



Evaluasi Sifat Mekanis Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Andesit Toraja Utara

Israel Padang^{1*}, Hernita Matana², Yulius Pakiding³, Fiki Kogoya⁴, Zet Karangan⁵

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Indonesia

*Email : israelpadang@ukitoraja.ac.id

Abstract: The increasing demand for concrete has intensified the exploitation of natural coarse aggregates, while large quantities of andesite waste generated from stone-carving activities in North Toraja remain underutilized. This study investigates the feasibility of using locally sourced andesite waste as a 100% replacement for conventional coarse aggregate in normal-strength concrete. Concrete specimens with a target compressive strength of 20 MPa were prepared and tested for workability, compressive strength at 3, 7, 14, and 28 days, and splitting tensile strength at 28 days. Experimental results showed that the andesite aggregate satisfied all standard requirements for coarse aggregates. The concrete containing andesite aggregate achieved a 28-day compressive strength of 18.02 MPa and a splitting tensile strength of 2.93 MPa, compared with 19.82 MPa and 3.16 MPa for the control concrete, representing reductions of approximately 9.1% and 7.3%, respectively. Despite these reductions, the concrete remained within the range of normal-strength structural concrete. The findings demonstrate that waste andesite from local stone-processing activities can be utilized as an alternative coarse aggregate, contributing to sustainable construction practices and reducing dependence on natural aggregate resources.

Keywords: Coarse aggregate replacement, Andesite waste, Normal concrete, Compressive strength, Splitting tensile strength

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang sangat bergantung pada ketersediaan agregat kasar alami, sehingga peningkatan kebutuhan beton berdampak langsung terhadap eksploitasi sumber daya galian. Mutu beton ditentukan oleh kualitas agregat yang digunakan, sehingga penggunaan agregat alternatif perlu memastikan kinerja mekanis tetap terjaga. Pengembangan beton berbahan substitusi agregat kini menjadi fokus penting untuk mendukung efisiensi material dan keberlanjutan konstruksi. Pemanfaatan sumber lokal yang belum dimanfaatkan secara optimal maupun limbah industri berpotensi mengurangi ketergantungan pada material primer (Silva et al., 2018). Pendekatan ini tidak hanya menekan dampak lingkungan, tetapi juga membuka peluang pemanfaatan material alternatif yang layak secara teknis dalam aplikasi struktural. Dengan demikian, eksplorasi agregat alternatif menjadi langkah relevan untuk menjaga keberlanjutan pasokan material beton.

Limbah batu andesit merupakan salah satu hasil samping dari aktivitas pemotongan dan pemahatan batu alam yang jumlahnya terus meningkat seiring berkembangnya industri konstruksi dan kerajinan batu. Batu andesit banyak ditemukan di wilayah

vulkanik terutama di Indonesia (Eken, 2023). Secara khusus di Desa Saloso, Toraja Utara, batu andesit dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan, namun proses pemahatan menghasilkan limbah berupa serpihan batu yang selama ini tidak dimanfaatkan secara optimal. Batu andesit memiliki sifat mekanis yang baik, tidak beracun, dan ramah lingkungan sehingga berpotensi digunakan sebagai agregat kasar beton. Pemanfaatan limbah andesit juga dapat mengurangi limbah industri sekaligus mendukung pembangunan konstruksi berkelanjutan. Oleh karena itu, evaluasi sifat mekanis beton berbahan agregat andesit perlu dilakukan untuk menilai kelayakan penggunaannya (Orhan et al., 2020).

Beton normal merupakan jenis beton yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi karena memiliki komposisi campuran yang relatif sederhana, mudah diaplikasikan, dan mampu memenuhi kebutuhan kekuatan untuk berbagai elemen struktur. Pada beton normal, agregat kasar berperan penting karena menempati sebagian besar volume campuran dan berpengaruh terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan dan kuat tarik belah (Febriani, 2024). Oleh karena itu, penggunaan agregat kasar alternatif perlu dievaluasi agar beton yang dihasilkan tetap memenuhi karakteristik beton normal (Padlia dkk., 2023). Dalam konteks ini, limbah batu andesit berpotensi digunakan sebagai pengganti agregat kasar alami karena memiliki sifat fisik dan mekanis yang mendukung, sekaligus dapat mengurangi ketergantungan terhadap material primer. Pemanfaatan limbah andesit pada beton normal diharapkan dapat menjadi alternatif material lokal yang mendukung efisiensi bahan dan konstruksi berkelanjutan.

