

2021

JURNAL

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall
(Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton
(Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)

Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare
(Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)

Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton
(Bing Santosa, Dwi Suryani)

Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2
(Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)

Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta)
(Sardi, Hadi Yuwono)

Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7
(Titiek Widyasari, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)

DEWAN EDITORIAL

Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra

Ketua Penyunting
(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.

Penyunting (Editor) : 1. Dr. Endro Prasetyo W, S.T., M.Sc., Universitas Lampung
2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra
3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra
4. Sarju, ST., M.T., Universitas Janabadra

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231
Telp./Fax: (0274) 543676
Email: tania@janabadra.ac.id
Website: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>

Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

1. Penggunaan Pasir Pantai Ngur Bloat Maluku Tenggara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Menurut Karakteristik Marshall (Suherminanta, Egenius Robert Ikanubun, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)	1 - 13
2. Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton (Arusmalem Ginting, Eko Budi Utomo)	14 - 20
3. Evaluasi Keamanan Jembatan Terhadap Debit Banjir Di Sungai Sei Pare-Pare (Andhani Chyntia Paramudinta, Nizar Achmad, Tania Edna Bhakty)	21 - 27
4. Pengaruh Penambahan Zeolit Dan Sikament-LN Terhadap Kuat Tekan Beton (Bing Santosa, Dwi Suryani)	28 - 33
5. Studi Tebal Lapis Pondasi Semen Komposit Tanah Menggunakan Plaxis V.8.2 (Teguh Widodo, Risdiyanto, Jhonson)	34 – 37
6. Kajian Pengolahan Limbah Cair Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Pada parameter TDS, pH, Colitinja, Minyak dan Lemak (Studi Kasus IPLT Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Di Cepit, Pendowoharjo, Sewon, Bantul Yogyakarta) (Sardi, Hadi Yuwono)	38 – 45
7. Redesign Saluran Drainase Jalan Kaliurang Km 6,5 – 7 (Titiek Widiasari, Nizar Achmad, Dimas Addien Pradipta)	46 - 51

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 8, Nomor 1, Edisi Oktober 2021. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap *Workability* dan Kuat Tekan Beton

Arusmalem Ginting¹, Eko Budi Utomo²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta
Email: aginting@janabadra.ac.id

Abstract

The gravel from sand and gravel mining waste has not been used optimally as a building material. Based on these reasons, it is necessary to conduct research on the utilization of gravel from mining waste as a substitute for standard gravel in concrete mixtures.

The weight ratio between standard gravel and gravel from mining waste used is: 100:0, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, and 0:100. The test carried out on fresh concrete is a slump test, and on hardened concrete is a compressive strength test.

From the results of this study it can be concluded that: the coarser the gradation and the greater the fineness modulus (FM) of coarse aggregate will increase workability and reduce compressive strength. The gradation and fineness modulus of coarse aggregate have no effect on the unit weight of the concrete. Gravel from mining waste can be used as a partial substitute for standard gravel.

Keywords: *gradation, fineness modulus, workability, compressive strength*

1. Pendahuluan

Beton pada dasarnya adalah campuran dari dua komponen yaitu agregat dan pasta. Pasta terdiri dari semen Portland dan air mengikat agregat (biasanya pasir dan kerikil atau batu pecah) menjadi massa seperti batuan ketika pasta mengeras akibat reaksi kimia semen dan air (Kosmatka dkk, 2003).

Kekuatan beton umumnya dianggap sebagai sifat yang paling penting, meskipun dalam banyak kasus karakteristik lain seperti: daya tahan, impermeabilitas, dan stabilitas volume, sebenarnya mungkin lebih penting. Namun demikian, kekuatan biasanya memberikan gambaran keseluruhan kualitas beton. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton dalam praktek adalah: faktor air semen, tingkat pemadatan, umur, dan suhu. Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan beton adalah: perbandingan agregat dengan semen, kualitas agregat (gradasi, tekstur permukaan, bentuk, kekuatan, dan kekakuan), ukuran maksimum agregat, dan zona transisi (permukaan antara agregat dan pasta semen terhidrasi). Faktor-faktor ini sering dianggap sebagai faktor sekunder ketika digunakan agregat hingga ukuran maksimum 40 mm (Neville dan Brooks, 2010).

