

Karakteristik Beton yang Menggunakan Limbah Plastik PVC sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus

*Munifa Malak¹, Rahmani Kadarningsih², dan Komang Arya Utama³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: Ags. 2024, Revised: Nov. 2024, Accepted: Jan. 2025

ABSTRAK: Peningkatan populasi mendorong kebutuhan infrastruktur modern, di mana beton dipilih karena keawetan dan kemudahan perawatannya. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan limbah plastik PVC sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton 21 MPa dan 25 MPa serta menentukan kadar optimal PVC untuk kualitas beton maksimal. Komposisi campuran beton divariasikan dengan menggantikan sebagian agregat halus (pasir) menggunakan limbah plastik PVC pada persentase 0%, 5%, 7,5%, dan 10% dari volume pasir, serta menambahkan *fly ash* 8% dan *superplasticizer* 0,5% dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton direndam selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beton mutu 21 MPa, penambahan PVC sebesar 5% dan 7,5% meningkatkan kuat tekan sebesar 7% dan 12%, namun menurun sebesar 6% pada 10% PVC. Penggunaan PVC yang optimal terjadi pada 7,5% dengan kuat tekan 27,43 MPa. Sementara itu, pada beton mutu 25 MPa, penambahan 5% PVC meningkatkan kuat tekan sebesar 5%, namun terjadi penurunan sebesar 9% dan 25% pada 7,5% dan 10% PVC. Campuran optimal tercapai pada 5% PVC dengan kuat tekan 30,46 MPa.

Kata kunci: beton, kuat tekan, limbah, PVC

1. PENDAHULUAN

Peningkatan populasi manusia memicu kebutuhan akan infrastruktur modern seperti gedung tinggi, jembatan, jalan tol, dan lainnya. Beton sering dipilih sebagai material konstruksi karena keawetan dan kemudahan perawatannya. Beton tersusun dari semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, serta bahan tambahan (*admixture* dan *additive*) dan merupakan material yang paling sering digunakan selain baja [3].

Isu lingkungan, khususnya pengelolaan sampah plastik, mendorong penelitian untuk memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan konstruksi demi mendukung keberlanjutan sektor ini. Plastik digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari, dengan jenis seperti PET, PVC, PP, PS, HDPE, dan LDPE.

Penggunaan PVC dievaluasi dalam bentuk serbuk dan butiran sebagai pengganti sebagian agregat beton dengan rasio 10%, 20%, dan 30%. Penelitian ini mengukur sifat-sifat beton seperti *slump*, densitas, kuat tekan, penyerapan air kapiler, dan abrasi [4]. Sebagai perbandingan, penelitian ini akan menggunakan butiran PVC sebagai pengganti agregat halus dengan persentase 5%, 7,5%, dan 10%, serta menambahkan *fly ash* dan *superplasticizer* untuk meningkatkan sifat mekanik dan *workability* beton.

Penggantian agregat kasar dalam beton dengan PVC telah dilakukan dengan variasi sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 30% [7] dan [8]. Penggunaan

PVC sebagai pengganti agregat halus dalam beton dengan persentase 5%, 10%, dan 20% dalam bentuk serat dan halus [5] dan [9].

Kombinasi PVC, *fly ash*, dan *superplasticizer* diharapkan menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan, ringan, dan efisien. Pemanfaatan limbah PVC bertujuan mengurangi pencemaran lingkungan, sementara *fly ash* dari pembakaran batu bara digunakan untuk menekan konsumsi semen sekaligus meningkatkan daya tahan beton. *Superplasticizer* ditambahkan untuk meningkatkan *workability* dan mutu beton dengan mengurangi rasio air-semen. Penelitian ini bertujuan membandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang mengandung limbah PVC, sebagai langkah mendukung pengembangan beton berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Beton

Beton merupakan material yang terbentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen portland, dan air. Seiring perkembangan, definisi beton meluas mencakup material yang dibuat dengan berbagai jenis semen, agregat, serta tambahan bahan lain seperti pozzolan, *fly ash*, terak, sulfur, dan serat [13].

