

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pembangunan yang terus meningkat di Indonesia mengakibatkan permintaan akan batako sebagai bahan dinding semakin tinggi. Seiring dengan hal tersebut, batako harus memenuhi standar kekuatan tekan dan tingkat penyerapan air sesuai SNI 03-0349-1989 oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN, 2020), yang relevan dengan pertumbuhan sektor konstruksi menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2024). Dalam konteks ini, batako dipilih karena mudah dipasang, ekonomis, dan memiliki ukuran lebih besar dibandingkan bata konvensional, dengan komposisi utama berupa semen, pasir, dan air yang membentuk struktur padat. Namun, untuk meningkatkan nilai guna dan keberlanjutan material, mulai dikembangkan pemanfaatan limbah sebagai substitusi semen seperti pada serbuk kaca serta limbah HVS yang bersifat ringan dan berserat dapat memengaruhi sifat fisik batako, meskipun penggunaannya berlebihan dapat menurunkan kuat tekan, sedangkan serbuk kaca yang kaya silika mampu meningkatkan densitas dan kuat tekan material (Hendriyani dkk, 2017). Oleh karena itu, pengujian terhadap kekuatan tekan dan tingkat penyerapan air menjadi penting karena kedua parameter tersebut berkaitan langsung dengan kekuatan dan porositas batako (Hisyam dkk, 2025), sehingga pemanfaatan kedua limbah tersebut diharapkan dapat menghasilkan batako yang memiliki nilai keberlanjutan lebih tinggi tanpa mengabaikan aspek mutu dan kinerja material.

2.1. Batako

Sesuai dengan aturan dalam PUBLI-1982 pasal 6, batako didefinisikan sebagai bahan bangunan konstruksi berbentuk bata yang dibuat melalui proses pencetakan dan dipelihara dalam kondisi lembab hingga mencapai kekuatan tertentu. Di sisi lain, menurut ketentuan SNI 03-0349-1989, batako merupakan salah satu material

penyusun dinding yang dibuat dari campuran semen *portland* atau semen pozolan, agregat halus berupa pasir, dan air yang dicetak hingga membentuk elemen bangunan dengan ukuran tertentu serta dapat ditambahkan bahan tambahan tertentu (*additive*), kemudian dicetak sehingga memenuhi persyaratan sebagai material pasangan dinding.

Batako didefinisikan sebagai material bangunan yang banyak digunakan sebagai elemen pasangan dinding dalam konstruksi, baik untuk elemen non-struktural maupun semi-struktural. Dalam kapasitasnya sebagai elemen non-struktural, batako memiliki peran sebagai pembatas ruang, pelindung terhadap pengaruh lingkungan, seperti panas, hujan, dan angin, serta memberikan unsur estetika pada bangunan. Selain itu, penggunaan batako juga berfungsi untuk menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi penghuni bangunan melalui pembentukan ruang yang kokoh dan rapi. Dalam situasi tertentu, batako juga dapat berperan sebagai elemen semi-struktural yang mampu menahan beban ringan seperti beban sendiri dan tekanan angin, namun tetap memerlukan elemen struktural utama seperti kolom dan balok untuk memberikan dukungan terhadap beban yang lebih besar (Widyananto dkk., 2024).

Penggunaan batako dinilai lebih efisien karena memiliki dimensi yang lebih besar dibandingkan bata merah, sehingga mampu mempercepat proses pemasangan dinding, mengurangi jumlah sambungan antarunit, serta menekan kebutuhan penggunaan mortar. Efisiensi tersebut tidak hanya berdampak pada waktu pelaksanaan konstruksi, tetapi juga dapat mengurangi biaya tenaga kerja dan penggunaan material perekat. Dari segi ekonomi, batako menjadi salah satu alternatif material dinding yang cukup ekonomis untuk pembangunan rumah tinggal maupun bangunan sederhana hingga menengah.

Dalam PUBI-1982 juga dijelaskan bahwa batako wajib memenuhi sejumlah persyaratan, di antaranya harus berumur minimal satu bulan sebelum dipakai, berada dalam kondisi kering saat pemasangan, serta dibuat dengan ukuran panjang ± 400 mm, lebar ± 200 mm, dan ketebalan antara ± 100 mm hingga ± 200 mm. Selain itu, kadar air batako berkisar antara 25–35% dari beratnya, dengan

kemampuan menahan beban tekan yang berada pada rentang 2–7 N/mm² (Nursyamsi. dkk, 2016; Dedyerianto, dkk. 2022). Berdasarkan Dedyerianto, dkk. (2022) bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan batako terdiri atas tiga kelompok utama, yaitu :

- a. Batako tras merupakan jenis batako yang diproduksi menggunakan campuran tras, kapur, dan air sebagai bahan utama pembentuknya.
- b. Batako semen atau batako pres dibuat dari campuran semen dengan agregat halus berupa pasir maupun abu batu yang kemudian dicetak dan dipadatkan hingga membentuk unit bangunan.
- c. Bata ringan adalah material dinding yang tersusun atas pasir kuarsa, kapur, semen, serta bahan tambahan lainnya yang dirancang untuk menghasilkan beton dengan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional.

