

ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON MENGGUNAKAN LIMBAH BONGKAHAN RIGID DAN ZAT ADDITIVE BESTMITTEL

Muhammad Sakur¹, Adnan², Muh Jabir Muhammadih³

¹muhammadsakur938@gmail.com

²@gmail.com

³jabirdiah@gmail.com

ABSTRAK

Limbah beton rigid dapat dimanfaatkan sebagai agregat alternatif. Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh penambahan Bestmittel untuk meningkatkan kuat tekan dan tarik belah beton yang menggunakan limbah rigid. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah jalan rigid terhadap kuat tekan dan tarik belah beton akibat variasi dari penambahan bestmittel serta mengetahui hasil perbandingan setiap campuran substitusi agregat kasar murni dengan agregat kasar daur ulang yang ditambahkan Bestmittel. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan dan tarik belah beton. Hasil penelitian menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton pada 28 hari pada beton normal dengan rata-rata 25,38 MPa. untuk variasi BLR20% dengan rata-rata 20,19 MPa. untuk variasi BLRB0,5% dengan kuat tekan rata-rata 26,61 MPa. Dari hasil pengujian tarik belah beton pada beton normal dengan rata-rata 6,55 MPa. untuk variasi 20% didapatkan nilai rata-rata 4,11 MPa. untuk variasi BLRB0,5% didapatkan nilai rata-rata 7,33 MPa.

Kata Kunci : Kuat Tekan, Tarik Belah, Limbah Rigid, Bestmittel.

@2021 Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Perkembangan zaman era globalisasi yang semakin maju menimbulkan perkembangan teknologi konstruksi yang semakin pesat[1]. Perkembangan teknologi konstruksi diperlukan agar kebutuhan akan bahan yang dibutuhkan tersedia dengan mudah dan cepat contohnya beton[2]. Jalan raya memiliki berbagai jenis perkerasan, yaitu perkerasan lentur (menggunakan aspal), perkerasan kaku (menggunakan semen), dan perkerasan komposit (kombinasi beton di lapisan bawah dan aspal di lapisan atas Beton banyak digunakan sebab biayanya relatif murah serta gampang dibentuk dan bisa dirancang guna mencapai kekuatan yang direncanakan[3]. Berbagai inovasi dalam bidang teknologi beton dikembangkan guna menghasilkan material beton yang instan, dan ramah lingkungan[4]. Agregat adalah salah satu bahan material pembentuk beton yang mempunyai komposisi terbesar dalam campuran beton, banyaknya jumlah penggunaan beton di dalam konstruksi mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan sebagai salah satu bahan pembentuk beton secara besar-besaran[5]. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber alam yang tersedia bagi keperluan pembetonan[6].

Di Barru tepatnya di Desa Lasitae, Kecamatan Tanete Rilau, Kabupaten Barru Tengah dilakukan pembongkaran jalan kaku (rigid), Kabupaten Barru berada pada jalur Trans Sulawesi dan merupakan daerah lintas wisata antara Kota Makassar dengan Kabupaten Tana Toraja. salah satu limbah beton yang di hasilkan pada renovasi perbaikan jalan ini yaitu limbah hasil pembongkaran yang sudah tidak terpakai lagi[7]. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangan dan kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan limbah beton. Limbah beton jika dibiarkan terus menumpuk dapat berdampak pada lingkungan sekitar[8]. salah satu limbah beton yang di hasilkan pada renovasi perbaikan jalan ini yaitu limbah hasil pembongkaran yang sudah tidak terpakai lagi[9]. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangan dan kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan limbah beton. Limbah beton jika dibiarkan terus menumpuk dapat berdampak pada lingkungan sekitar[10], Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk memanfaatkan atau mendaur ulang limbah sisa beton yang dihasilkan dari suatu aktifitas pembongkaran atau pengadaan kontruksi sebagai agregat alternatif yang dapat menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam di dalam campuran beton[11].