Agregat adalah bahan granular yang sebagian besar berasal dari batuan alam (batu pecah atau kerikil alam) dan pasir, meskipun bahan buatan seperti terak (*slag*) dan tanah liat bakar (*expanded clay*) atau lempung bekah (*shale*) digunakan sampai batas tertentu yang sebagian besar untuk beton ringan (Mindess dkk, 2003).

Agregat halus dan kasar umumnya menempati 60% sampai 75% dari volume beton (70% sampai 85% massa beton) dan sangat mempengaruhi sifat beton segar dan sifat beton setelah mengeras (Kosmatka dkk, 2003).

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Jika butir agregat memiliki ukuran yang sama (seragam) maka volume pori besar. Jika butir

agregat memiliki ukuran bervariasi maka volume pori kecil, karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga porinya sedikit dan kepadatannya tinggi. Modulus halus butir adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir adalah jumlah persen kumulatif butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Semakin besar nilai MHB, semakin besar butir-butir agregatnya. Modulus halus butir (MHB) pasir antara 1,5 – 3,8, kerikil antara 5 – 8, dan campuran pasir dan kerikil antara 5 – 6,5 (Tjokrodinuljo, 1996).

Kelecatan (*workability*) beton segar dipengaruhi oleh: ukuran agregat kasar (Ekwulo dan Eme, 2017; Sneka dkk, 2018), gradasi agregat kasar (Ekwulo dan Eme, 2017; Eme dan Nwaobakata, 2019), gradasi agregat gabungan (Ashraf dan Noor, 2011; Ukala, 2019), dan modulus halus butir agregat gabungan (Ukala, 2019).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh: ukuran agregat kasar (Ekwulo dan Eme, 2017; Sneka dkk, 2018), gradasi agregat gabungan (Ashraf dan Noor, 2011; Ukala, 2019), dan modulus halus butir agregat gabungan (Ukala, 2019).

Penambangan pasir dan kerikil di sungai yang terjadi secara terus menerus menimbulkan limbah yang berupa kerikil ukuran tanggung yang tersedia dalam jumlah besar dan selama ini belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan bangunan. Pemakaian kerikil standar sebagai agregat kasar lebih mahal jika dibandingkan dengan limbah kerikil dari sisa penambangan. Limbah kerikil dari sisa penambangan ini berukuran hampir seragam, gradasinya kurang baik, dan lebih kasar dari kerikil standar.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan limbah kerikil dari sisa penambangan sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton.

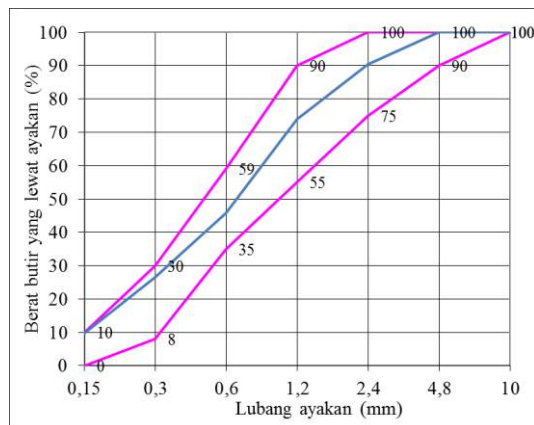
2. Metodologi

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari semen *Portland* tipe I dengan merek dagang Gresik. Pasir, kerikil alami/standar, dan kerikil sisa penambangan berasal dari kali Pabelan, Muntilan, Kabupaten Magelang. Kerikil alami/standar dan kerikil sisa penambangan yang digunakan berukuran maksimum 40 mm.