2.2 Karakteristik Beton

2.2.1 Kuat tekan beton

Kekuatan tekan beton menunjukkan kualitas suatu struktur, di mana semakin tinggi kekuatan yang dibutuhkan, semakin baik kualitas beton yang dihasilkan [10].

2.2.2 Workability beton

Workability beton adalah kemampuan campuran beton untuk diangkut, dicetak, dan dipadatkan dengan mudah sesuai standar kualitas. Tingkat kemudahan ini diukur melalui nilai *slump*, yang mencerminkan keplastisan beton, semakin plastis, semakin mudah pengerjaannya [15].

2.2.3 Susut beton

Susut adalah perubahan volume beton tanpa pengaruh beban. Ketidakseimbangan distribusi susut dapat menyebabkan deformasi tambahan, termasuk peningkatan deformasi rangkak [15].

2.2.4 Rangkak (*creep*)

Rangkak adalah peningkatan regangan beton akibat beban yang berlangsung seiring waktu. Regangan awal disebut regangan elastis, sedangkan tambahan regangan akibat beban yang sama disebut regangan rangkak. Intensitas rangkak berkurang secara bertahap dan biasanya berhenti setelah beberapa tahun [11].

2.2.5 Rongga udara (*air content*) pada beton

Rongga udara dalam beton adalah ruang kosong yang terbentuk akibat udara yang tidak diinginkan atau material pengisi yang tidak sepenuhnya terisi. Beton umumnya terdiri dari 1%-2% rongga udara, 25%-40% pasta semen, dan 60%-75% agregat [10].

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Semen portland (*PC*)

Semen, bahan hidrolis yang mengikat agregat halus dan kasar, memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan beton. Jumlah semen yang terlalu sedikit menyebabkan campuran sulit dipadatkan dan menurunkan kekuatan tekan. Sebaliknya, jumlah semen berlebih menghasilkan banyak pori dalam beton, yang juga melemahkan kekuatan tekan [15].

2.3.2 Agregat

Agregat diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya, dengan batas antara agregat kasar dan

halus sekitar 4,75–4,80 mm. Agregat kasar, seperti kerikil atau pecahan batu, memiliki butiran lebih besar, sedangkan agregat halus, seperti pasir, berukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Pasir halus memiliki ukuran kurang dari 1,2 mm, lanau kurang dari 0,075 mm, dan lempung kurang dari 0,002 mm [15].

2.3.3 Air

Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk memulai reaksi kimia semen, membasahi agregat, dan mempermudah pengerjaan. Namun, air yang mengandung zat berbahaya seperti garam, minyak, atau bahan kimia dapat menurunkan kualitas dan mengubah sifat beton [10].

2.3.4 Superplasticizer

Superplasticizer adalah polimer organik larut air yang dihasilkan melalui polimerisasi kompleks, membentuk molekul panjang dengan massa tinggi, sehingga harganya relatif mahal [12].

2.3.5 Fly ash

Fly ash adalah residu halus hasil pembakaran batu bara dari pabrik dan PLTU, dengan sifat pozzolan yang baik. Komposisinya didominasi oleh oksida silika (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3), dan sulfur trioksida (SO_3) [6].

2.3.6 Polivinyl chloride (*PVC*)

Polivinyl chloride (*PVC*) adalah plastik serbaguna yang digunakan dalam berbagai produk, seperti pembungkus makanan, interior kendaraan, dan profil pintu atau jendela. *PVC* tersusun dari klorin dan etilena [14].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton berdasarkan “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”, dengan target mutu beton 21 MPa dan 25 Mpa [1].