Namun beberapa penelitian dan penjelasan sebelumnya mengenai agregat kasar daur ulang cenderung menyatakan bahwa agregat kasar daur ulang kurang baik untuk digunakan pada beton struktur[12]. Menanggapi pernyataan tersebut, peneliti menambahkan penggunaan zat kimia *bestmittel* ke dalam campuran beton yang menggunakan agregat kasar daur ulang yang diharapkan dapat menambah kekuatan beton tersebut[13]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kuat beton substitusi agregat kasar daur ulang yang ditambahkan zat kimia *bestmittel* serta diharapkan adanya penambahan *bestmittel* itu bisa menambah kuat tekan beton dengan agregat kasar daur ulang yang dimana pada penelitian sebelumnya hampir semua menyatakan agregat kasar daur ulang tidak cocok digunakan pada bangunan struktur dikarenakan kuat tekannya yang rendah[14].

2. Tinjauan Pustaka

Beton merupakan salah satu kontruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton ini dibuat dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen serta air sampai menjadi satu kesatuan. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air[15].

Material penyusun beton

- Agregat merupakan material yang dominan pemakainya dalam dunia rekayasa sipil. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan.
- Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebahagi bahan tambahan.
- Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Material alternatif

- Limbah beton: Saat ini beton menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Salah satu bahan baku beton adalah split dari batu alam. Namun penambangan batu telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang sama besarnya dengan kerusakan akibat tumpukan limbah beton di berbagai tempat.
- Bahan tambah zat *additive bestmittel*: Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambah kedala adukan cairan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk

mengubah sifat adukan atau betonnya (SK SNI S-18-1990-03). Bahan kimia tambahan (chemical admixture) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikat, waktu pengerasan, dan maksud lainnya (SK SNI S-04-1989-F).

3. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampildari hasilnya disertai gambar, tabel atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan dan tarik belah beton;

3.1 Prosedur Standar Penelitian

1. Pemeriksaan berat jenis agregat.

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*).

2. Perkiraan kadar agregat.

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Data primer : Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari substitusi limbah beton dengan bahan tambah zat additive bestmittel.

2. Data sekunder : Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat limbah rigid. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1) Agregat Halus

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian agregat halus
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

NO.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Ket.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,0%	4,0%	4,00%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,04%	2,88%	2,46%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4- 1,9 kg/liter	1,39	1,46	1,43	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 -1,9 kg/liter	1,51	1,50	1,50	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1,21%	1,42%	1,32%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,56	2,59	2,58	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,48	2,50	2,49	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,51	2,54	2,53	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2,95	2,94	2,95	Memenuhi

2) Agregat Kasar

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

NO.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Ket.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,9%	0,90%	0,90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	18,7%	16,9%	17,8%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,94%	1,94%	1,94%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,63	1,61	1,62	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,74	1,74	1,74	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,81%	0,81%	0,81%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,63	2,63	2,63	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,57	2,57	2,57	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,59	2,59	2,59	Memenuhi

7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,72	6,72	6,72	Memenuhi
---	-------------------	-----------	------	------	------	----------

3) Agregat limbah rigid

Tabel 3. Rekapitulasi pengujian agregat limbah Rigid
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

NO.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Ket.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,80%	1,00%	1%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	24,2%	22,0%	23%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1%	1%	1%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,63	1,63	1,63	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,89	1,90	1,89	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1%	1%	1%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,34	2,34	2,34	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,29	2,29	2,29	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,31	2,31	2,31	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,83	6,52	6,68	Memenuhi