Sesuai dengan SNI 03-0349-1989 klasifikasi batako atau bata beton dibagi menjadi dua yaitu bata beton pejal dan bata beton berlubang, dengan keterangan sebagai berikut :

- a. Bata beton pejal

Menurut klasifikasinya, bata beton pejal adalah bata beton yang memiliki bagian padat sekurang-kurangnya 75% dari luas penampang total dan volume padat melebihi 75% dari volume keseluruhan bata. Ilustrasi bata beton pejal ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bata Beton Pejal

Sumber : Banamitra (2026)

b. Bata beton berlubang

Bata beton berlubang adalah jenis bata beton yang dirancang dengan adanya rongga pada bagian dalamnya, di mana luas penampang rongga tersebut lebih dari 25% dari luas penampang total dan volume rongga melebihi 25%



Gambar 2.2. Bata Beton Berlubang

Sumber : Antara Jaya Perkasa (2026)

Bata beton atau batako tersedia dalam berbagai ukuran dan toleransi dimensi yang telah diatur dalam SNI 03-0349-1989. Pedoman ini merincikan persyaratan tentang panjang, lebar, dan tebal batako beserta batas toleransi yang diperbolehkan, sehingga dapat menjamin keseragaman ukuran, kemudahan dalam pemasangan, serta kualitas produk yang dihasilkan sesuai pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Ukuran Bata Beton

Jenis	Ukuran			Tebal Dinding Sekatan Lobang, Minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Pejal	390 +3 -5	90 ±2	100±2	-	-
Berlobang kecil	390 +3 -5	390 +3 -5	100±2	20	15
Berlobang	390 +3	390 +3	200±3	25	20

Jenis	Ukuran		Tebal Dinding Sekatan Lobang, Minimum		
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
besar	-5	-5			

Sumber : SNI 03-0349-1989

Pada tingkatan mutu dibagi menjadi 4 tingkatan mutu dari mutu I, mutu II, mutu III, mutu IV yang berdasarkan SNI 03-0349-1989 mempunyai syarat-syarat fisis yakni sesuai dengan Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Syarat - Syarat Fisis Bata Beton

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata min	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata, maks	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-1989

Berdasarkan metode pembuatannya, batako dapat dibedakan menjadi batako manual dan batako press. Batako manual dibuat dengan cara sederhana memakai cetakan tangan tanpa tekanan tinggi. Proses ini lazimnya membuahkan batako dengan susunan partikel yang lebih renggang, akibatnya nilai kuat tekan yang diperoleh juga relatif lebih kecil dibandingkan metode lainnya. Namun, metode ini masih banyak digunakan karena biaya produksinya yang murah dan tidak memerlukan peralatan khusus. Sementara itu, batako press dibuat menggunakan mesin dengan tekanan tertentu sehingga menghasilkan batako dengan kepadatan

yang lebih tinggi. Proses pemadatan ini menyebabkan ikatan antar partikel menjadi lebih baik, sehingga kuat tekan batako press umumnya lebih tinggi dan kualitasnya lebih seragam.

Secara umum, jenis batako yang sering digunakan dalam konstruksi meliputi:

- a. Batako semen (konvensional)
- b. Batako press (hasil pemadatan mesin)
- c. Batako manual (tanpa tekanan)
- d. Batako ringan (berpori/berat jenis rendah)

Masing-masing jenis batako memiliki keunggulan dan kelemahan yang berbeda, sehingga penggunaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan teknis, seperti kekuatan, efisiensi biaya, serta kondisi lingkungan bangunan (Lembang dkk, 2022)

2.1.1 Semen *Portland* (PC)

Semen merupakan bahan pengikat berupa bubuk halus hidraulik yang dihasilkan dari pembakaran campuran bahan baku berupa batu kapur dan tanah liat yang dipanaskan hingga suhu 1450°C membentuk klinker, kemudian digiling dengan gipsum (3-5%) untuk mengontrol waktu pengerasan. *Semen Portland* (OPC) tipe I paling umum digunakan dalam batako karena kemampuan hidrasinya membentuk gel C_3S (*tricalcium silicate* 50-70%) dan C_2S (*dicalcium silicate* 15-30%) yang bereaksi dengan air menghasilkan kekuatan tekan awal dan akhir. Komposisi kimia utama meliputi CaO 60-67%, SiO_2 17-25%, Al_2O_3 3-8%, Fe_2O_3 0.5-6%, dan SO_3 1.5-4% (SNI 15-2011-30:2011), menjadikannya perekat ideal untuk agregat batako (Rahayu, 2017). Adapun semen *portland* dapat dilihat pada Gambar 2. 3



Gambar 2.3. Semen *Portland*

Dalam komposisi batako, semen menyusun 20-30% total berat kering (rasio semen:pasir 1:4 hingga 1:6), berperan sebagai matriks pengikat yang mengisi *void* antarpartikel agregat dan membentuk struktur monolitik setelah hidrasi 7-28 hari. *Semen Portland* menghasilkan kuat tekan minimal 70 kg/cm² mutu II SNI 03-0349-1989 melalui pembentukan kristal *ettringite* dan C-S-H *gel* yang mengikat pasir secara kimiawi, mengurangi porositas hingga <15% (Hendriyani, 2017). Proporsi 25% semen optimal untuk daya serap air <20% dan densitas 1.8-2.0 g/cm³ pada batako standar.

Peran semen dalam batako krusial untuk stabilitas dimensi dan durabilitas lingkungan, dengan C₃A (*tricalcium aluminate* 5-12%) mengontrol panas hidrasi dan C₄AF (*tetracalcium aluminoferrite*) memberikan warna abu-abu. Namun, kadar alkali >0.6% berisiko *efflorescence* pada iklim tropis. Studi komposisi 1:6 konfirmasi semen 22% hasilkan kuat tekan 85 kg/cm² umur 28 hari, *superior vs lime-pozzolan* (Teslink, 2022). Semen tetap material penyusun utama batako modern karena efisiensi ekonomi dan kekuatan mekanik terjamin.

2.1.2 Air

Air termasuk salah satu material utama yang diperlukan dalam pembuatan batako yang digunakan untuk membantu proses hidrasi semen sehingga campuran dapat mengikat agregat dengan baik dan menghasilkan batako yang kuat serta padat. Kualitas air yang digunakan sangat berpengaruh terhadap mutu batako, terutama

terhadap karakteristik kuat tekan, absorpsi air, dan ketahanan material batako terhadap keretakan. Dengan demikian, air yang digunakan wajib memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak menurunkan kualitas produk yang dihasilkan.

Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, batako dibuat dari campuran semen *portland*, agregat, dan air sebagai bahan utama pembentuk bata beton. Air yang digunakan diharuskan bersih dan tidak mengandung zat-zat yang dapat mengganggu proses pengikatan semen, seperti minyak, garam, lumpur, bahan organik, maupun zat kimia berbahaya lainnya. Penggunaan air yang tidak memenuhi persyaratan dapat menyebabkan penurunan kuat tekan dan meningkatnya daya serap air pada batako.

Air bersih diperlukan agar reaksi antara semen dan air berlangsung sempurna sehingga menghasilkan campuran yang homogen dan memiliki kekuatan optimal. Penggunaan air yang baik juga membantu menjaga konsistensi campuran dan mempermudah proses pencetakan batako.

Penelitian ini memanfaatkan air bersih yang berasal dari Laboratorium Bahan Bangunan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro sebagai salah satu material penyusun campuran yang layak digunakan untuk campuran mortar. Air dipilih dengan mempertimbangkan kebersihan, kejernihan, serta bebas dari kandungan zat yang dapat memengaruhi mutu batako. Dengan penggunaan air yang memenuhi standar, diharapkan proses hidrasi semen dapat berlangsung optimal sehingga batako yang dihasilkan memiliki kualitas sesuai persyaratan SNI.

2.1.3 Pasir (Agregat Halus)

Pasir merupakan agregat halus alami hasil pelapukan batuan dengan ukuran butir 0.063-5 mm, bersifat *inert*, keras (kekerasan Mohs 7), dan berfungsi sebagai *filler* dalam campuran beton atau batako untuk mengisi *void* semen dan meningkatkan kepadatan. Pasir pada batako idealnya pasir sungai atau pasir laut yang telah melalui proses pencucian, dengan modulus kehalusan (FM) 2.3-3.1, kadar lumpur <5%, dan kadar organik <2% agar tidak mengganggu hidrasi semen. Kandungan

kimia dominan SiO_2 55-99%, Fe_2O_3 0.1-2%, Al_2O_3 1-5%, memastikan kompatibilitas dengan semen *Portland* (Pragowo dkk, 2009, dalam Muslimin, 2016). Adapun pasir (agregat halus) dapat dilihat pada Gambar 2. 4



Gambar 2.4. Pasir (Agregat Halus)

Dalam komposisi batako, pasir menyusun 70-75% total berat kering (semen : pasir : air = 25% : 70% : 5% atau 1 : 6 berdasarkan Departemen PU 1986), berperan sebagai agregat halus yang mengisi rongga dan pengontrol kerja adukan untuk kekerasan, ketahanan susut, dan keretakan minimal. Pasir mengurangi *shrinkage* semen murni hingga 50% melalui volume pengisian, menghasilkan kuat tekan 70-100 kg/cm² mutu I SNI 03-0349-1989 (Hendriyani, 2017). Proporsi 1 : 6 optimal untuk daya serap air <20% dan densitas 1.8-2.0 g/cm³ (Teslink, 2022).

Pasir sebagai penyusun utama batako memberikan kekerasan permukaan dan stabilitas dimensi, dengan pasir silika putih unggul (daya serap 9.6%, kuat tekan tertinggi) vs pasir hitam (18.8%) atau sungai (12.9%). Namun, pasir berlumpur >3% turunkan kuat tekan 20% akibat lapisan organik hambat *bonding* semen-pasir (Muslimin, 2016). Studi proporsi 1 : 1 – 1 : 6 konfirmasi pasir 70% dominan mutu I-II batako (Putra, 2016).

2.2. Limbah Kertas HVS

Limbah kertas HVS merupakan jenis limbah kertas tulis yang dihasilkan dari aktivitas perkantoran, pendidikan, dan administrasi sehari-hari, dengan karakteristik berupa serat selulosa halus, ringan, dan mudah didaur ulang. Limbah ini sering kali berasal dari kertas berukuran A4 dengan gramatur 70-80 gsm, yang mengandung selulosa 60-70%, hemiselulosa 20-25%, lignin 5-10%, serta aditif seperti pemutih dan pengikat kimia. Pemanfaatannya dalam batako bertujuan sebagai bahan tambah pada campuran batako sehingga menghasilkan material dengan massa yang lebih ringan meskipun cenderung meningkatkan porositas, sekaligus mengurangi limbah lingkungan. Adapun limbah kertas HVS dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Limbah Kertas *HVS*

Salah satu inovasi yang berkembang adalah penggunaan limbah kertas HVS sebagai bahan tambahan dalam campuran batako. Limbah kertas biasanya diolah terlebih dahulu menjadi bubur kertas agar dapat tercampur secara homogen dengan campuran semen dan pasir. Serat kertas yang terkandung dalam bubur tersebut berfungsi sebagai bahan pengisi yang mampu meningkatkan porositas dan menurunkan berat jenis batako (Hendriyani dkk, 2017)

Temuan penelitian mengindikasikan bahwa penambahan limbah kertas pada campuran material dapat mengubah karakteristik yang dihasilkan, HVS dapat

menjadikan batako dengan massa yang lebih rendah dibandingkan batako konvensional. Hal ini disebabkan oleh struktur serat kertas yang memiliki rongga sehingga mampu menurunkan densitas material. Penelitian yang dilakukan oleh Jumiati (2021) menunjukkan bahwa penerapan campuran pada batako limbah kertas memiliki densitas sekitar $1,055 \text{ g/cm}^3$ dan masih berada pada rentang penyerapan air yang diizinkan oleh standar SNI 03-0349-1989.

Selain memengaruhi berat jenis, pengaplikasian limbah kertas sebagai material tambahan juga berdampak pada sifat mekanik batako. Penelitian oleh Halu (2024) mengindikasikan bahwa limbah kertas sebagai bahan tambah dalam jumlah kecil masih dapat mempertahankan kuat tekan batako, bahkan pada kadar tertentu dapat berpengaruh pada peningkatan nilai kuat tekan. Namun, jika jumlah limbah kertas terlalu besar, maka kuat tekan akan berpengaruh pada penurunan secara signifikan akibat meningkatnya porositas dalam struktur batako.