Variasi komposisi campuran beton dilakukan dengan menggantikan sebagian agregat halus (pasir) dengan limbah plastik *PVC* pada persentase 0%, 5%, 7,5%, dan 10% dari volume pasir. Selain itu, digunakan *fly ash* 8% dan *superplasticizer* sebesar 0,5% dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton direndam selama 28 hari.

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi agregat halus (pasir), agregat kasar berupa batu pecah berukuran 1-2 cm, semen, air, *fly ash*, *superplasticizer*, dan agregat limbah plastik *PVC*.

Limbah PVC yang digunakan memiliki ukuran partikel 3-4 mm atau lolos saringan No. #4. Bentuk agregat limbah plastik PVC ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Agregat halus PVC

Benda uji beton dibuat menggunakan silinder ukuran 15 cm x 30 cm. Proses pencampuran dilakukan secara manual dengan urutan semen dan fly ash dicampur, kemudian pasir dan agregat limbah plastik PVC ditambahkan dan diaduk. Selanjutnya, batu pecah dan air dimasukkan, diaduk hingga adukan terlihat homogen, dan terakhir ditambahkan *superplasticizer* kemudian diuji nilai *slumpnya*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk menentukan karakteristik material yang digunakan, dengan hasil pengujian disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil uji agregat kasar

Jenis Pengujian	Syarat (ASTM)	Hasil Pengujian Agregat
-----------------	---------------	-------------------------

		Kasar
Kadar Air	0,5-2,0 (%)	1,03%
Kadar Lumpur	Max 1%	6,14%
Berat Volume:		
Kondisi Lepas	Min 1,6 gr/cm ³	1,36 gr/cm ³
Kondisi Padat	Min 1,6 gr/cm ³	1,49 gr/cm ³
Absorpsi	Max 1%	1,26
Berat Jenis:		
BJ Bulk	Min 2,5	2,66
BJ Kering Permukaan	Min 2,5	2,69
BJ Semu	Min 2,5	2,75
Keausan	Max 40%	2,98%

Tabel 2 Hasil uji agregat halus

Jenis Pengujian	Syarat (ASTM)	Hasil Pengujian Agregat Halus
Kadar Air	3,0-5,0 (%)	1,03%
Kadar Lumpur	0,2-5,0 (%)	5,41%
Berat Volume:		
Kondisi Lepas	Min 1,2 gr/cm ³	1,53 gr/cm ³
Kondisi Padat	Min 1,2 gr/cm ³	1,66 gr/cm ³
Absorpsi	0,2-5,0 %	3,46%
Berat Jenis:		
BJ Bulk	Min 1,60	2,43
BJ Kering Permukaan	Min 1,60	2,51
BJ Semu	Min 1,60	2,65

Agregat kasar dengan berat volume di bawah minimum dan absorpsi melebihi batas tidak disarankan untuk beton struktural karena dapat mengurangi kekuatan, kepadatan, dan daya tahan beton. Berat volume rendah membuat beton lebih porous dan rentan retak, sedangkan absorpsi tinggi meningkatkan kebutuhan air dan permeabilitas. Namun, agregat ini masih dapat digunakan untuk beton non-struktural dengan penyesuaian campuran, seperti penambahan semen atau aditif.

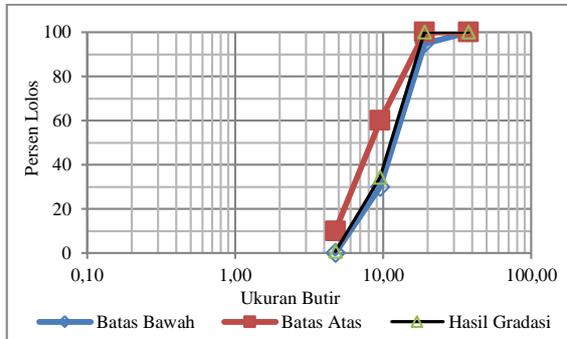
Kadar lumpur pada agregat kasar yang melebihi batas dapat menurunkan kekuatan beton, mempersulit pengerjaan, meningkatkan risiko retak, dan menurunkan ketahanan terhadap air dan bahan kimia. Oleh karena itu, pencucian agregat kasar dilakukan sebelum digunakan.

