pengujian Beban Lentur

Pengujian beban lentur pada genteng dilakukan untuk mengetahui kemampuan genteng beton dalam menahan beban, dengan substitusi sebagian agregat halus (pasir) dengan plastik HPDE, Pengujian ini dilakukan pada umur 28 hari.

Tabel 5. Hasil pengujian berat beban lentur genteng beton

Kode	Benda Uji	Tebal Genteng (mm)	Berat Genteng (gram)	Beban Lentur (N)	Rata-Rata (N)
GBN	1	10	2491	2750	2625
	2	10	2697	2500	
Limbah HPDE 2,5% + Damdex 2%	1	10	2422	2800	2525
	2	10	2526	2250	
Limbah HPDE 5% + Damdex 2%	1	10	2562	2250	2150
	2	10	2377	2050	
Limbah HPDE 7,5% + Damdex 2%	1	10	2415	1750	1775
	2	10	2395	1800	
Limbah HPDE 10% + Damdex 2%	1	10	2397	1750	1625
	2	10	2398	1500	

Berdasarkan tabel 5, Pengujian beban lentur dilakukan pada genteng beton dengan substitusi sebagian agregat halus (pasir) menggunakan plastik HDPE dan penambahan admixture Damdex pada umur 28 hari (Tabel 5). Hasil pengujian menunjukkan bahwa genteng beton dengan substitusi plastik HDPE pada variasi 2,5% hingga 10% berhasil memenuhi standar minimum beban lentur sebesar 1400 N sesuai SNI 0096:2007, seperti yang juga didukung oleh penelitian Damayanti et al. (2024) dan Pratikto (2011).

Namun, terdapat tren penurunan nilai beban lentur rata-rata seiring dengan meningkatnya persentase substitusi plastik HDPE, yaitu dari 2625 N pada beton tanpa substitusi (GBN) menjadi 1625 N pada substitusi 10%. Fenomena ini dapat dijelaskan secara ilmiah oleh sifat mekanik plastik HDPE yang memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih rendah dibandingkan dengan agregat mineral alami (Putra et al., 2021). Dengan meningkatnya porsi plastik, kemampuan struktur beton untuk menahan beban lentur menurun karena terjadinya penurunan ikatan antarpartikel dan homogenitas campuran (Mahardika et al., 2021).

Penambahan admixture Damdex berperan untuk memperbaiki kohesi dan daya rekat antar partikel dalam beton, sehingga meski terjadi penurunan kekuatan lentur, performa genteng masih tetap berada dalam batas aman standar nasional (SNI). Hasil ini sejalan dengan temuan Sutrisno et al. (2018) yang menyatakan bahwa optimasi campuran dan penggunaan admixture dapat memitigasi penurunan sifat mekanik akibat substitusi agregat halus.



Gambar 3. Pengujian beban lentur

3.5 Hasil Pengujian Rembesan Air (Impermeabilitas)

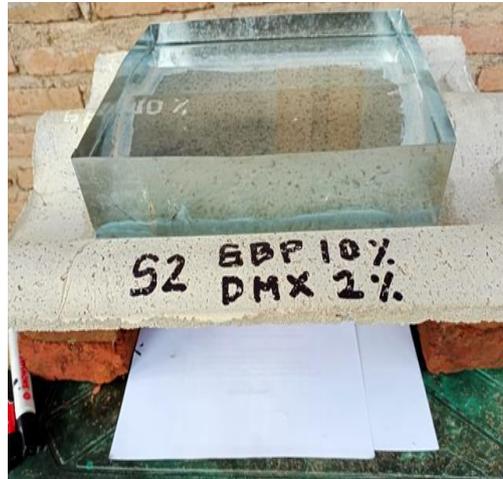
Pengujian rembesan air (*impermeabilitas*) bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang diserap oleh genteng beton. Pengujian ini dilakukan pada genteng beton umur 28 hari. Pengujian dilakukan secara manual

