

Uji Lintasan Kendaraan pada *Interlocking Pavement* Berbahan *No Fine Agregate Concrete*

*Adityo Budi Utomo, Laely Fitria Hidayatiningrum, Bhima Dhanardono
Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang
*)adityobudiutomo@gmail.com

Received: 17 Desember 2019 Revised: 17 Juni 2021 Accepted: 30 Juni 2021

Abstract

In rainy season, many cases of roads being submerged in water because of a lack of drainage capacity and low water absorption by the subgrade. This study makes no fine aggregate concrete as an interlocking pavement to increase water absorption to the drainage layer and subgrade. No fine aggregate concrete is made from mix of cement : coarse aggregate = 1 : 6 with water cement ratio 0,4. The results showed the value of specific gravity, water absorption, compressive strength, and Na_2SO_4 resistance are 1,703 gr/cm³, 2,57%, 10,8 MPa, and 0,79%. To see the level of interlocking pavement performance, no fine aggregate concrete is arranged above the drainage layer and the levelling layer, and then a trajectory and inundation test is performed. The result of inundation and trajectory tests shows that interlocking pavement can pass water to subgrade without inundation and can withstand the wheel loader that is equivalent to 13,000 kg so that it can be used for sidewalks, park lanes, and pavement with a maximum axle load of 8 tons.

Keywords: *No fine aggregate concrete, interlocking pavement*

Abstrak

Pada musin hujan, banyak kasus jalan tergenang air akibat kurangnya kapasitas saluran drainase dan rendahnya penyerapan air oleh tanah. Penelitian ini memanfaatkan beton non pasir sebagai perkerasan interblok untuk meningkatkan penyerapan air ke lapisan drainase dan tanah dasar. Beton non pasir yang digunakan memiliki campuran semen : kerikil = 1 : 6 dengan FAS 0,4. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan nilai berat jenis, penyerapan air, kuat tekan, dan ketahanan terhadap Na_2SO_4 adalah 1.703 gr/cm³, 2,57%, 10,8 MPa, dan 0,79%. Untuk melihat tingkat kemampuan perkerasan interblok, beton non pasir ini ditata di atas lapis drainase dan lapis perata untuk kemudian dilakukan uji penggenangan dan lintasan kendaraan. Perkerasan interblok tersebut dapat meloloskan air secara cepat dan dapat menahan beban wheel loader sebesar 13.000 kg sehingga bisa digunakan untuk trotoar, jalur taman, dan perkerasan jalan dengan beban gandar maksimum 8 ton.

Kata kunci: *Beton tanpa pasir, perkerasan interblok*

Pendahuluan

Banyak jalan perumahan, trotoar, dan taman kota dibangun menggunakan blok beton yang disusun di atas lapisan pasir sebagai satu kesatuan perkerasan interblok atau interlocking pavement. Beberapa hal negative yang diselesaikan terkait perkerasan interblok ini antara lain mudah rusak akibat lintasan kendaraan berat, mudah tergenang air akibat aliran air hujan tidak dapat meresap ke tanah dasar atau saluran drainase yang tidak mencukupi kapasitasnya (Gambar 1). Untuk mendukung perkerasan yang ramah lingkungan dan mengatasi