Agregat halus dengan kadar lumpur melebihi batas juga dapat mengurangi kekuatan tekan dan tarik beton, menghalangi ikatan antara semen dan agregat, meningkatkan penyusutan, serta menurunkan *workability*. Untuk mengatasinya, agregat halus perlu dicuci sebelum digunakan.

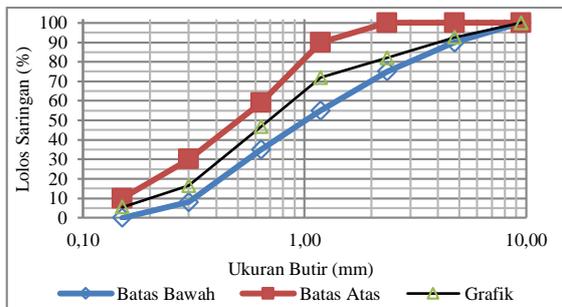
4.2 Gradasi Agregat Dalam Campuran

Gradasi agregat mengacu pada distribusi ukuran butiran agregat. Agregat yang baik

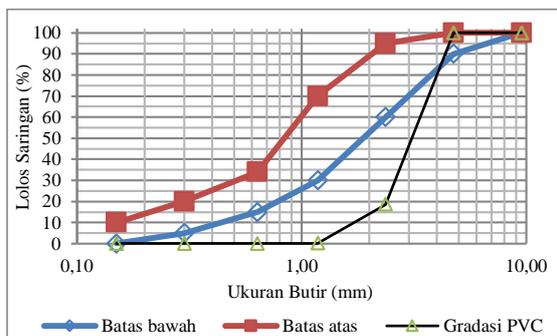
memiliki variasi ukuran beragam untuk saling mengisi dan menghasilkan campuran yang padat. Hasil gradasi batu pecah ditunjukkan pada Gambar 2, gradasi pasir ditunjukkan pada Gambar 3, dan gradasi PVC ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