Pengujian pendahuluan untuk pasir dan kerikil berupa pengujian: berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air, analisis saringan, dan kadar lumpur. Hasil pengujian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

Tabel 1 Hasil pengujian pasir

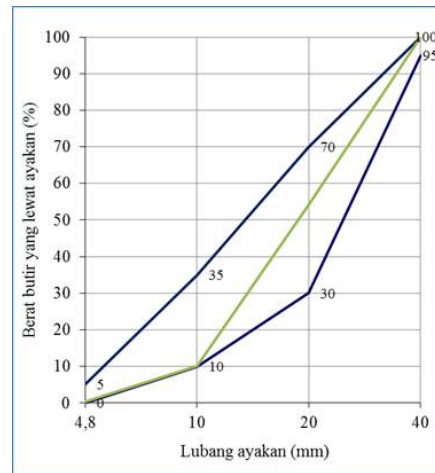
No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Berat jenis (SSD)	2,7442	-
2	Penyerapan	2,8384	%
3	Berat isi	1,4996	gr/cm ³
4	Kadar air	3,2525	%
5	MHB	2,5347	-
6	Kadar lumpur	4,7125	%



Gambar 1 Gradasi pasir

Tabel 2 Hasil pengujian kerikil alami/standar

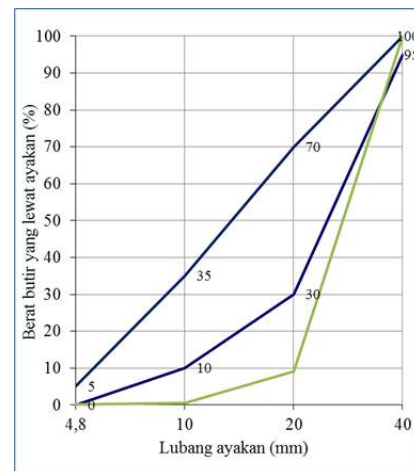
No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Berat jenis (SSD)	2,6353	-
2	Penyerapan	2,5734	%
3	Berat isi	1,5549	gr/cm ³
4	Kadar air	0,4823	%
5	MHB	7,3484	-
6	Keausan	44,9740	%
7	Kadar lumpur	0,9675	%



Gambar 2 Gradasi kerikil alami/standar

Tabel 3 Hasil pengujian kerikil sisa hasil tambang

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Berat jenis (SSD)	2,4104	-
2	Penyerapan	3,3516	%
3	Berat isi	1,3677	gr/cm ³
4	Kadar air	0,3875	%
5	MHB	7,8956	-
6	Keausan	51,3150	%
7	Kadar lumpur	0,9636	%



Gambar 3 Gradasi kerikil sisa hasil tambang

Setelah selesai dilakukan pengujian pendahuluan pasir dan kerikil maka dilanjutkan dengan perancangan campuran beton (*mix design*). Perancangan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000. Dari perhitungan perancangan campuran beton untuk kuat tekan rencana 20 MPa dan *slump* rencana 100 mm, didapat faktor air semen 0,49. Perbandingan berat campuran pasir dengan kerikil adalah 35% pasir dan 65% kerikil.

Perbandingan berat antara kerikil alami/standar (KA) dengan kerikil sisa penambangan (KS) sebagai substitusi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Benda uji

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	Keterangan
1	BN	100	0	Substitusi 0%
2	BS30	70	30	Substitusi 30%
3	BS40	60	40	Substitusi 40%
4	BS50	50	50	Substitusi 50%
5	BS60	40	60	Substitusi 60%
6	BS70	30	70	Substitusi 70%
7	BS80	20	80	Substitusi 80%
8	BS90	10	90	Substitusi 90%
9	BS100	0	100	Substitusi 100%

Benda uji pada penelitian ini berupa silinder beton. Jumlah benda uji setiap variasi sebanyak 3 buah, dan dengan jumlah total benda uji sebanyak 27 buah.