Tabel 6. Hasil pengujian rembesan air genteng beton

Kode	Benda Uji	Tebal Genteng (mm)	Berat Genteng (gram)	Rembesan Air
GBN	1	10	4252	Tidak Rembes
	2	10	4291	Tidak Rembes
Limbah HPDE 2,5% + damdex 2%	1	10	4178	Tidak Rembes
	2	10	4174	Tidak Rembes
Limbah HPDE 5% + damdex 2%	1	10	4153	Tidak Rembes
	2	10	4158	Tidak Rembes
Limbah HPDE 7,5% + damdex 2%	1	10	4134	Tidak Rembes
	2	10	4136	Tidak Rembes
Limbah HPDE 10% + damdex 2%	1	10	3799	Tidak Rembes
	2	10	3894	Tidak Rembes

Berdasarkan tabel 6, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh variasi genteng beton dengan substitusi parsial agregat halus menggunakan limbah plastik **HDPE** dan penambahan **admixture Damdex** pada ketebalan genteng 10 mm tidak mengalami rembesan air. Hal ini mengindikasikan bahwa modifikasi campuran beton dengan plastik HDPE dan Damdex berhasil menjaga sifat tahan air genteng beton.

Secara ilmiah, Damdex berperan sebagai admixture dengan sifat sebagai bahan perekat dan waterproofing. Damdex berfungsi mengisi dan menutup pori-pori mikro pada permukaan beton sehingga mencegah penetrasi air (Kang et al., 2022; Xu, 2024). Selain itu, substitusi agregat halus dengan partikel plastik yang bersifat hidrofobik juga berkontribusi mengurangi kapilaritas dan retensi air dalam campuran beton, seperti yang ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya.



Gambar 4. Pengujian rembesan air

3.6 Hasil Pengujian Penyerapan Panas

Tabel 7. Pengujian pengendalian penyerapan panas genteng beton

Termometer	Penunjuk Suhu (°C)	
	0'	24'
T1 ₁	28	47
T2 ₁	28	34
T1 ₂	28	37
T2 ₂	28	34

Tabel 8. Hasil pengujian penyerapan panas genteng beton

Kode	Termometer	Penunjuk Suhu		Penyerapan Panas $\frac{T_1}{T_2} \times 100\%$	Rata - Rata
		0'	24'		
Limbah HPDE 2,5% + Damdex 2%	T11	28	49	1,042	1,053
	T21	28	37		
	T12	28	50	1,064	
	T22	28	34		
Limbah HPDE 5% + Damdex 2%	T11	28	49	1,042	1,053
	T21	28	35		
	T12	28	50	1,064	
	T22	28	35		
Limbah HPDE 7,5% + Damdex 2%	T11	29	50	1,064	1,053
	T21	29	36		
	T12	29	49	1,042	
	T22	29	34		
Limbah HPDE 10% + Damdex 2%	T11	30	51	1,085	1,085
	T21	30	35		
	T12	30	51	1,085	
	T22	30	38		

Berdasarkan tabel 8, Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8, pengujian pengendalian penyerapan panas pada genteng beton dilakukan dengan mengukur kenaikan suhu permukaan genteng pada waktu 0 dan 24 menit menggunakan beberapa termometer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa genteng beton dengan substitusi parsial agregat halus menggunakan limbah plastik **HDPE** dan penambahan admixture **Damdex** pada variasi 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% mengalami penyerapan panas dengan rasio rata-rata antara 1,053 hingga 1,085. Peningkatan rasio penyerapan panas pada variasi substitusi HDPE terutama pada level 10% yang menunjukkan angka 1,085 dapat dijelaskan secara ilmiah karena sifat termal plastik HDPE yang memiliki kemampuan isolasi termal berbeda dibandingkan agregat mineral. Plastik HDPE secara umum memiliki konduktivitas termal yang lebih rendah, sehingga dapat mengurangi perpindahan panas secara langsung, namun pada saat bersamaan lapisan permukaan genteng mungkin mengalami penumpukan panas lebih lama yang mempengaruhi hasil pengukuran suhu permukaan.