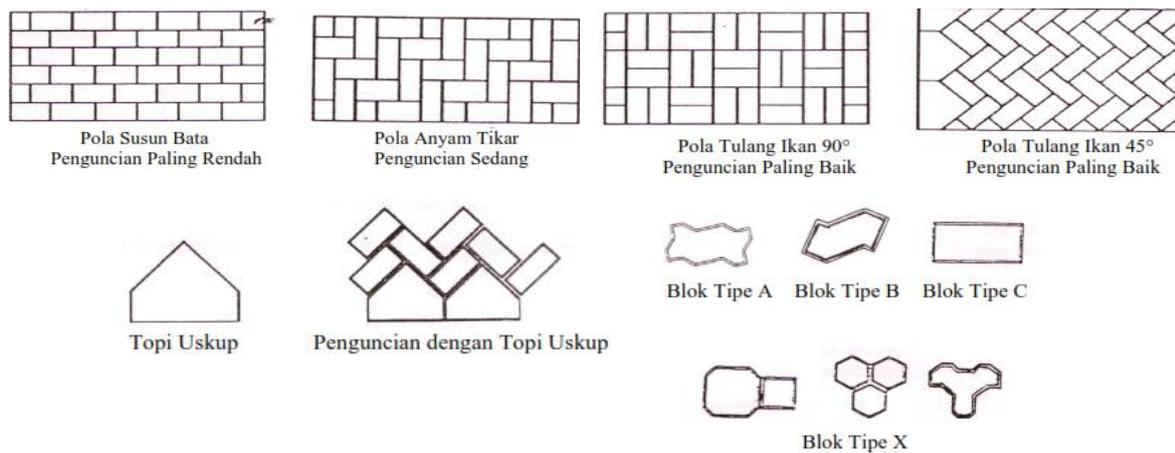
kelemahan penggunaan perkerasan interblok, dibutuhkan inovasi bahan yang perkerasan yang mudah meloloskan air.

Penggunaan beton non pasir atau *no fine aggregate concrete* diharapkan dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan yang mampu menahan beban lalu lintas dan mudah meloloskan air sehingga tidak terjadi genangan pada area permukiman. Beton non pasir atau sering disebut juga dengan *no fines concrete* merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya tidak menggunakan agregat halus (pasir).



(a) (b) (c)

Gambar 1. Penyebab kerusakan pada *interlocking pavement*; a. kerusakan akibat lalu lintas tinggi; b. kapasitas saluran drainase yang tidak mencukupi; c. banjir karena rendahnya daya serap tanah



Gambar 2. Pola pemasangan *paving block*

Untuk mendapatkan beton non pasir yang mempunyai spesifikasi yang baik, maka yang pertama harus diketahui bahan-bahan dasar penyusunnya. Bahan penyusun yang baik dan penentuan komposisi yang tepat, berpengaruh terhadap mutu beton non pasir. Adapun bahan pembentuk beton non pasir yaitu air, semen, dan agregat kasar. Arifin (2017) melakukan kajian kuat tekan *paving block* segi enam dengan variasi jumlah semen dengan bahan tambah kalsit secara konvensional.

Dari penelitian tersebut kuat tekan tertinggi sebesar 111,46 kg/cm² untuk campuran PC : Ps = 1 : 6 serta FAS 0,25 dan penggunaan bahan kalsit 10% berat semen. Beton non pasir dapat dicetak menjadi *paving block* atau *interlocking pavement* (blok beton terkunci). Pola pemasangan blok beton terkunci disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Gambar 2 menggambarkan pola yang umum digunakan ialah susun bata (*stretcher*), anyaman tikar (*basket weave*) dan tulang ikan (*herring bone*). Untuk perkerasan jalan diutamakan penggunaan pola tulang ikan karena mempunyai daya penguncian yang lebih baik. Berdasarkan SII 0819-83 dan SNI 03-0691-1996, sifat fisis dan mekanis *paving block* dapat dilihat dalam Tabel 1

sedangkan kombinasi antara pola, bentuk, mutu blok dan penggunaannya dapat dilihat dalam Tabel 2.

Penggunaan beton non pasir sebagai bahan pembuatan *paving block* akan menghasilkan kuat tekan +/- 10 MPa kemungkinan bisa dipakai untuk perkerasan pada jalan lingkungan kelas III. Jalan lingkungan tersebut kemungkinan akan dilewati mobil pemadam kebakaran dengan beban gandar maksimal 8 ton dan tahan terhadap cuaca panas serta rendaman hujan. Bila digunakan sebagai perkerasan tentu susunan *paving block* harus didukung kondisi lapis drainase dan lapis perata yang baik.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat beberapa sampel *paving block* berbahan beton non pasir dan *prototype* perkerasan jalan untuk uji lapangan. Sampel *paving block* akan diuji di laboratorium yang meliputi uji berat jenis, kuat tekan, dan durabilitas material. Beberapa sampel akan disusun di lapangan menjadi sebuah perkerasan interblok untuk kemudian dilakukan uji penggenangan dan uji lintasan kendaraan. Melalui pengujian ini diharapkan bahan beton non pasir yang ramah lingkungan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan di masyarakat.