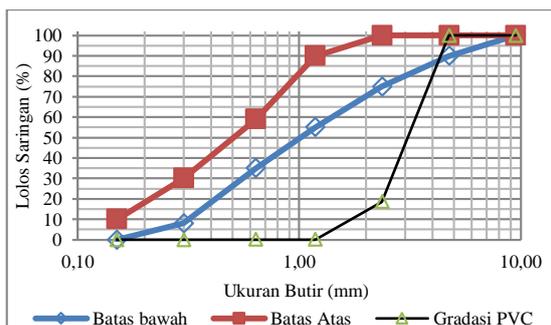
Gambar 2 Grafik gradasi agregat kasar



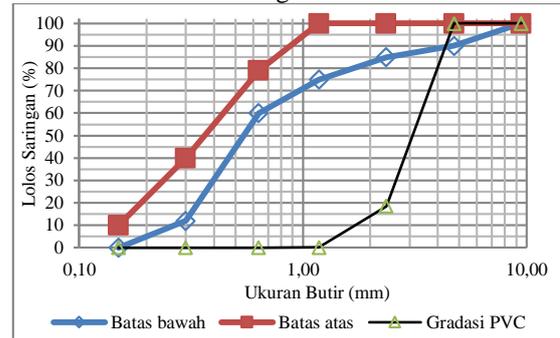
Gambar 3 Grafik gradasi agregat halus



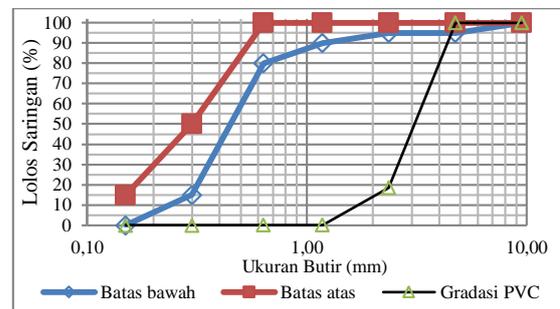
Gambar 4 Grafik gradasi PVC zona 1



Gambar 5 Grafik gradasi PVC zona 2



Gambar 6 Grafik gradasi PVC zona 3



Gambar 7 Grafik gradasi PVC zona 4

Pengujian gradasi menunjukkan bahwa agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm memenuhi SNI 2834-2000. Agregat halus berada di zona 2 sesuai SNI 03-2834-2000. Namun, gradasi PVC sebagai pengganti sebagian agregat halus tidak memenuhi kriteria zona agregat halus, dengan sebagian besar partikel tertahan pada saringan nomor #8 dan seluruhnya lolos saringan nomor #4. Hal ini disebabkan oleh ukuran PVC yang seragam, yang lebih besar dibandingkan standar agregat halus.

4.3 Mix Design

Hasil perhitungan *mix design* untuk mutu beton 21 MPa dan 25 MPa dengan kebutuhan 3 silinder beton ukuran 15 cm × 30 cm ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 [1]. *Mix design* tersebut mencakup tambahan 8% *fly ash* dan 0,5% *superplasticizer* dari berat semen, serta PVC sebanyak 5%, 7,5%, dan 10% dari berat volume agregat halus.

Tabel 3 Mix design beton mutu 21 MPa

No.	Kuat Tekan (MPa)	Persen PVC (%)	PVC (Kg)	Semen (Kg)	Air (Liter)	Agregat kasar (Kg)	Agregat Halus (Kg)
1	21	0%	0,000	8,920	5,117	21,388	10,534
2	21	5%	0,278	8,920	5,117	21,388	9,057
3	21	7,5%	0,402	8,920	5,117	21,388	8,794
4	21	10%	0,573	8,920	5,117	21,388	8,530

Tabel 4 Mix design beton mutu 25 MPa

No.	Kuat Tekan (MPa)	Persen PVC (%)	PVC (Kg)	Semen (Kg)	Air (Liter)	Agregat kasar (Kg)	Agregat Halus (Kg)
1	25	0%	0,000	10,798	5,117	20,365	9,584
2	25	5%	0,288	10,798	5,117	20,365	9,104
3	25	7,5%	0,353	10,798	5,117	20,365	8,865
4	25	10%	0,496	10,798	5,117	20,365	8,825

4.4 Hasil Pengujian Slump Beton

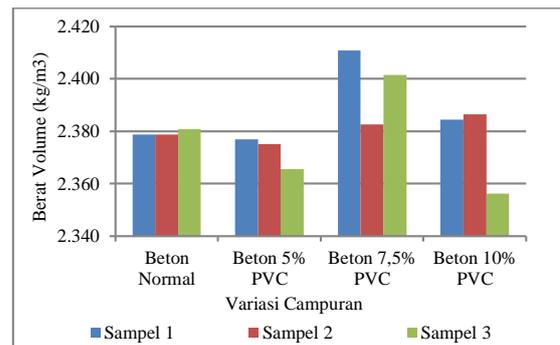
Pengujian *slump* dilakukan untuk memastikan kekakuan campuran beton sesuai kebutuhan. Hasil pengukuran *slump*, yang berada di kisaran 10-12 cm, sesuai dengan yang direncanakan, berkat penyesuaian jumlah air dalam campuran untuk mencapai kekentalan yang diinginkan. Hasil pengujian *slump* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengukuran *slump*