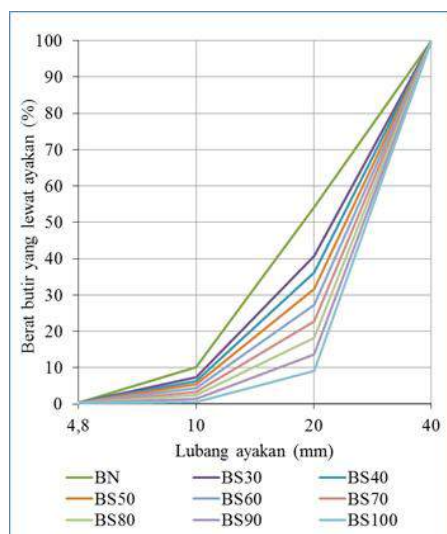
Penelitian ini menggunakan alat-alat utama sebagai berikut: beton molen digunakan untuk mencampur dan mengaduk beton, kerucut Abram untuk menguji *slump* beton, dan *compression machine* digunakan untuk menguji kuat tekan beton.

Pengujian benda uji dilakukan pada beton segar yaitu berupa pengujian *slump* yang mengacu pada SNI 1972:2008, dan pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990.

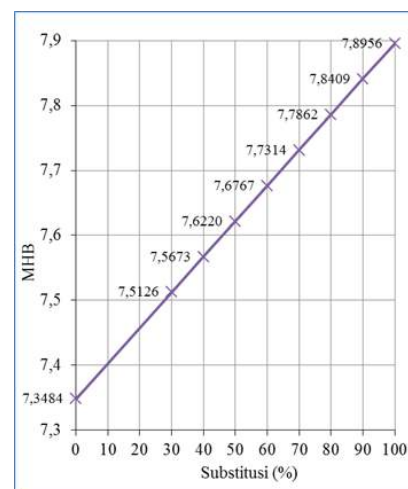
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gradasi kerikil

Gradasi kerikil alami/standar, kerikil sisa penambangan, dan substitusi kerikil sisa penambangan terhadap kerikil alami seperti ditunjukkan pada Gambar 4, dan modulus halus butir (MHB) ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 5.

**Gambar 4 Gradasi kerikil****Tabel 5 Modulus halus butir (MHB) kerikil**

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	MHB
1	BN	100	0	7,3484
2	BS30	70	30	7,5126
3	BS40	60	40	7,5673
4	BS50	50	50	7,6220
5	BS60	40	60	7,6767
6	BS70	30	70	7,7314
7	BS80	20	80	7,7862
8	BS90	10	90	7,8409
9	BS100	0	100	7,8956

**Gambar 5 Modulus halus butir (MHB) kerikil**

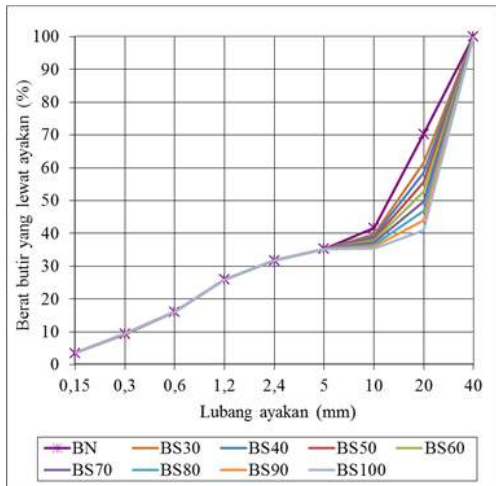
Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kerikil alami/standar (BN) paling halus dan kerikil sisa penambangan (BS100) paling kasar. Hal ini dapat dilihat dari grafik, semakin ke atas grafik berarti semakin halus dan semakin ke bawah grafik berarti semakin kasar. Substitusi kerikil alami dengan dengan kerikil sisa penambangan mengakibatkan gradasi campuran kerikil semakin kasar. Semakin besar persentase substitusi semakin kasar gradasi campuran kerikil. Hal ini ditunjukkan dengan bergerakanya grafik ke arah bawah.

Dari Tabel 5 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai modulus halus butir kerikil alami/standar (BN) paling kecil dan kerikil sisa penambangan (BS100) paling besar. Hal ini menunjukkan ukuran rata-rata kerikil alami/standar (BN) lebih kecil dari kerikil sisa penambangan (BS100). Semakin besar persentase substitusi semakin besar nilai MHB, hal ini menunjukkan bahwa ukuran rata-rata kerikil gabungan semakin besar.