Hal ini diperkuat oleh penelitian Barus dkk. (2025) yang menjelaskan bahwa peningkatan suatu variabel diikuti oleh penurunan variabel lainnya dalam kadar limbah kertas dengan kuat tekan pada batako. Semakin tinggi persentase limbah kertas yang digunakan, maka kuat tekan cenderung menurun, namun di sisi lain berat jenis batako menjadi lebih ringan dan daya serap air meningkat. Oleh karena itu, diperlukan batas optimum dalam penggunaan limbah kertas agar tetap memenuhi persyaratan mutu batako sesuai standar.

2.3. Serbuk Kaca

Serbuk kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang berpeluang digunakan sebagai material pengganti parsial semen dalam pembuatan batako karena tersusun oleh kandungan silika amorf (SiO_2) yang tinggi dan bersifat pozzolanik. Silika amorf pada serbuk kaca dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 hasil hidrasi semen untuk membentuk gel kalsium silikat hidrat (C-S-H) tambahan yang berfungsi meningkatkan kepadatan matriks dan memperbaiki ikatan antarpartikel, adapun serbuk kaca dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Limbah Kaca

Temuan dari sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kaca pada kadar tertentu mampu meningkatkan kuat tekan batako. Hendrawan dkk. (2024) melaporkan bahwa substitusi pada semen menggunakan serbuk kaca sebesar 10% menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 8,42 MPa yang sesuai persyaratan mutu batako menurut SNI 03-0349-1989. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Hisyam dkk. (2025), dimana penggunaan 20% serbuk kaca yang dikombinasikan dengan serat sabut kelapa menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 78,18 kg/cm². Peningkatan kuat tekan tersebut terjadi karena partikel serbuk kaca yang berukuran halus dapat mengisi ruang kosong dalam matriks material mikro dalam campuran sehingga struktur batako menjadi lebih padat dan homogen.

Selain meningkatkan kuat tekan, penggunaan serbuk kaca juga berpengaruh terhadap daya serap air batako. Semakin rendah nilai daya serap air, semakin baik kualitas batako karena menunjukkan porositas yang lebih kecil. Penurunan daya serap air tersebut disebabkan oleh reaksi pozzolanik dan efek pengisian pori (*filler effect*) yang mengurangi porositas kapiler serta meningkatkan densitas batako hingga mencapai 1,95 g/cm³. Penelitian terbaru oleh Hisyam dkk. (2025) juga menunjukkan bahwa kombinasi 20% serbuk kaca dan 0,1% serat sabut kelapa menghasilkan daya serap air terendah sebesar 1,713%, jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan SNI 03-0349-1989 untuk batako mutu I. Oleh karena itu, pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen tidak hanya mampu

berpengaruh pada kenaikan kuat tekan, tetapi juga memperbaiki ketahanan batako terhadap penetrasi air sehingga berpotensi digunakan pada konstruksi yang membutuhkan durabilitas tinggi.

Kandungan kimia serbuk kaca mendukung penurunan daya serap air optimal 10-20% substitusi, dengan kuat tekan tetap $>70 \text{ kg/cm}^2$ SNI. Penambahan 10% serbuk kaca + 2% serat besi capai daya serap 1.033%, tertinggi kuat tekan 97.438 kg/cm^2 . Namun, $>30\%$ berisiko retak akibat ekspansi termal (Nugroho dkk, 2025). Studi serupa konfirmasi serbuk kaca 20% kurangi serap air 6.75-8.42% mutu I (Scribd, 2020)

2.4. Uji Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tekan secara aksial (*uniaxial compressive load*) untuk mengetahui respons material terhadap gaya tersebut, termasuk deformasi dan kekuatan maksimum yang dapat dicapai. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan menjadi parameter penting dalam menentukan kualitas material konstruksi seperti beton dan batako (Pratama dkk, 2025). Alat uji yang digunakan bernama *Compression Testing Machine*.

Faktor yang dapat memberi pengaruh pada kuat tekan :

a. Proporsi campuran

Rasio antara semen, agregat, dan air sangat menentukan kekuatan akhir beton. Rasio antara air dan semen adalah faktor kunci dalam proporsi ini.

b. Kondisi pemeliharaan

Untuk mendapatkan kekuatan yang maksimal pemeliharaan benda uji yang tepat setelah pencampuran merupakan faktor yang sangat penting. Beton perlu dijaga agar tetap lembab untuk memastikan hidrasi semen berlangsung dengan baik dan mencegah keretakan.

c. Umur Beton

Peningkatan kekuatan beton cenderung naik seiring bertambahnya umur beton. Rata-rata pengujian dilakukan setelah umur 3, 7, dan 28 hari agar mendapatkan kuat tekan yang maksimal. Dari ketentuan kuat tekan batako (f_c') merupakan besaran beban setiap satuan luas, dimana dapat menghancurkan bahan uji menjadi hancur jika diberi tekanan. Kuat tekan dapat diperoleh dengan persamaan 2. 1.

$$F_c = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

F_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)

P = Beban Yang Bekerja (N)

A = Luas Bidang Tekan (mm²)

2.5. Uji Daya Serap Air

Uji tingkat penyerapan air merupakan pengujian standar untuk menilai kemampuan material beton atau batako menyerap air melalui pori-pori kapiler, dinyatakan dalam persen berat, yang mencerminkan kepadatan, porositas, dan durabilitas terhadap kelembaban lingkungan. Prosedur mengikuti SNI 03-0349-1989 dengan merendam benda uji dalam air bersih suhu kamar selama 24 jam, mengukur berat basah (mw) dan kering (md) setelah pengeringan oven 105°C. Nilai maksimum 25% untuk mutu I-II menjamin batako tahan *efflorescence* dan pembekuan air di iklim tropis, karena daya serap tinggi (>25%) menyebabkan rapuh dan penurunan kuat tekan (Hendriyani dkk, 2017). Pada batako, uji daya serap air mengevaluasi performa agregat dan perekat setelah hidrasi semen 14 hari, dengan batako kontrol (0% limbah) biasanya 2-9% dan naik proporsional pada substitusi organik. Metode perendaman 24 jam akurat mengukur kapasitas kapiler material penyusun batako. Uji daya serap air adalah salah satu pengujian

fisik yang bertujuan untuk menentukan kemampuan material dalam menyerap air melalui pori-pori yang dimiliki pada struktur material tersebut. Uji Daya Serap Air merupakan pengujian standar material bangunan berpori untuk evaluasi ketahanan kelembaban melalui perendaman 24 jam pada 20°C. Persen daya serap dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$\% \text{ Daya Serap} = \left\{ \frac{(M_w - M_d)}{M_d} \right\} \times 100\% \quad (2.2)$$