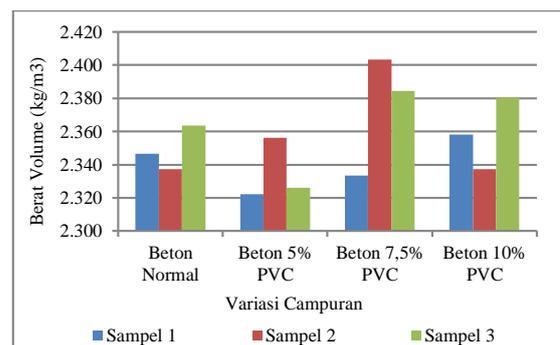
No.	Variasi Campuran	Tes <i>Slump</i> (cm)	
		21 MPa	25 MPa
1	0%	11,5	12
2	5%	12	12
3	7,5%	12	10
4	10%	11	11,5

4.5 Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Pengujian berat volume beton untuk mutu 21 MPa dan 25 MPa ditunjukkan dalam Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8 Grafik berat volume beton mutu 21 MPa



Gambar 9 Grafik berat volume beton mutu 25 MPa

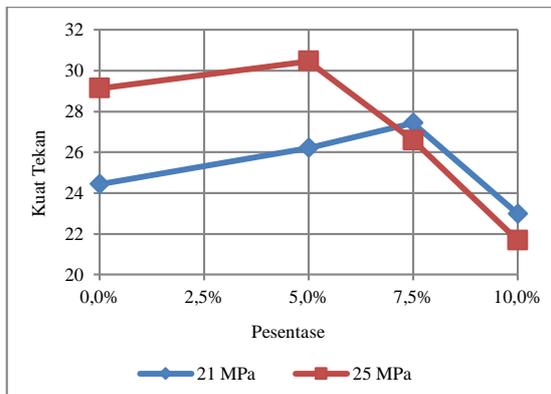
Penggunaan PVC sebagai pengganti agregat halus memengaruhi berat volume beton. Pada penggunaan 5% PVC, berat volume beton menurun karena PVC yang ringan. Namun, pada 7,5% PVC, berat volume meningkat karena interaksi material yang mengoptimalkan densitas beton. Pada 10% PVC, berat volume kembali

menurun, menunjukkan kompleksitas pengaruh PVC terhadap sifat fisik beton.

Peningkatan berat volume pada 7,5% PVC terjadi karena distribusi partikel PVC dan agregat lainnya lebih optimal, mengisi ruang kosong dan meningkatkan densitas beton. PVC, dengan berat volume 0,77 gr/cm³, memiliki dampak kecil pada berat beton karena jauh lebih ringan dibandingkan agregat halus seperti pasir (1,53 gr/cm³). PVC lebih berfungsi untuk meningkatkan sifat tertentu, seperti ringan dan ketahanan, tanpa mengubah berat beton secara signifikan.

4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berumur 28 hari dengan kuat tekan rencana (f_c) 21 MPa dan 25 MPa menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) [2]. Hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10 Grafik kuat tekan beton

Penambahan PVC pada beton mutu 21 MPa meningkatkan kuat tekan sebesar 7% dan 12% pada 7,5% PVC (27,43 MPa), namun menurun 6% pada 10% PVC dibandingkan beton normal. Pada mutu 25 MPa, kuat tekan meningkat 5% pada 5% PVC (30,46 MPa), tetapi menurun 9% dan 25% pada persentase PVC yang lebih tinggi.

Pada mutu 21 MPa, penambahan PVC hingga 7,5% meningkatkan kuat tekan karena peningkatan kepadatan dan pengikatan material, namun menurun pada 10% PVC akibat interaksi yang kurang optimal. Pada mutu 25 MPa, 5% PVC menghasilkan kuat tekan terbaik karena campuran material yang seimbang, namun meningkatnya PVC menyebabkan penurunan kuat tekan.

Penurunan kuat tekan kemungkinan disebabkan oleh kurangnya daya rekat antara PVC dan pasta semen, serta sifat hidrofobik PVC yang menghambat hidrasi semen. Pada beton mutu 21 MPa, PVC membantu mengisi rongga kosong, sementara pada beton mutu 25 MPa, PVC

meningkatkan porositas dan menurunkan kuat tekan.