Nilai modulus halus butir (MHB) kerikil pada penelitian ini bervariasi dari 7,3484 sampai 7,8956. Nilai ini masih berada pada batas MHB agregat kasar pada umumnya yaitu 5 – 8.

3.2 Gradasi standar agregat

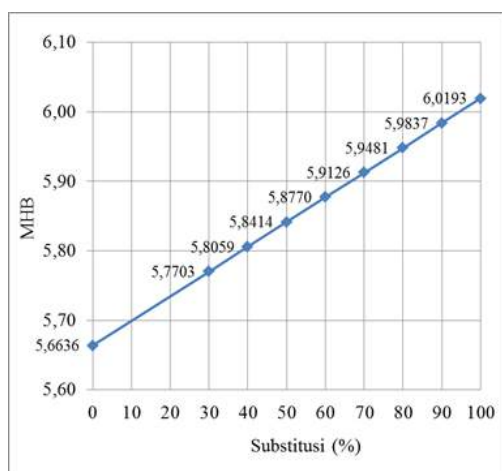
Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 40 mm yang merupakan gabungan 35% pasir dan 65% kerikil seperti ditunjukkan pada Gambar 6, dan modulus halus butir (MHB) ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Gradasi standar agregat

Tabel 6 Modulus halus butir (MHB) gabungan

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	MHB
1	BN	100	0	5,6636
2	BS30	70	30	5,7703
3	BS40	60	40	5,8059
4	BS50	50	50	5,8414
5	BS60	40	60	5,8770
6	BS70	30	70	5,9126
7	BS80	20	80	5,9481
8	BS90	10	90	5,9837
9	BS100	0	100	6,0193



Gambar 7 Modulus halus butir (MHB) gabungan

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa campuran pasir dengan kerikil alami/standar (BN) paling halus dan campuran pasir dengan kerikil sisa penambangan (BS100) paling kasar. Hal ini dapat dilihat dari grafik, semakin ke atas grafik berarti semakin halus dan semakin ke bawah grafik berarti semakin kasar. Substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan mengakibatkan gradasi campuran pasir dan kerikil semakin kasar. Semakin besar persentase substitusi semakin kasar gradasi campuran pasir dan kerikil. Hal ini ditunjukkan dengan bergesernya grafik ke arah bawah.

Dari Tabel 6 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai modulus halus butir campuran pasir dan kerikil alami/standar (BN) paling kecil, dan campuran pasir dan kerikil sisa penambangan (BS100) paling besar. Hal ini menunjukkan ukuran rata-rata butir-butir agregat campuran pasir dan kerikil alami/standar (BN) lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran pasir dengan kerikil sisa penambangan (BS100). Semakin besar persentase substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan mengakibatkan semakin besar nilai MHB campuran pasir dan kerikil, hal ini menunjukkan bahwa ukuran rata-rata gabungan pasir dan kerikil semakin besar.

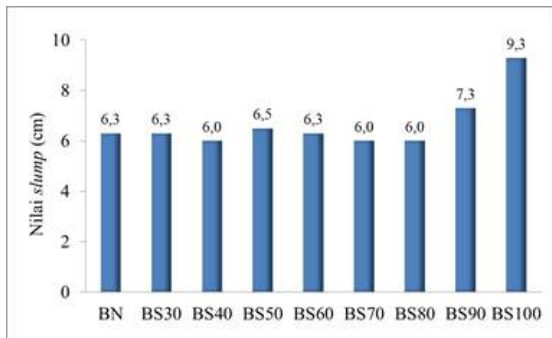
Nilai modulus halus butir (MHB) campuran pasir dan kerikil pada penelitian ini bervariasi dari 5,6636 sampai 6,0193. Nilai ini masih berada pada batas MHB campuran agregat halus dengan agregat kasar pada umumnya yaitu 5 – 6,5.