Di mana :

M_w = Berat Basah

M_d = Berat Kering

Standar SNI 03-0349-1989 menetapkan daya serap air maksimum 25% untuk mutu batako pejal I dan maksimum 35% untuk mutu batako pejal II-IV, dihitung dengan persamaan 2.3

$$P = \left\{ \frac{(m_b - m_k)}{m_k} \times 100\% \right\} \quad (2.3)$$

Keterangan :

P = Nilai Daya Serap

M_b = Berat Basah

M_k = Berat Kering

Tingkat penyerapan air merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai kualitas fisik suatu material dalam memengaruhi ketahanan batako terhadap kondisi lingkungan yang lembap. Batako mutu I umumnya memiliki daya serap air kurang dari 25% dan cocok digunakan pada bagian eksterior bangunan, sedangkan batako mutu IV memiliki batas maksimum 35% untuk penggunaan interior non-struktural. Pada SNI 8640:2018, persyaratan daya serap air untuk batako ringan non-struktural ditetapkan kurang dari 20%. Penelitian Andreansyah (2019) menunjukkan bahwa batako dengan penambahan limbah *styrofoam* memiliki daya serap air antara 2,19% hingga 4,62%, sehingga masih memenuhi ketentuan standar yang berlaku. SNI memiliki batas daya serap air

yang lebih longgar dibandingkan ASTM karena disesuaikan dengan kondisi iklim tropis Indonesia, sedangkan ASTM mempertimbangkan ketahanan terhadap siklus beku-cair di daerah beriklim dingin. Batako dengan daya serap air 9–16% masih memenuhi kedua standar untuk dinding non-struktural (Hisyam dkk, 2025). Perbedaan metode pengujian, yaitu perendaman 24 jam pada SNI, dapat menghasilkan selisih nilai daya serap air sekitar 2–5%, sehingga pengujian dengan kedua metode dapat digunakan untuk meningkatkan validitas hasil penelitian (Mercubuana, 2025).

2.6. Kriteria Penerimaan Batako

Kriteria penerimaan batako pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk pasangan dinding sebagai dasar penilaian mutu produk. Batako yang dihasilkan ditargetkan memenuhi mutu tingkat III, sehingga hasil pengujian harus memenuhi persyaratan kuat tekan minimum sebesar 4 MPa dan daya serap air maksimum 35%. Selain itu, batako juga harus memiliki kondisi fisik yang baik, meliputi dimensi yang seragam, tidak retak, tidak pecah, dan bebas dari cacat yang dapat memengaruhi kualitasnya. Penilaian mutu dilakukan melalui pengujian kuat tekan dan daya serap air, kemudian hasil setiap variasi campuran dibandingkan dengan batako normal untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah kertas HVS dan serbuk kaca terhadap karakteristik batako. Evaluasi tidak hanya didasarkan pada pemenuhan persyaratan standar, tetapi juga mempertimbangkan perubahan sifat mekanis, sifat fisik, serta biaya material akibat penambahan kedua bahan tersebut. Selanjutnya, hasil pengujian dianalisis untuk menentukan variasi campuran yang paling optimum berdasarkan keseimbangan antara kuat tekan, daya serap air, dan aspek ekonomis. Apabila hasil pengujian memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989, maka batako dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pasangan dinding non-struktural. Sebaliknya, apabila belum memenuhi persyaratan, diperlukan evaluasi terhadap kualitas bahan, komposisi campuran, proses pencampuran, pencetakan, pemadatan, dan perawatan (*curing*) sebagai dasar perbaikan mutu batako.

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait penggunaan limbah kertas HVS dan serbuk kaca dalam dunia konstruksi telah memberikan landasan penting bagi pengembangan penelitian selanjutnya di bidang ini

Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
1.	Hendriyani, dkk. (2017)	Pengujian karakteristik kekuatan tekan dan tingkat penyerapan air pada batako yang mengandung limbah kertas HVS dengan variasi persentase tertentu.	Pendayagunaan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah batako serta pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan fisik	a. Penambahan limbah kertas HVS meningkatkan daya serap air, namun masih dalam batas SNI ($\leq 35\%$). b. Kuat tekan optimal terjadi pada variasi 10% dengan nilai $\pm 78,13$ kg/cm ² (memenuhi SNI mutu II).	Variasi limbah kertas HVS: 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir (komposisi semen:pasir:air = 25%:70%:5%)	Mengkombinasikan limbah kertas HVS dengan serbuk kaca sehingga diharapkan dapat mempertahankan kekuatan tekan sekaligus menurunkan daya penyerapan air.
2.	Syafi'urroziq, dkk. (2018)	Pengujian kekuatan tekan dan daya penyerapan air pada pembuatan batako	Pengaplikasi serbuk kaca sebagai bahan tambahan pembuatan batako	a. Dengan presentase 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% menghasilkan kenaikan pada hasil daya serap pada batako	0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%	Menambahkan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah untuk menghasilkan batako yang lebih ringan.
3.	Rahmat, Irna Hendriyani, Risma Sa'diyah (2020)	Metode eksperimen dengan uji kekuatan tekan dan uji daya penyerapan air pada	Memanfaatkan limbah serbuk kaca sebagai bahan pengganti pasir dalam campuran batako	a. Penambahan serbuk kaca menaikkan kuat tekan batako, dimana kuat tekan tertinggi pada variasi 50%	Variasi serbuk kaca 0%, 25%, 50% sebagai pengganti pasir	Menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen dan limbah kertas HVS sebagai bahan