Kuat tekan beton adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan beton dalam menahan beban tekan tanpa mengalami kerusakan. Beton dengan kuat tekan yang tinggi memiliki kemampuan untuk menahan beban yang lebih besar, sehingga sangat penting dalam aplikasi struktural seperti perkerasan jalan, jembatan, dan bangunan bertingkat. Uji kuat tekan beton dilakukan untuk memastikan bahwa beton yang digunakan memenuhi standar kekuatan yang diperlukan dalam desain struktur. Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat mekanis utama yang menjadi faktor penentu dalam desain struktur beton (Neville, 2012).

Selain kuat tekan, kuat tarik belah merupakan parameter penting yang menggambarkan kemampuan beton menahan gaya tarik tidak langsung dan kualitas ikatan antarpartikel. Kuat tarik belah beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, serta kekuatan ikatan antara agregat dan pasta semen (Mindess et al., 2003). Beton yang memiliki kuat tarik belah yang baik akan lebih tahan terhadap retakan atau kerusakan yang disebabkan oleh gaya tarik. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa beton memiliki ketahanan yang memadai terhadap beban tarik yang dapat menimbulkan keretakan, terutama pada area yang rentan terhadap pembebanan tarik.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan material lokal dan agregat alternatif sebagai substitusi agregat kasar mampu menghasilkan beton dengan sifat

mekanis yang baik serta mendukung konstruksi berkelanjutan. Pada sebuah penelitian ditemukan bahwa agregat kasar dari Tondon Marante, Toraja Utara layak digunakan untuk perkerasan lentur (Padang, 2020). Dengan hasil yang sama, penggunaan batu Gunung Kapala Pitu sebagai agregat kasar menghasilkan kuat tekan optimum sebesar 25,666 MPa (Matasik dkk., 2023), dan agregat Sungai Battang dapat meningkatkan kekuatan beton sekaligus memberikan keuntungan ekonomis (Mantja dkk., 2024). Penelitian lain menunjukkan bahwa material lokal memiliki potensi sebagai agregat kasar alternatif untuk beton normal (Haibaho dkk., 2020; Hartono, 2013). Selain itu, penggunaan *recycle concrete aggregate* dapat mendukung prinsip keberlanjutan dalam konstruksi tanpa mengurangi performa beton secara signifikan (Kurniawan dkk., 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan material alternatif sebagai substitusi agregat kasar beton, pemanfaatan limbah batu andesit hasil pahatan pengrajin di Toraja Utara masih jarang diteliti, terutama sebagai substitusi penuh (100%) dengan evaluasi kuat tekan dan kuat tarik belah. Limbah batu andesit hasil pahatan pengrajin tersebut ditunjukkan pada Gambar 1. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pemanfaatan limbah batu andesit lokal sebagai agregat kasar alternatif pada beton normal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan teknis penggunaannya berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah guna mendukung pemanfaatan sumber daya lokal dan konstruksi berkelanjutan.



Gambar 1. Limbah Batu Andesit Sisa Pahatan Pengrajin di Toraja Utara

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental di laboratorium yang bertujuan mengevaluasi sifat mekanis beton dengan menggunakan agregat kasar berupa batu andesit dari Toraja Utara. Sifat mekanis yang diuji meliputi kuat tekan dan kuat tarik

belah beton. Penelitian dilaksanakan melalui tahapan pengujian karakteristik material, pembuatan benda uji, perawatan beton, dan pengujian mekanis.

2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil UKI Toraja selama 3 bulan yaitu dari bulan Maret s/d Mei 2025.

2.3. Material Penelitian

Material yang digunakan terdiri atas semen Portland Tipe I, agregat halus berupa pasir lokal, agregat kasar batu pecah sebagai beton kontrol, limbah batu andesit dari Desa Saloso, Toraja Utara sebagai agregat substitusi, serta air bersih yang memenuhi persyaratan untuk campuran beton. Sebelum digunakan, seluruh material diuji karakteristik fisiknya sesuai standar SNI.