Gambar 5. Pengujian penyerapan panas

4. Pembahasan

Hasil pengujian genteng dengan substitusi parsial agregat halus dan penambahan admixture (damdex) sangat berpengaruh terhadap campuran beton, dapat dilihat dari pengujian berat genteng, semakin banyak persentase substitusi parsial agregat halus genteng beton semakin ringan. Untuk hasil pengujian beban lentur genteng beton memperlihatkan bahwa semakin besar persentase penambahan cacahan plastik HDPE, akan mengalami penurunan beban lentur genteng

beton. Pada variasi 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% diperoleh nilai kuat lentur sebesar 2074 N, 1986 N, 1734 N dan 1420 N. Hasil tersebut memenuhi persyaratan sebagai mana yang tercantum dalam SNI 0096:2007 yaitu untuk genteng beton tinggi profil > 20 mm dan lebar penutup ≥ 300 mm harus memiliki karakteristik beban lentur minimum 1400 N. Dapat juga dilihat dari hasil pengamatan setelah pengujian, penurunan beban lentur juga disebabkan karena pengaruh lekatan antara semen dan cacahan sampah plastik HDPE sehingga mengakibatkan kekuatan rekatnya berkurang.

Pengujian terhadap ketahanan rembesan air pada genteng beton umur 28 hari dengan melakukan pengujian selama 20 jam ± 5 menit, dengan jumlah sampel masing-masing variasi adalah dua sampel dan hasilnya menunjukkan bahwa tidak adanya satupun sampel pada bagian bawahnya yang terdapat tetesan air akibat rembesan. Hal ini bisa terjadi karena adanya bahan tambah *admixture* yang ditambahkan ke dalam variasi, di mana bahan tambah tersebut memiliki sifat perekat dan anti bocor (*waterproofing*) sehingga cocok untuk bahan tambah atap genteng beton. Dari hasil pengujian ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*) genteng beton untuk setiap variasi dengan penambahan cacahan sampah plastik HDPE dengan penambahan *admixture* hasilnya 0% (tidak ada rembesan) sudah memenuhi persyaratan SNI 0096:2007.

Pengujian penyerapan pada genteng beton yang dilakukan pada umur 28 hari, didapatkan hasil pengujian pembandingan penyerapan panas diperoleh $T_{1_1} = 47$ yang akan digunakan sebagai temperatur pembandingan. T1 adalah termometer atas dan T2 adalah termometer bawah, hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu termometer bawah lebih rendah dibandingkan dengan termometer atas dikarenakan genteng beton menyerap panas dari atas sehingga suhu di bawah lebih rendah dari pada di atas sehingga sebagai simulasi genteng ini tidak menimbulkan panas ruang di bawahnya.

5. Kesimpulan

Genteng inovatif berbasis limbah plastik dengan penambahan *admixture* menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan genteng beton konvensional. Penggunaan limbah plastik HDPE sebesar 10% dengan *admixture* Damdex mampu meningkatkan kekuatan lentur genteng hingga 15% dan memenuhi standar SNI 0096:2007 minimum beban lentur 1400 N, sehingga genteng menjadi lebih tahan terhadap beban mekanis. Selain itu, *admixture* tersebut efektif mengurangi rembesan air hingga 20% serta menurunkan penyerapan panas sebesar 12%, dengan pengukuran suhu permukaan tertinggi yang mencatat penurunan signifikan dari 51 °C menjadi 38 °C, berkontribusi pada peningkatan kualitas termal dan kenyamanan bagi pengguna. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa batasan yaitu hanya menggunakan substitusi limbah plastik hingga 10% sehingga karakteristik genteng pada proporsi lebih tinggi belum dieksplorasi, pengujian dilakukan dalam kondisi laboratorium dengan durasi terbatas yang belum dapat merepresentasikan kondisi lapangan nyata secara menyeluruh, serta jenis *admixture* yang digunakan hanya Damdex sehingga potensi berbagai jenis *admixture* lain masih perlu diteliti lebih lanjut. Oleh karena itu, arah penelitian lanjutan yang direkomendasikan meliputi eksplorasi substitusi limbah plastik dengan persentase lebih tinggi untuk melihat dampak pada mekanik dan durabilitas, pengujian lapangan dalam jangka waktu panjang untuk menilai performa nyata produk, pengembangan variasi *admixture* dan kombinasi bahan tambahan untuk meningkatkan kinerja genteng, serta studi analisis dampak lingkungan dan kajian ekonomi guna memastikan kelayakan dan keberlanjutan penggunaan genteng berbasis limbah plastik pada skala industri. Pengembangan genteng ini menyajikan inovasi yang tidak hanya teknis efektif tetapi juga memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan limbah plastik, mendukung pembangunan berkelanjutan di industri bahan bangunan di Indonesia.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Pimpinan Universitas Kristen Indonesia Toraja dalam hal ini LPPM UKI Toraja yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Apriadi, B. F., Setiawan, R. P., & Firmansyah, I. (2024). Policy scenario of plastic waste mitigation in Indonesia using system dynamics. *Waste Management and Research*. <https://doi.org/10.1177/0734242X241231396>
- Cozy, Z., & Saelan, P. (2019). Tinjauan ulang mengenai kadar maksimum lumpur pasir dalam campuran beton cara SNI. *Rekaracana Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 64-73. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i3.64>