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
		batako		(60 kg/cm ² umur 28 hari). b. Daya serap air menurun seiring bertambahnya serbuk kaca (hingga 3,5%) dan masih terpenuhi sesuai standar SNI 03-0349-1989 mutu kelas III	(komposisi 1 semen : 6 agregat)	tambah dalam satu campuran.
4.	Rahmat, dkk. (2020)	Pengujian dilakukan dengan uji penyerapan air dan kekuatan tekan pada batako	Pendayagunaan serbuk kaca sebagai bahan pengganti pasir dalam pembuatan batako dengan pengujian kekuatan kuat tekan dan daya penyerapan air	a. Penyerapan air batako berbanding terbalik dengan bertambahnya serbuk kaca b. Penyerapan air pada batako masih sesuai persyaratan dan berdasarkan mutunya, batako ini termasuk dalam kelas III.	0%, 25%, dan 50% dari komposisi pasir	Menganalisis pengaruh gabungan serbuk kaca dan limbah kertas HVS terhadap kekuatan kuat tekan dan daya penyerapan air.
5.	Dedyerianto, dkk. (2022)	Pengujian nilai kuat tekan dengan target benda uji berada pada standar tipe tingkat mutu III SNI 03-0349-1989	Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi pasir	a. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa batako normal memiliki kuat tekan maksimum sebesar 60,95 kg/cm ² dan minimum sebesar 45,19 kg/cm ² . Seluruh benda uji memenuhi persyaratan SNI 03-0349-1989 dan termasuk dalam klasifikasi batako Mutu III.	Perbandingan limbah kaca : ban bekas yaitu 1:2, 2:1, 1:1	Menggunakan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah yang lebih mudah diperoleh dan ramah lingkungan.
6.	Nurdiansyah (2023)	Metode eksperimen dengan uji nilai kuat tekan, daya	Limbah bubur kertas (<i>papercrete</i>) diperdanakan sebagai bahan substitusi	a. Semakin tinggi kadar bubur kertas (0%–30%), kuat tekan menurun dari 80,337 kg/cm ²	Variasi bubur kertas: 0%, 10%, 15%, 20%, 25%,	Mengkombinasikan bubur kertas dengan serbuk kaca yang berpotensi

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
		penyerapan air, dan berat volume batako	dalam pembuatan batako dan memengaruhi sifat mekanik serta fisik	menjadi 24,831 kg/cm ² , sedangkan daya serap meningkat dari 11,713% menjadi 33,696%	30% dari berat pasir	mengurangi porositas dan daya serap air.
7.	Rachman, dkk. (2024)	Metode eksperimen dengan uji kuat tekan dan pengamatan fisik batako	Limbah kertas HVS dapat diperdagangkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako dan memengaruhi kuat tekan serta berat batako	a. Kuat tekan optimum pada variasi 5% sebesar 56,67 kg/cm ² (mutu III SNI). Semakin besar penambahan kertas, kuat tekan bertambah tetapi semakin tinggi persentase kertas, kuat tekan justru cenderung menurun setelah titik optimum.	Variasi limbah kertas: 5%, 15%, 25% dari volume pasir (PC:PS = 1:6)	Meneliti dua parameter utama sekaligus, yaitu kuat tekan dan daya serap air dengan kombinasi limbah kertas HVS dan serbuk kaca.
8.	Pratama, dkk. (2025)	Metode eksperimen dengan uji slump, kuat tekan, berat volume, dan analisis ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>)	Abu limbah kertas HVS dapat digunakan sebagai substitusi sebagian semen pada beton dan memengaruhi kuat tekan	a. Kuat tekan optimum pada variasi 10% sebesar 23,3 MPa, kemudian menurun pada 15% dan 20%. Abu kertas meningkatkan kuat tekan karena kandungan silika, namun membutuhkan aktivator (NaOH)	Substitusi semen dengan abu kertas: 0%, 10%, 15%, 20% + aktivator NaOH 4M	Objek penelitian berupa batako dengan kombinasi limbah kertas HVS dan serbuk kaca.
9.	Hendrawan, dkk. (2024)	Uji yang dilakukan kuat tekan dan penyerapan air pada pembuatan batako	Perdaganggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi serta metode pengujian pada batako yang digunakan yaitu kuat tekan dan penyerapan air.	a. Nilai rata-rata penyerapan air tidak stabil dibandingkan hanya menggunakan bubur kertas kardus saja, akan tetapi daya serap air batako dengan campuran bubur kertas kardus	serbuk kaca 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dan bubur kertas 0%; 0,5%; 0,75%; dan 1%	Menggunakan limbah kertas HVS yang memiliki karakteristik serat lebih halus dengan variasi campuran yang mengacu pada hasil penelitian