4.2 Perencanaan Campuran Beton (Mix Desain)

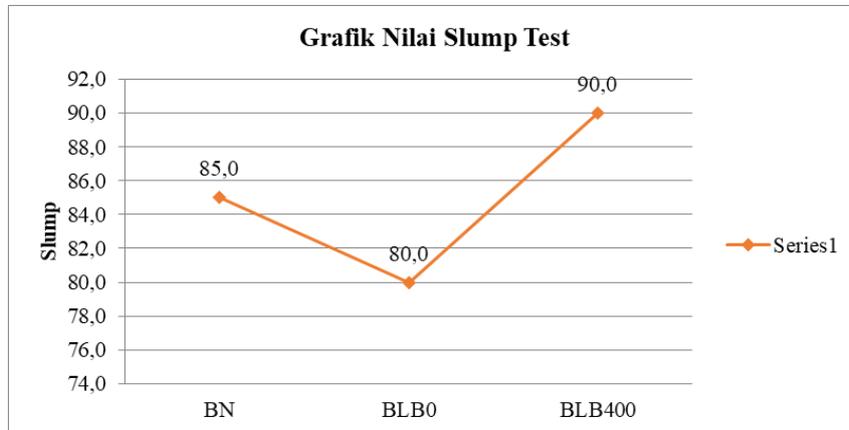
Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 75 – 100 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1,856
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	= 3,08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2,95
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2,53
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2,59
Penyerapan air agregat halus	= 1,32%
Penyerapan air agregat kasar	= 0,81%
Kadar Air agregat halus	= 2,46%
Kadar Air agregat kasar	= 1,94%
Berat Jenis (SSD) limbah beton	= 2,31

4.3 Nilai Slump

Tabel 5. Hasil pengujian nilai Slump test

(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

NO	Variasi Campuran Beton	Waktu Campur (Menit)	Slump Rencana (Mm)	Slump Rata-Rata Lapangan (Mm)
1	BN			85.0
2	BLR _{20%}	± 10	75 – 100	80.0
3	BLR _{20%} + BT _{0,5%}			90.0



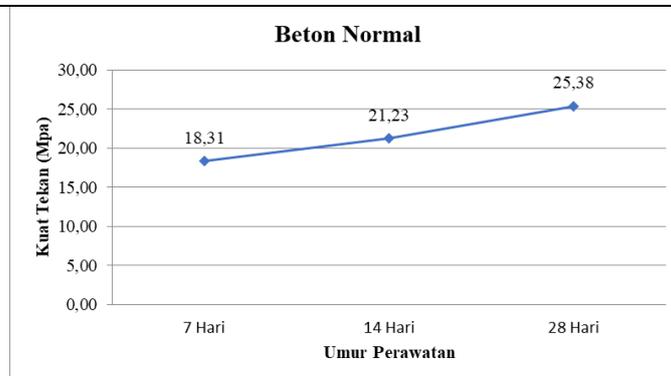
Gambar 1. Perbandingan nilai slump pada setiap variasi
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

4.4 Kuat Tekan

1) Beton Normal

Tabel 6. rekap hasil kuat tekan beton normal
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.242	323.33	18.31
2	14 Hari	12.317	431.67	21.23
3	28 Hari	12.325	448.33	25.38

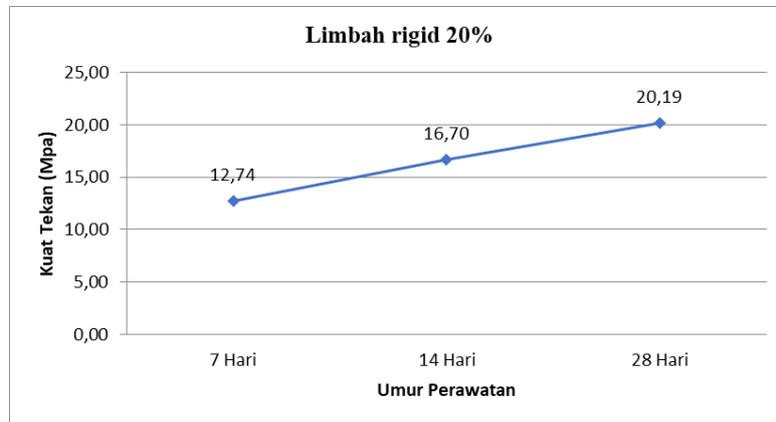


Gambar 2. Grafik pengujian kuat tekan beton normal
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

2) Limbah Rigid 20%

Tabel 7. Rekap hasil kuat tekan beton variasi 20% limbah rigid
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.143	225.00	12.74
2	14 Hari	12.155	295.00	16.70
3	28 Hari	12.218	356.67	20.19