5. KESIMPULAN

1. Penggunaan agregat limbah plastik PVC sebagai agregat halus pada beton mutu 21 MPa dan 25 MPa mengalami peningkatan berat volume pada persentase 7,5%, lalu mengalami penurunan berat volume pada persentase 10% PVC dibandingkan berat volume beton normal. Pada beton mutu 21 MPa, penggunaan PVC sebesar 5% dan 7,5% meningkatkan kuat tekan sebesar 7% dan 12% dari beton normal, meskipun pada 10% PVC, kuat tekan menurun sebesar 6% dari beton normal. Untuk beton mutu 25 MPa, penggunaan 5% PVC menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi sebesar 5% dari beton normal, namun pada 7,5% dan 10% terjadi penurunan kuat tekan sebesar 9% dan 25% dibandingkan beton normal.
2. Komposisi campuran beton yang optimum untuk beton mutu 21 MPa diperoleh pada penggantian sebagian agregat halus dengan PVC sebesar 7,5% (27,43 MPa) dan pada mutu 25 MPa campuran beton dengan penggunaan PVC optimum pada persentase 5% PVC (30,46 MPa).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal Sni 03-2834-2000. Badan Standardisasi Nasional, 1–34.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. In Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI BETON 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
- [4] Bolat, H., & Erkus, P. (2016). Use of polyvinyl chloride (PVC) powder and granules as aggregate replacement in concrete mixtures. *Science and Engineering of Composite Materials*, 23(2), 209–216. <https://doi.org/10.1515/secm-2014-0094>
- [5] Boutlikht, M., Hebbache, K., Douadi, A., & Tabchouche, S. (2023). Assessment of the PVC Waste Addition Effect on the Concrete Mechanical Performance. *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, 33(2), 85–94. <https://doi.org/10.18280/rcma.330203>
- [6] Hamdi, F., Lapian, Franky, E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, Didik, S.,

- Raidyarto, A., Sila, Ardi, A., Masdiana, Rangan, Parea, R., & Hamkah. (2022). *Teknologi Beton*. CV. Tohar Media.
- [7] Hu, S., Tang, H., & Han, S. (2021). Energy Absorption Characteristics of PVC Coarse Aggregate Concrete under Impact Load. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-021-00465-w>
- [8] M, M., Seth, D., KVG D, B., & Chilukoti, S. (2021). Influence of PVC waste powder and silica fume on strength and microstructure properties of concrete: An experimental study. In *Case Studies in Construction Materials* (Vol. 15). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00610>
- [9] Merlo, A., Lavagna, L., Suarez-Riera, D., & Pavese, M. (2020). Mechanical properties of mortar containing waste plastic (PVC) as aggregate partial replacement. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00467. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00467>
- [10] Mulyono, T. (2003). dalam *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan dalam* (Bambang Sujatmiko, 2019). Media Sahabat Cendekia.
- [11] Nawy, E. G. (1990). *Reinforced Concrete a Fundamental Approach*-Terjemahan dalam *Penggunaan Limbah Plastik PET dalam* (Bambang M. Lestariyono, 2008). PT. Eresco.
- [12] Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete Fifth Edition* (5 ed.). Edinburgh Gate.
- [13] Neville, & Brooks. (1987). dalam *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan* (Bambang Sujatmiko, 2019). Media Sahabat Cendekia.
- [14] Pitanova, T., & Alva, S. (2023). Karakteristik Mekanikal Material Polimer PVC dengan Variasi Konsentrasi Vco (Virgin Coconut Oil). *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 5(1), 4422–4435.
- [15] Sujatmiko, B. (2019). *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan*. Media Sahabat Cendekia. <https://books.google.co.id/books?id=S5m-DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>