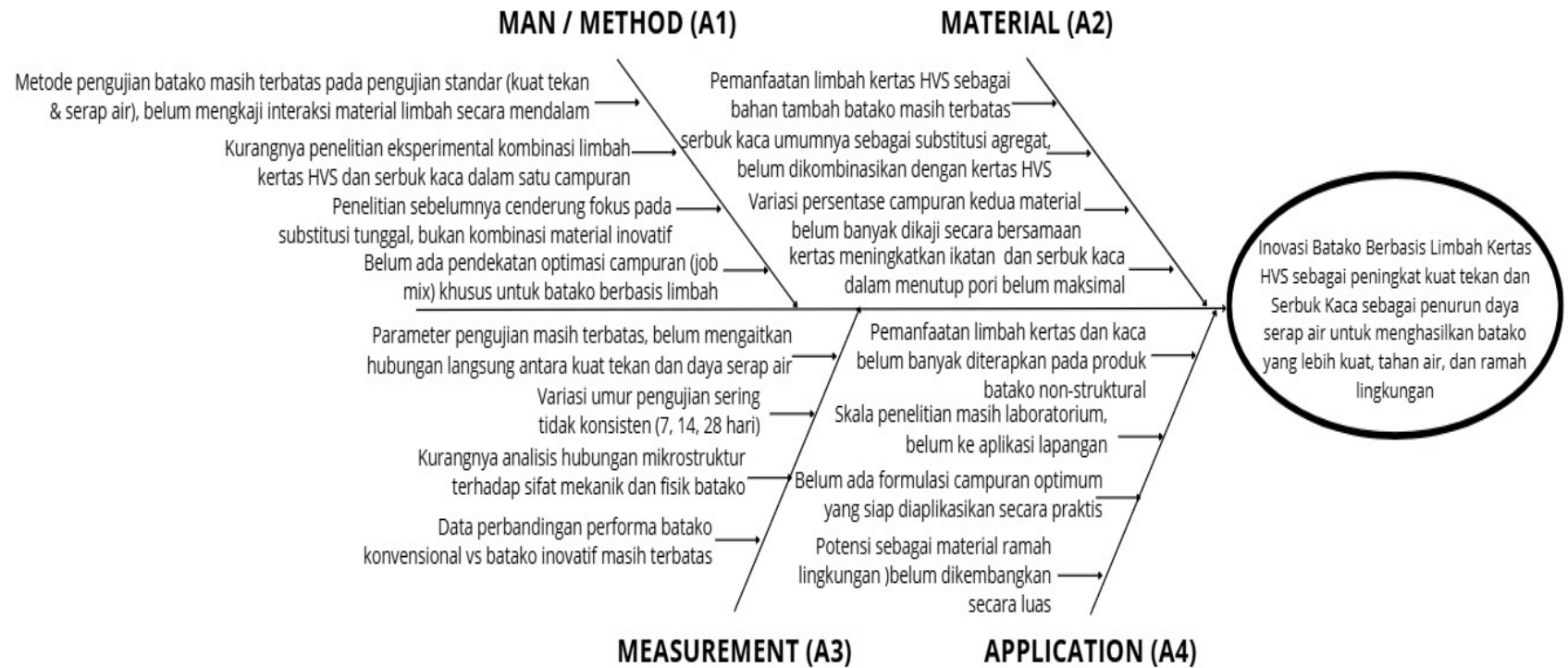
No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
				hingga 1% dan serbuk kaca 10% masih masuk ke dalam klasifikasi tingkat mutu 1 menurut SNI 03-0349-1989		terdahulu.
10.	Hisyam, dkk. (2025)	Pengujian yang dilakukan kuat tekan dan penyerapan air pada pembuatan batako	Penambahan serbuk kaca pada bahan pembuatan batako dan metode pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan dan daya serap	a. Nilai rata-rata daya serap air terendah didapatkan pada variasi serbuk kaca 20% dan sabut kelapa 0,10% sebesar 1,713%. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, nilai daya serap air tersebut termasuk pada klasifikasi tingkat mutu I	Variasi serbuk kaca 20%	Menggunakan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah dan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen.
11.	Rahman, dkk. (2025)	Pengujian kuat tekan dan daya serap air	Pemanfaatan serbuk kaca sebagai agregat dalam pembuatan batako dan pengujian kuat tekan dan daya serap air	a. Batako dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan bahwa semua nilai berada jauh di bawah batas maksimum SNI 03-0349-1989, yaitu 25% untuk kategori 1 dan II dan 35% untuk kategori III dan IV b. Memiliki ketahanan terhadap air yang baik dan memenuhi standar teknis	0%, 10%, 15%, dan 20%	Mengkaji sinergi antara serbuk kaca dan limbah kertas HVS terhadap karakteristik batako.
12.	Saldaña, dkk. (2024)	Penelitian ini mengukur beberapa parameter utama seperti daya serap	Sebanyak 192 buah batako diproduksi dengan variasi penambahan partikel kaca daur ulang dan kertas	a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap air batako menurun sebesar 4,94%, 3,398%, dan	3%, 6%, dan 9%.	Pengaruh variasi persentase kaca dan kertas di atas 9% juga belum diteliti, sehingga

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
		air, kelengkungan (<i>warping</i>), kuat tekan (f_c), kuat tekan aksial (f_m), dan kuat tekan diagonal (V_m). Biaya produksi unit pasangan bata juga dianalisis berdasarkan persentase penambahan kaca dan kertas.	sebesar 3%, 6%, dan 9%.	3,52% pada penambahan partikel kaca dan kertas masing-masing sebesar 3%, 6%, dan 9%.. b. Kuat tekan (f_c) meningkat menjadi 75 kg/cm ² , 82 kg/cm ² , dan 77 kg/cm ² untuk variasi penambahan 3%, 6%, dan 9%. c. Kuat tekan aksial (f_m) meningkat menjadi 91,22 kg/cm ² , 94,45 kg/cm ² , dan 92,80 kg/cm ² pada variasi yang sama. d. Biaya produksi unit pasangan bata menurun menjadi 0,57 USD, 0,55 USD, dan 0,53 USD seiring meningkatnya jumlah penambahan kaca dan kertas.		kombinasi optimal untuk aplikasi tertentu belum dapat ditentukan secara menyeluruh. Selain itu, penelitian ini belum mempertimbangkan tantangan dalam proses produksi saat material tersebut dicampurkan, yang dapat memengaruhi skalabilitas dan penerapan praktisnya di industri konstruksi.
13.	Saifullah, dkk (2024)	Menyoroti penggunaan limbah kaca dan menunjukkan bahwa penggantian limbah kaca sebesar 10% dan 20% pada	Penelitian dilakukan melalui metode eksperimen untuk mengevaluasi pengaruh substitusi limbah kertas terhadap semen dalam campuran batako beton, khususnya dengan	a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi semen menggunakan limbah kertas pada batako (dengan tingkat penggantian 10%, 20%, maupun 30%) menyebabkan	penggantian semen sebesar 10%, 20%, dan 30%	Tidak ada penelitian mengenai biaya