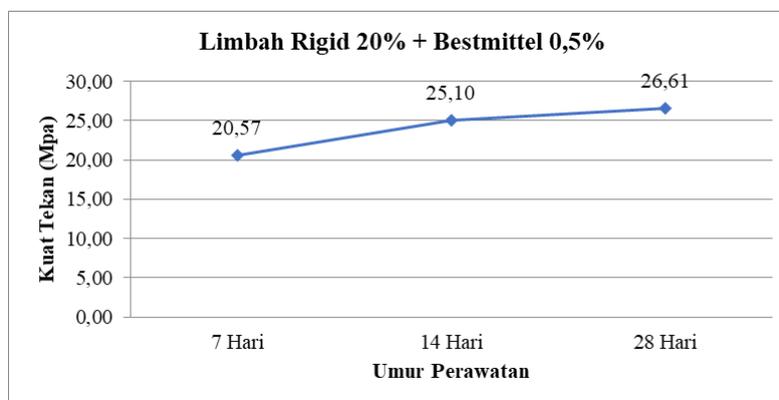


Gambar 3. Grafik pengujian kuat tekan variasi 20%
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

3) Limbah Rigid 20% + Bestmittel 0,5%

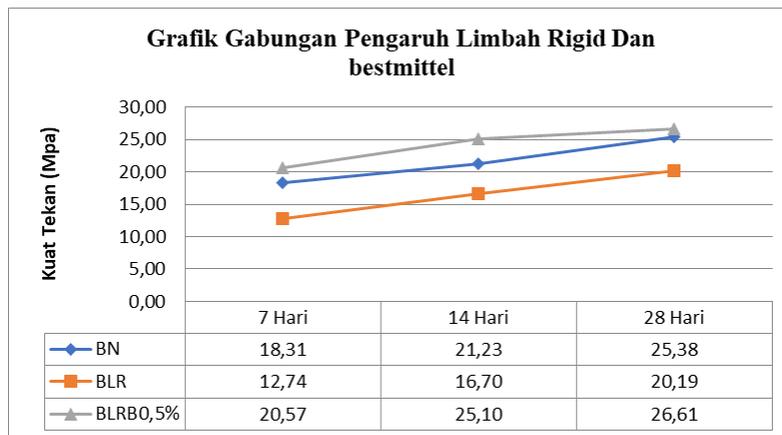
Tabel 7. Rekap hasil kuat tekan beton variasi 20% limbah rigid
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.297	241.66	20.57
2	14 Hari	12.298	316.66	25.10
3	28 Hari	12.163	463.33	26.61



Gambar 4. Grafik pengujian kuat tekan variasi 20%
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

Berikut adalah grafik gabungan pengaruh limbah beton dan bestmittel



Gambar 5. Grafik gabungan pengaruh limbah rigid dan bestmittel
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

4.5 Kuat Tarik Belah Beton

1) Beton Normal

Tabel 8. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur Hari	Berat (Kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm)	P.Maks (Kn)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	28	12,480	300	150	145	6,444	6,556
2		12,440	300	150	150	6,667	

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut: rikut grafik nilai stabilitas.



Gambar 6. Tarik belah beton normal
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

2) Limbah Rigid

Tabel 9. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi limbah rigid 20%
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

No.	Umur Hari	Berat (Kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm)	P.Maks (Kn)	Kuat Tarik	Kuat Tarik
						Belah (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	28	12,480	300	150	90	4,000	4,111
2		12,090	300	150	95	4,222	

Pada pengujian kuat Tarik belah beton untuk beton variasi limbah rigid didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 4,11 MPa.