2.4. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material meliputi analisis gradasi, berat jenis, penyerapan air, kadar air, kadar lumpur, dan abrasi agregat kasar. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar dalam perancangan campuran beton.

2.5. Rancangan Campuran Beton

Campuran beton dirancang menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan mutu rencana $f'c$ 20 MPa (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Penelitian ini menggunakan dua jenis campuran, yaitu beton kontrol dengan agregat kasar batu pecah dan beton dengan substitusi 100% agregat kasar limbah batu andesit. Proporsi campuran beton kontrol disajikan pada Tabel 1, sedangkan proporsi campuran beton dengan agregat kasar limbah batu andesit disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Proporsi Campuran Beton Kontrol untuk Satu Benda Uji Silinder

NO	Material	Berat Vol (Kg/m ³)	Vol. Silinder (m ³)	Berat Material (Kg)
1	Semen	294,203	0,0053	1,559
2	Air	190,327	0,0053	1,008
3	Pasir	901,024	0,0053	4,774
4	Batu Pecah	1003,093	0,0053	5,315

Tabel 2. Proporsi Campuran untuk 1 Buah Benda Uji Silinder Beton Batu Andesit

NO	Material	Berat Vol (Kg/m ³)	Vol. Silinder (m ³)	Berat Material (Kg)
1	Semen	258,841	0,0053	1,372
2	Air	162,406	0,0053	0,861
3	Pasir	828,80	0,0053	4,393
4	Batu Andesit	1023,97	0,0053	5,427

2.6. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pembuatan dan perawatan benda uji dilakukan mengacu pada SNI 2493:2011 tentang tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Setelah proses pencampuran dan pencetakan, benda uji dirawat dengan metode perendaman hingga mencapai umur pengujian yang telah ditentukan. Pengujian slump dilakukan pada beton segar, sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari sesuai SNI 1974:2011 (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari mengacu pada SNI 2491:2014 (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Jumlah dan dimensi benda uji yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah dan Dimensi Benda Uji

Jenis Pengujian	Jumlah	Dimensi
Kuat Tekan	12 buah	Silinder 15 × 30 cm
Tarik Belah	3 buah	Silinder 15 × 30 cm

2.7. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah antara beton kontrol dan beton dengan agregat batu andesit. Selanjutnya dilakukan interpretasi terhadap pengaruh penggunaan limbah batu andesit sebagai substitusi agregat kasar berdasarkan pencapaian mutu beton rencana dan performa mekanis yang dihasilkan.

Nilai kuat tekan beton dihitung dari beban maksimum P yang menyebabkan benda uji silinder hancur, dibagi luas penampang silinder A , sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

dengan f'_c adalah kuat tekan beton (MPa), P adalah beban maksimum (N), dan A adalah luas penampang benda uji silinder (mm^2).

Nilai kuat tarik belah beton dihitung berdasarkan metode pembebanan diametral, dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{\{t\}} = \frac{2P}{\pi DL}$$

dengan f_t adalah kuat tarik belah beton (MPa), P adalah beban maksimum (N), D dan L ada diameter dan tinggi (panjang) benda uji silinder (mm).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Material

Karakteristik material yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian agregat halus dan agregat kasar, yaitu batu pecah sebagai agregat kontrol serta limbah batu andesit sebagai agregat alternatif. Pengujian karakteristik agregat dilakukan untuk mengetahui kesesuaian material terhadap persyaratan teknis berdasarkan standar SNI yang berlaku. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa seluruh agregat yang digunakan memenuhi standar yang dipersyaratkan, sehingga layak digunakan sebagai bahan penyusun beton. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Penyusun Beton