3.3 Nilai slump

Nilai *slump* beton segar pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 8.

Tabel 7 Nilai *slump*

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	Slump (cm)
1	BN	100	0	6,3
2	BS30	70	30	6,3
3	BS40	60	40	6,0
4	BS50	50	50	6,5
5	BS60	40	60	6,3
6	BS70	30	70	6,0
7	BS80	20	80	6,0
8	BS90	10	90	7,3
9	BS100	0	100	9,3



Gambar 8 Nilai slump

Dari Tabel 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa pengaruh substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan sampai 90% tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *slump* beton segar. Hal ini terjadi karena gradasi agregat gabungan masih cukup baik karena masih terisi kerikil alami/standar yang gradasinya cukup baik.

Nilai *slump* beton segar yang menggunakan kerikil alami/standar (BN) lebih kecil dari beton segar yang menggunakan kerikil sisa penambangan (BS100). Hal ini terjadi karena gradasi kerikil alami/standar (BN) lebih halus dari kerikil sisa penambangan (BS100) dan modulus halus butir kerikil alami/standar (BN) lebih kecil dari kerikil sisa penambangan (BS100).

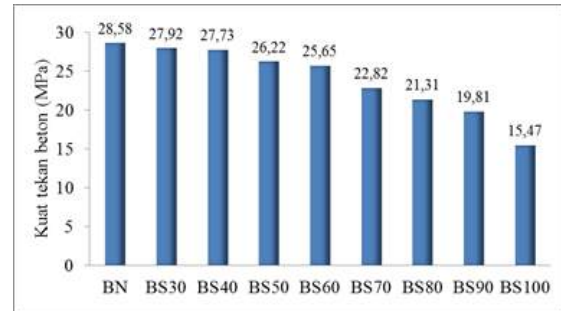
Nilai *slump* ini merupakan salah satu pedoman untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton segar. Semakin tinggi nilai *slump* maka adukan betonnya makin mudah dikerjakan atau lebih *workable*.

3.4 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 8 dan Gambar 9.

Tabel 8 Kuat tekan beton

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	Kuat tekan beton (MPa)	
				(MPa)	(%)
1	BN	100	0	28,58	100
2	BS30	70	30	27,92	98
3	BS40	60	40	27,73	97
4	BS50	50	50	26,22	92
5	BS60	40	60	25,65	90
6	BS70	30	70	22,82	80
7	BS80	20	80	21,31	75
8	BS90	10	90	19,81	69
9	BS100	0	100	15,47	54



Gambar 9 Kuat tekan beton

Dari Tabel 8 dan Gambar 9 dapat dilihat bahwa substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan beton mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan. Kuat tekan tertinggi terjadi pada beton yang menggunakan kerikil alami/standar (BN), dan kuat tekan terendah terjadi pada beton yang menggunakan kerikil sisa penambangan (BS100). Hal ini terjadi karena gradasi kerikil alami/standar (BN) lebih halus dari gradasi gabungan kerikil alami dan kerikil sisa penambangan (BS30 – BS90) dan juga gradasi kerikil sisa penambangan (BS100).

Substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan mengakibatkan nilai modulus halus butir (MHB) gabungan kerikil alami/standar dan kerikil sisa penambangan semakin besar. Semakin besar persentase substitusi semakin besar nilai MHB, hal ini menunjukkan bahwa ukuran rata-rata kerikil gabungan semakin besar sehingga luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat dan mengakibatkan kuat tekan beton menurun.

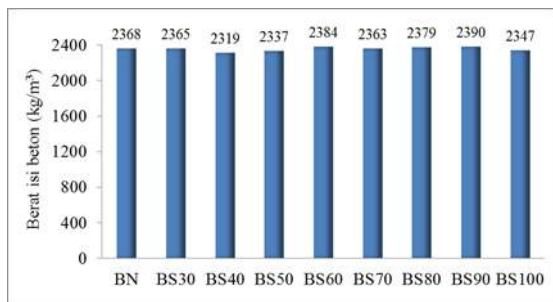
Dari Tabel 8 juga dapat dilihat bahwa kuat tekan beton yang menggunakan kerikil sisa penambangan (BS100) kuat tekannya hanya 54% dari kuat tekan beton yang menggunakan agregat alami/standar (BN) sehingga tidak layak untuk digunakan menggantikan agregat alami tetapi masih memungkinkan untuk digunakan sebagai substitusi.