Gambar 7. Tarik belah beton campuran limbah rigid 20%
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

3) Limbah Rigid 20% + Bestmittel 0,5%

Tabel 10. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi limbah rigid 20% + bestmittel 0,5%
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

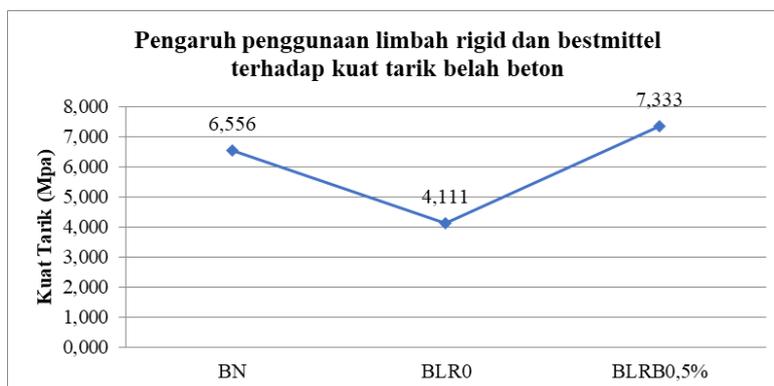
No.	Umur Hari	Berat (Kg)	Tinggi (mm)	Luas (mm)	P.Maks (Kn)	Kuat Tarik	Kuat Tarik
						Belah (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	28	12,480	300	150	150	7,556	7,333
2		12,280	300	150	160	7,111	

Pada pengujian kuat Tarik belah beton untuk beton variasi limbah rigid 20% + bestmittel 0,5% didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 6,88 MPa.



Gambar 8. Tarik belah beton campuran limbah rigid 20% + bestmittel 0,5%
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan limbah rigid dan *bestmittel* terhadap kuat tarik belah beton :



Gambar 9. Grafik pengaruh penambahan limbah Rigid dan Bestmittel
(Sumber: hasil olah laboratorium 2024)

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

- 1) a) Pengaruh variasi untuk hasil pengujian kuat tekan beton yang memperhatikan variasi campuran bestmittel dengan 3 variasi yaitu BN, BLR20% dan BLRB0,5%, menunjukkan bahwa pada beton berumur 7 hari, terjadi penurunan kuat tekan sebesar 5,57 MPa dari beton normal dengan penggunaan limbah rigid 20%. Namun penambahan Bestmittel 0,5% pada campuran tersebut dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,26 MPa. Pada umur 14 hari, penurunan kuat tekan dari beton normal mencapai 4,53 MPa dengan limbah rigid 20%, tetapi meningkat kembali sebesar 3,87 MPa setelah penambahan Bestmittel. Pada umur 28 hari, penurunan kuat tekan dari beton normal adalah 5,19 MPa dengan limbah rigid 20%, dan mengalami peningkatan sebesar 1,23 MPa setelah penambahan Bestmittel. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah rigid 20% menyebabkan penurunan kuat tekan beton. Penurunan ini disebabkan oleh kualitas agregat limbah rigid yang lebih rendah dibandingkan agregat alami. Namun, penambahan Bestmittel 0,5% dapat meningkatkan kembali kuat tekan beton sebesar 6,42 MPa, menunjukkan bahwa Bestmittel memiliki kemampuan untuk memperbaiki kualitas beton.
b) Pengaruh variasi untuk hasil pengujian tarik belah beton analisis menunjukkan penurunan kuat tarik belah sebesar 2,445 MPa pada beton normal dengan limbah rigid 20%, tetapi terdapat peningkatan sebesar 0,777 MPa pada beton dengan limbah rigid 20% yang ditambahkan Bestmittel 0,5%. Nilai kuat tarik belah tertinggi di dapatkan pada variasi beton limbah rigid 20% + Bestmittel 0,5%.
- 2) Dari hasil penggantian agregat kasar dengan menggunakan limbah rigid dalam campuran maka didapatkan hasil pengujian kuat tekan pada beton berumur 28 hari Pada beton normal dengan rata-rata 25,38 MPa. Untuk variasi BLR20% dengan rata-rata 20,19 MPa. Untuk variasi BLRB0,5% dengan kuat tekan rata-rata 26,61 MPa. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan penggunaan BLR20% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton sehingga tidak layak digunakan dalam konstruksi. Sedangkan untuk penggunaan BLRB0,5% menghasilkan peningkatan kuat tekan beton dan lebih optimal digunakan dibandingkan penggunaan BLR20% dalam meningkatkan kualitas beton.