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
		batako menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan batako konvensional	menilai dampak penggantian semen sebesar 10%, 20%, dan 30% menggunakan limbah kertas terhadap kuat tekan batako yang dihasilkan	penurunan kuat tekan yang signifikan dibandingkan campuran beton biasa. b. Sebaliknya, batako yang menggunakan substitusi limbah kaca sebesar 10% dan 20% menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton konvensional bahkan pada umur perawatan 7 hari. Pada umur 21 hari, batako tersebut mempertahankan kuat tekan sebesar 26,4 KN/m², 25,26 KN/m², dan 19,44 KN/m² masing-masing untuk variasi limbah kaca 10%, 20%, dan 30%. Hasil ini menunjukkan potensi limbah kaca sebagai alternatif material berkelanjutan tanpa mengurangi integritas struktural.		
14	Md Asaduzzaman, dkk (2025)	Kuat tekan batako	Penelitian ini berfokus pada penggunaan serbuk kaca (<i>glass powder/GP</i>) sebagai substitusi parsial	a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran normal memiliki kuat tekan sebesar 7,85 MPa	0%, 5%, 10%)	Tidak terkombinasikan dengan material kertas HVS

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
			semen dalam beton, yang menunjukkan peningkatan kuat tekan pada kadar substitusi sedang (5–10%). Performa terbaik diperoleh pada campuran dengan 10% serbuk kaca dan 50% limbah keramik, yang menghasilkan kuat tekan sebesar 11,20 MPa.	dan berat isi sebesar 2094 kg/m³. b. Kuat tekan tertinggi sebesar 11,20 MPa diperoleh pada campuran dengan 10% serbuk kaca dan 50% limbah keramik, yang berarti meningkat sekitar 43% dibandingkan campuran normal. c. Campuran dengan 5% serbuk kaca, 20% abu batu, dan 25% limbah keramik menghasilkan kuat tekan sebesar 10,93 MPa atau sekitar 39% lebih tinggi dibandingkan campuran kontrol. d. Penggunaan abu batu saja mampu meningkatkan kuat tekan hingga 8,49 MPa pada tingkat substitusi 20%.		
15	Mohammad Fiqry Teezar Pratama, dkk (2025)	Kuat Tekan	Makalah ini berfokus pada penggunaan limbah kertas HVS sebagai pengganti sebagian semen dalam	a. Nilai kuat tekan rata-rata sampel beton adalah substitusi kertas HVS masing-masing sebesar 20,2	0%, 10%, 15%, dan 20%	Tidak mengkolaborasikan dengan serbuk kaca

No	Penulis	Metode	Penemuan Relevan	Hasil	Komposisi Material	Gap Penelitian
			beton, mengevaluasi pengaruhnya terhadap kuat tekan.	MPa, 23,3 MPa, 20,4 MPa, dan 18,3 MPa. b. Terdapat peningkatan kuat tekan yang diamati dengan substitusi kertas HVS sebesar 10% dibandingkan dengan sampel kontrol (substitusi 0%). c. Kuat tekan menurun pada substitusi 20% kertas HVS dibandingkan dengan tingkat substitusi yang lebih rendah.		
16	Muhammad Fadhil, dkk (2023)	Kuat tekan	Fokusnya adalah pada efek limbah kaca dan serbuk kayu sebagai pengganti pasir dalam pembuatan paving block.	a. Studi tersebut menemukan bahwa nilai kekuatan tekanan tertinggi dari paving block dicapai dengan campuran 5% serbuk kaca dan 10% bubuk kayu, sehingga menghasilkan kekuatan tekanan 4,30 MPa. b. Tingkat penyerapan air terendah juga tercatat dengan campuran yang sama yaitu 5% serbuk kaca dan 10% bubuk kayu, yang memiliki penyerapan air sebesar 6,42%.	Variasi limbah kaca diuji pada kadar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%,	Menambahkan materialnya berupa serbuk kayu



Gambar 2.7. Diagram Ishikawa

Analisis :

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, pemanfaatan limbah kertas HVS dalam campuran batako menunjukkan hasil yang masih bervariasi dan belum konsisten. Beberapa penelitian menyatakan bahwa penambahan kertas HVS pada persentase tertentu (sekitar 5–10%) mampu meningkatkan kuat tekan batako, namun pada kadar yang lebih tinggi justru menyebabkan penurunan kuat tekan serta peningkatan daya serap air akibat sifat kertas yang menyerap air dan meningkatkan porositas. Di sisi lain, pemanfaatan serbuk kaca cenderung memberikan pengaruh positif dalam menurunkan daya serap air dan dalam beberapa kasus juga meningkatkan kuat tekan karena sifatnya yang padat dan tidak menyerap air. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih dilakukan secara terpisah antara penggunaan kertas HVS dan serbuk kaca, serta belum mengkaji hubungan keduanya dalam satu campuran yang terintegrasi. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian berupa belum adanya kajian komprehensif yang mengkombinasikan limbah kertas HVS dan serbuk kaca untuk mengoptimalkan dua parameter utama sekaligus, yaitu kuat tekan dan daya serap air batako. Selain itu, penelitian terdahulu juga belum secara spesifik membahas komposisi optimum yang mampu menyeimbangkan peningkatan kuat tekan akibat penambahan kertas dengan penurunan daya serap air akibat penggunaan serbuk kaca. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah kertas HVS sebagai bahan tambah dan serbuk kaca sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap sifat mekanik dan fisik batako, khususnya kuat tekan dan daya serap air. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah kombinasi limbah kertas HVS dan serbuk kaca mampu memberikan performa yang lebih baik dibandingkan batako konvensional atau justru menimbulkan penurunan kualitas material. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material konstruksi yang lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah sebagai bahan alternatif yang bernilai guna, sehingga mendukung upaya pengurangan limbah dan penerapan konsep konstruksi ramah lingkungan.