No	Jenis Pengujian	Standar Agregat Kasar	Hasil Batu Pecah	Hasil Batu Andesit	Standar Agregat Halus	Hasil Agregat Halus	Ket.
1	Kadar Lumpur	0,2%-1%	0,67%	0,74	0,2-5%	2,46%	Memenuhi
2	Bobot Isi Kondisi Padat	1,2-1,9 gr/cm ³	1,52	1,24	1,2-1,9 gr/cm ³	1,42	Memenuhi
3	Bobot Isi Kondisi Lepas	1,2-1,9 gr/cm ³	1,42	1,42	1,2-1,9 gr/cm ³	1,23	Memenuhi
4	Kadar Air	0,5%-5%	1,21	3,53	3-5%	3,88%	Memenuhi
5	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	1,6-3,1 gr	2,67	2,47	1,6-3,1 gr	2,27	Memenuhi
6	Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan)	1,6-3,1 gr	2,68	2,51	1,6-3,1 gr	2,36	Memenuhi
7	Berat Jenis Semu	1,6-3,1 gr	2,70	2,57	1,6-3,1 gr	2,50	Memenuhi
8	Penyerapan Air	0,2%-2%	0,43	1,54	0,2-5%	4,02%	Memenuhi
9	Abrasi (keausan)	15-40%	20,02	37,1	-	-	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4, agregat batu andesit memiliki berat jenis yang sedikit lebih rendah dibandingkan batu pecah, sedangkan nilai penyerapan airnya lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa agregat batu andesit memiliki kemampuan menyerap air yang lebih besar, sehingga berpotensi memengaruhi kebutuhan air dalam campuran beton. Selain itu, karakteristik agregat tersebut juga dapat memengaruhi kualitas ikatan antara agregat dan pasta semen, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap sifat mekanis beton, khususnya kuat tekan dan kuat tarik belah.

3.2 Workability Beton

Hasil pengujian slump beton segar disajikan pada Tabel 5 Berdasarkan hasil pengujian, nilai slump beton kontrol sebesar 95 mm, sedangkan beton dengan agregat batu andesit sebesar 80 mm. Kedua nilai tersebut masih memenuhi rentang slump rencana, yaitu 75–100 mm. Nilai slump beton andesit yang lebih rendah menunjukkan bahwa agregat batu andesit memiliki daya serap air lebih tinggi, sehingga diperlukan pengendalian kadar air agar *workability* tetap terjaga. Proses pengujian slump beton segar ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 5. Hasil Pengujian Slump Beton Segar

Sampel	Standar Slump test (mm)	Hasil Pengujian Slump (mm)
Beton Kontrol	75-100	95
Beton Batu Andesit	75-100	80