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, penulis memberikan saran, yaitu sebagai berikut:

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan limbah rigid + bestmittel dengan persentase yang berbeda dengan mutu tertentu agar hasil yang diperoleh dapat diketahui kekuatan beton tersebut.
- 2) Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan bahan additive yang berbeda untuk menghasilkan mutu beton yang lebih maksimal.
- 3) Disarankan penggunaan campuran limbah rigid dengan variasi kurang dari 20% guna untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Daftar Rujukan

- [1] Budiman Budiman and Syilviana Dwi Adhistie, “Penambahan Limbah Mortar dan Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton,” *J. Informasi, Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.55606/isaintek.v3i1.27.
- [2] E. S. Dewi, “Pemanfaatan Limbah Hasil Pengujian Beton Pada Proyek Bypass (BIL) Mandalika Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Beton Normal,” *J. Ilm. Tek. Sipil Fak. Tek.*, pp. 1–8, 2023.
- [3] Y. Nugraha, H. Prayuda, and F. Saleh, “Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% YOGA NUGRAHA, HAKAS PRAYUDA, FADILLAWATY SALEH,” *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 116–124, 2017.
- [4] H. Nurfitriana, Hakzah, “Studi kelayakan agregat kasar dari gunung buccumpare dan agregat halus dari sungai lasape,” vol. 3, no. 1, pp. 52–58, 2023.
- [5] S. Soelarso and B. Baehaki, “Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas,” *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.36055/jft.v5i2.1254.
- [6] R. Sulistyawati, “Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Teodolita*, vol. 11, no. 2, pp. 34–46, 2020.
- [7] M. Tandon, Adnan, “Perilaku Kekuatan Tarik Beton yang Mengandung Air Laut , Pasir Laut Bersama dengan Serat Baja,” vol. 1, no. April, 2024.
- [8] Y. Hakzah, Sulfanita, “PERKERASAN JALAN (QUARRY GUNUNG LAKERA BUM , GUNUNG LOMPONGANG , DAN GUNUNG BENDERAE KAB . PINRANG),” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [9] H. W. Muh. Ilham, Rahmawati, “Analisa Kualitas Pasir Sungai Kalempang Terhadap Pengujian Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton,” vol. 08, no. September 2018, 2024.
- [10] R. A. Lestari, Y. Feriska, and W. Diantoro, “Analisa Kuat Tekan Beton K-250 pada Pengecoran Lantai Gudang Penyimpanan, Jalan Lingkar Utara Tegal,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, pp. 8696–8706, 2023, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/7608%0Ahttps://jptam.org/index.php/jptam/article/download/7608/6296>
- [11] M. M. Soares, M. Y. Anggreni, and E. Salu, “ANALISA PERBEDAAN PENGGUNAAN PASIR SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON (Pasir Sungai lau-Hata Liquica dan Laklo Liquica dengan Kuat Tekan Beton Rencana 25 MPa dan 30 MPa),” *J. Tek. Gradien*, vol. 15, no. 01, pp. 65–74, 2023, doi: 10.47329/teknik_gradien.v15i01.1016.
- [12] A. Hajar A.D, Jasman, Hendro W, “PENGARUH LARUTAN GULA PASIR TERHADAP IKATAN AWAL SEMEN DITINJAU DARI NILAI KUAT DAN KUAT LENTUR BETON,” vol. xx, pp. 1–9, 2024.
- [13] I. F. Gilang Pamungkas, Rahmawati, “Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Karet Dan Subtitusi Pasir Kuarsa Terhadap Kuat Tekan Beton,” vol. 08, no. September 2018, 2024.
- [14] S. Bahri *et al.*, “ANALISA KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT BATU KAPUR SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT KASAR,” pp. 354–363, 2024.
- [15] A. P. Harahap, Pahrul Rozi, Sahrul Harahap, “ANALISA PEMANFAATAN SERBUK KULIT KERANG DARAH (ANADARA GRANOSA) SEBAGAI SUBSITUSI AGREGAT HALUS PADA KUAT TEKAN BETON,” vol. 7, no. 1, pp. 16–28, 2024.