3.5 Berat isi beton

Berat isi beton pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 10.

Tabel 9 berat isi beton

No.	Kode	KA (%)	KS (%)	Berat isi (kg/m ³)
1	BN	100	0	2368
2	BS30	70	30	2365
3	BS40	60	40	2319
4	BS50	50	50	2337
5	BS60	40	60	2384
6	BS70	30	70	2363
7	BS80	20	80	2379
8	BS90	10	90	2390
9	BS100	0	100	2347



Gambar 10 Berat isi beton

Dari Tabel 9 dan Gambar 10 dapat dilihat bahwa substitusi kerikil alami/standar dengan kerikil sisa penambangan tidak berpengaruh terhadap berat isi beton. Hal ini menunjukkan bahwa gradasi dan modulus halus butir agregat kasar tidak berpengaruh terhadap berat isi beton.

Berat isi beton yang didapat pada penelitian ini masih memenuhi syarat beton normal sesuai dengan SNI 03-2834-2000 yaitu 2200 – 2500 kg/m³.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh gradasi agregat kasar terhadap *workability* dan kuat tekan beton ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Gradasi dan modulus halus butir (MHB) agregat kasar berpengaruh terhadap *workability*.
2. Semakin kasar gradasi dan semakin besar modulus halus butir (MHB) agregat kasar meningkatkan *workability*.
3. Gradasi dan modulus halus butir (MHB) agregat kasar berpengaruh terhadap kuat tekan.
4. Semakin kasar gradasi dan semakin besar modulus halus butir (MHB) agregat kasar menurunkan kuat tekan.
5. Kerikil sisa penambangan dapat digunakan sebagai substitusi sebagian dari kerikil alami.
6. Gradasi dan modulus halus butir agregat kasar tidak berpengaruh terhadap berat isi beton.

5. Daftar pustaka

- [1] Ashraf, W. B., and Noor, M. A., 2011, *Performance-Evaluation of Concrete Properties for Different Combined Aggregate Gradation Approaches*, The Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Procedia Engineering, Volume 14, Pages 2627-2634.
- [2] Ekwulo, E.O., Eme D.B., 2017, *Effect of Aggregate Size and Gradation on Compressive Strength of Normal Strength Concrete for Rigid Pavement*, American Journal of Engineering Research (AJER), Volume 6, Issue 9, pp. 112-116.
- [3] Eme, D.B., Nwaobakata, C., 2019, *Effect of Coarse Aggregate Gradation on Workability and Flexural Strength of Cement Concrete*, International Research Journal of Advanced Engineering and Science, Volume 4, Issue 1, pp. 128-132.
- [4] Kosmatka, S.H., Kerkhoff, B., Panarese, W.C., 2003, *Design and Control of Concrete Mixtures*, 14th Edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA.
- [5] Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., 2003, *Concrete*, 2nd Edition, Prentice Hall, Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- [6] Neville, A.M., Brooks, J.J., 2010, *Concrete Technology*, Second Edition, Prentice Hall, Pearson Education Ltd, Harlow, Essex, England.
- [7] Sneka, S., Nirmala, M., Dhanalakshmi, G., 2018, *Size Effect of Aggregate in the Mechanical Properties of Concrete*, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume 05, Issue 02, pp. 2093-2096.
- [8] SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [9] SNI 03-2834-2000, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [10] SNI 1972:2008, *Cara uji slump beton*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [11] Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [12] Ukala, D.C., 2019, *Effects of Combined Aggregate Gradation on the Compression Strength and Workability of Concrete using Fineness Modulus*, Journal of Applied Sciences and Environmental Management, Vol. 23, No. 5.