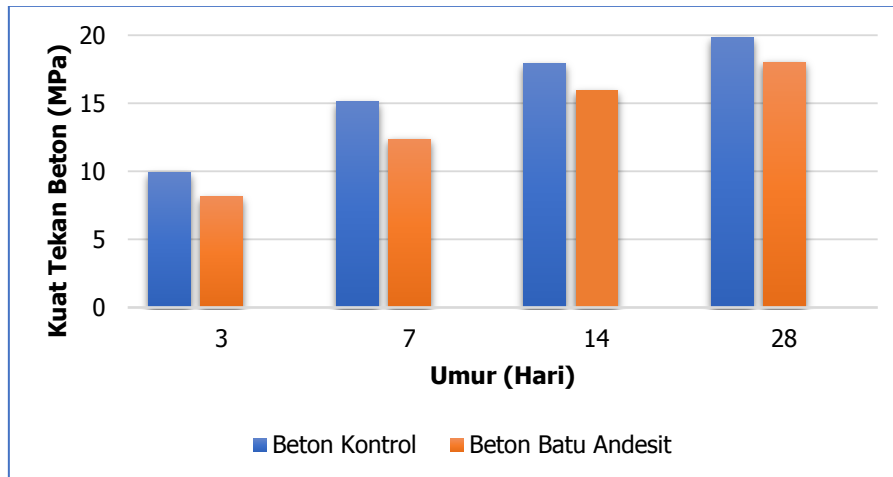


Gambar 2. Pengujian Slump Beton

3.3 Kuat Tekan Beton

Tabel 6. Hasil Uji Tekan Beton

Jenis Beton	No. Sampel	Umur Beton (hr)	Berat Beton (gr)	Luas Silinder (mm ²)	Beban (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)
Beton Kontrol	BK 3-1	3	12114	17662,5	175000	9,91	9,91
	BK 3-2	3	11884		180000	10,19	
	BK 3-3	3	11788		170000	9,62	
	BK 7-1	7	11850	17662,5	270000	15,29	15,10
	BK 7-2	7	11700		260000	14,72	
	BK 7-3	7	11862		270000	15,29	
	BK 14-1	14	12274	17662,5	320000	18,12	17,93
	BK 14-2	14	12090		330000	18,68	
	BK 14-3	14	11886		300000	16,99	
	BK 28-1	28	11900	17662,5	345000	19,53	19,82
	BK 28-2	28	12112		355000	20,10	
	BK 28-3	28	11888		350000	19,82	
Beton Batu Andesit	BA 3-1	3	11487	17662,5	150000	8,49	8,12
	BA 3-2	3	11400		150000	8,49	
	BA 3-3	3	11420		130000	7,36	
	BA 7-1	7	11300	17662,5	210000	11,89	12,36
	BA 7-2	7	11422		225000	12,74	
	BA 7-3	7	11388		220000	12,46	
	BA 14-1	14	11415	17662,5	280000	15,85	15,95
	BA 14-2	14	11379		285000	16,14	
	BA 14-3	14	11445		280000	15,85	
	BA 28-1	28	11437	17662,5	320000	18,12	18,02
	BA 28-2	28	11280		310000	18,40	
	BA 28-3	28	11382		325000	17,55	



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan pada Tabel 6, sedangkan perbandingan kuat tekan rata-rata ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 3, kuat tekan beton kontrol maupun beton dengan agregat batu andesit mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur perawatan. Pada umur 28 hari, beton kontrol memperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 19,82 MPa, sedangkan beton dengan agregat batu andesit sebesar 18,02 MPa. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan limbah batu andesit sebagai substitusi penuh agregat kasar menyebabkan penurunan kuat tekan sebesar 9,08% dibandingkan beton kontrol.

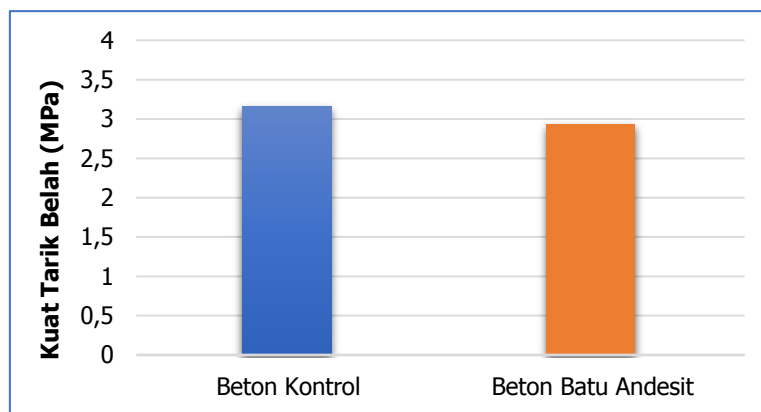
Penurunan kuat tekan beton batu andesit diduga dipengaruhi oleh karakteristik agregat batu andesit yang memiliki nilai penyerapan air lebih tinggi dan berat jenis yang lebih rendah dibandingkan batu pecah. Penyerapan air yang lebih tinggi dapat mengurangi ketersediaan air efektif dalam proses hidrasi semen, sehingga ikatan antara pasta semen dan agregat menjadi kurang optimal. Selain itu, nilai abrasi batu andesit yang lebih tinggi menunjukkan bahwa agregat lebih mudah mengalami keausan, sehingga dapat memengaruhi kualitas interlocking dan kekuatan internal beton. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa karakteristik agregat lokal sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Namun, meskipun mengalami penurunan, kuat tekan beton batu andesit masih mendekati beton kontrol, sehingga limbah batu andesit tetap berpotensi digunakan sebagai agregat kasar alternatif pada beton normal dengan pengendalian kadar air dan kualitas agregat yang lebih baik.

3.4 Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari disajikan pada Tabel 7, sedangkan perbandingan nilai rata-ratanya ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan hasil pengujian, beton kontrol memperoleh kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,16 MPa, sedangkan beton dengan agregat batu andesit memperoleh nilai rata-rata sebesar 2,93 MPa. Penggunaan agregat batu andesit menyebabkan penurunan kuat tarik belah sebesar 7,28% dibandingkan beton kontrol.