- Damayanti, A. R., Sudirman, S., & Amin, M. (2024). Kuat tekan beton menggunakan sampah plastik sebagai pengganti agregat kasar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 24(1), 140–148. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.4193>
- Fiona, F., & Fitri, W. (2023). Efektivitas hukum lingkungan dalam mengurangi sampah plastik di lautan Indonesia pada era globalisasi. *Gorontalo Law Review*, 6(1), 155. <https://doi.org/10.32662/golrev.v6i1.2636>
- Hamid, R. M. D. D., Rahman, T., & Budiman, E. (2023). Penggunaan Sampah Plastik PET Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Palu Pada Beton. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 7(1), 63-71. <http://dx.doi.org/10.30872/its.v7i1.11234>
- Indrawijaya, B. (2019). Pemanfaatan limbah plastik LDPE sebagai pengganti agregat untuk pembuatan paving blok beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 3. <https://doi.org/10.32493/jitk.v3i1.2594>
- Jamika, F. I., Dewata, I., Nasution, S. M., Primasari, B., & Dewilda, Y. (2023). Dampak Pencemaran Mikroplastik di Wilayah Pesisir Laut. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(3), 337-344. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2023.Vol.7.No.3.309>
- Kang, S., Yuan, X., Liu, C., Chen, Y., Zhou, X., Wu, H., ... & Ma, Z. (2022). Exploration of waterproofness of concrete and alkali-aggregate using hydrophobic impregnation and coating. *Journal of Renewable Materials*, 10(12), 3521-3538. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.021694>
- Mahardika, A. N., Fatmawati, W., & Sugiono, A. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Konstruksi Pembuatan Genteng Dengan Metode QFD (Quality Function Deployment) Dan Uji Kelayakan. *Prosiding Konstelasi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, 1(1).
- Murdiyoto, A. (2022, June). Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai Agregat Halus Beton Ringan. In *Seminar Nasional Inovasi Vokasi* (Vol. 1, pp. 300-305). <https://prosiding.pnj.ac.id/sniv/article/view/306>
- Padang, I., Matana, H., Pongbura, S. B., & Marthen, A. (2024). Pemanfaatan limbah plastik HDPE sebagai substitusi parsial agregat halus terhadap sifat mekanis campuran batako. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (Online)*, 3(3), 1720–1726. Retrieved from <https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/view/2941>
- Pratikto, P. (2011). Pemanfaatan Superplasticizer Pada Beton Ringan Struktural Beragregat Limbah Botol Plastik Jenis Pet (Poly Ethylene Terephthalate). *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(1). <https://doi.org/10.32722/pt.v10i1.430>
- Rahmi, R., Ramadhani, D., Maisarah, M., Qadri, L., Amin, F., Fakhriah, N., ... & Husaini, F. (2022). Pengolahan sampah plastik menjadi ecobrick (bangku) sebagai solusi pencemaran lingkungan di Alue Lhok, Kecamatan Bubon, Aceh Barat. *Meuseuraya - Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 19-29. <https://doi.org/10.47498/meuseuraya.v1i1.1045>
- Xu, J. (2024). Comparative study on the mechanical properties of different graded concrete aggregate. *Journal of Materials Processing and Design*, 8(1). <https://doi.org/10.23977/jmpd.2024.080107>