Tabel 7. Hasil Uji Tarik Belah Beton

Jenis Beton	No, Sampel	Diameter (mm)	Tinggi Silinder (mm)	Beban P (N)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (MPa)
Beton Kontrol	BKT-1	150	300	230000	3,26	3,16
	BKT-2	150	300	220000	3,11	
	BKT-3	150	300	220000	3,11	
Beton Batu Andesit	BAT-1	150	300	210000	2,97	2,93
	BAT-2	150	300	210000	2,97	
	BAT-3	150	300	200000	2,83	

**Gambar 4.** Grafik Kuat Tarik Belah Beton

Penurunan tersebut diduga dipengaruhi oleh karakteristik agregat batu andesit yang memiliki daya serap air lebih tinggi, sehingga dapat memengaruhi ketersediaan air efektif dalam campuran dan kualitas ikatan antara agregat dengan pasta semen pada zona transisi antarmuka. Meskipun mengalami penurunan, nilai kuat tarik belah beton batu andesit masih mendekati beton kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa limbah batu andesit tetap berpotensi digunakan sebagai agregat kasar alternatif pada beton normal, dengan pengendalian kadar air dan kualitas agregat yang baik.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah batu andesit Toraja Utara berpotensi dimanfaatkan sebagai substitusi penuh (100%) agregat kasar pada beton normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton dengan agregat batu andesit memiliki kuat tekan rata-rata 18,02 MPa dan kuat tarik belah 2,93 MPa, sedangkan beton kontrol masing-masing mencapai 19,82 MPa dan 3,16 MPa. Penggunaan agregat batu andesit menyebabkan penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sekitar 9,08% dan 7,28%, namun nilai yang diperoleh masih mendekati mutu rencana dan menunjukkan performa mekanis yang cukup baik untuk beton normal. Dengan demikian, limbah batu andesit lokal layak dipertimbangkan sebagai agregat kasar alternatif yang dapat mendukung pemanfaatan sumber daya lokal dan pengembangan konstruksi berkelanjutan.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 03-2834-2000). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder Yang Dicitak* (SNI 1974:2011). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium* (SNI 2493:2011). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder* (SNI 2491:2014). Badan Standardisasi Nasional.
- Eken, M. (2023). Mechanical And Durability Properties Of Concrete With Volcanic Rock Additives. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(7), 04023196-1 - 04023196-12.
- Febriani, L. (2024). Studi Karakteristik Beton Normal Dengan Memanfaatkan Agregat Kecamatan Pamona Selatan. *Paulus Civil Engineering Journal*, 6(2), 219 - 227.
- Haibaho, A., Sugiarto, A., & Dewi, P. (2020). Studi Kelayakan Material Gunung Daerah Aliran Sungai Arah Malang-Kota Batu Dalam Penggunaannya Sebagai Salah Satu Material Beton. *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 30 - 37.
- Hartono. (2013). Studi Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Dari Batu Kapur. *Gema Teknologi*, 17(3), 139 - 143.
- Kurniawan, S. K., & Putra, A. S. R. S. (2023). Recycle Concrete Aggregate Terhadap Kuat Tekan Beton Berbasis Analytical Hierarchy Process. *TAPAK*, 12(2), 201 - 215.
- Mantja, D. N., Sandy, D., & Gunadi, T. A. (2024). Pengaruh Agregat Sungai Battang Terhadap Kekuatan Beton. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(4), 233 - 241.
- Matasik, R. R., Rangan, P. R., Padang, I., & Pagatiku, A. (2023). Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Batu Gunung Kapala Pitu Sebagai Agregat Kasar Dengan Penambahan Zat Aditif. *Journal Dynamic Saint*, 8(2), 71 - 91.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete: Structure, Properties, and Materials* (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete* (5th ed.). London: Pearson Education.
- Orhan, A., Ak, N., Erensoy, A., & Çek, N. (2020). Betonda Bazalt Agreganın Kullanımı ve Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 524–532.
- Padang, I. (2020). Use of Tondon Marante Coarse Aggregate for Mixed HRS-BASE and Mixed AC-BC. *Journal Dynamic Saint*, 5(2), 992 - 994.
- Padlia, K., Hidayat, T., Fattah, A., & Nabi, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Beton untuk Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Viscocrete. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering*, 3(1), 34 - 38.

Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2018). Fresh-State Performance Of Recycled Aggregate Concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 178, 19 - 31.