Tabel 1. Kekuatan fisis dan mekanis *paving block*

Kelas	Kegunaan	Kuat tekan (kg/cm ²)		Ketebalan aus (mm/menit)		Persyaratan penyerapan air, rata-rata (%)
		Rata-rata	Terendah	Rata-rata	Terendah	
A	Perkerasan jalan	400	350	0,090	0,103	3
B	Tempat parkir mobil	200	170	0,130	1,149	6
C	Pejalan kaki	150	125	0,160	1,184	8
D	Taman kota	100	85	0,219	0,251	10

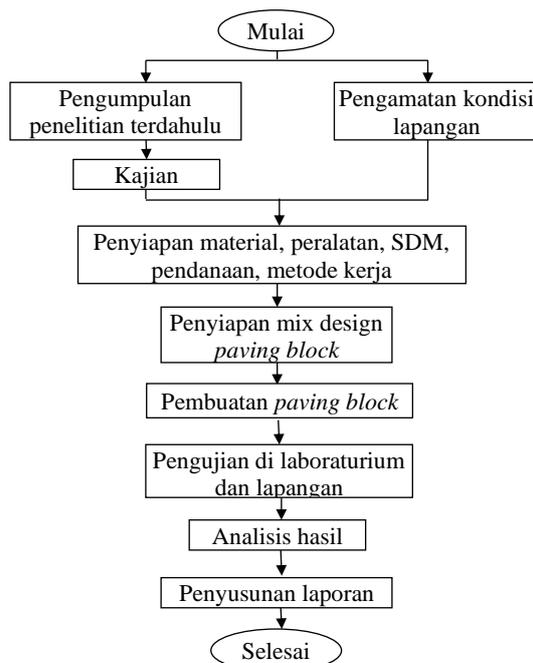
Tabel 2. Kombinasi bentuk penggunaan *paving block*

Penggunaan	Kombinasi			
	Kelas	Bentuk	Tebal	Pola
Trotoar dan pertamanan	C / D	A, B, C, X	60 mm	SB, AT, TI
Tempat parkir, garasi	B	A, B, C	60 mm	SB, AT, TI
Jalan lingkungan	A / B	A atau C	60 / 80 mm	TI
Terminal bus	A	A atau C	80 mm	TI
Container yard, taxi way	A	A	100 mm	TI

Catatan : SB = susun bata (lihat Gambar 1 dan 3)
 AT = anyam tikar (lihat Gambar 1 dan 3)
 TI = Tulang Ikan (lihat Gambar 1 dan 3)

Metode

Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dengan pendataan dan akuisisi hasil penelitian sebelumnya, pemilihan penelitian terdahulu yang terkait, dan berturut-turut sampai analisis dan laporan. Tahapan penelitian secara lengkap seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

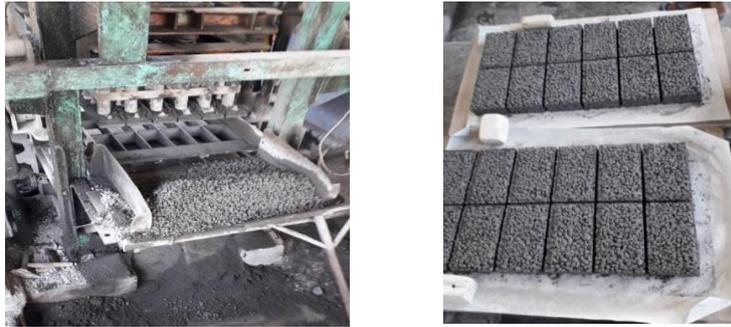
Pembuatan *paving block* dengan bahan beton non pasir diawali dengan penyiapan material yang terdiri dari semen (PC tipe 1), kerikil uk 1/1, dan air. Pengukuran volume bahan tersebut sesuai dengan

mix design PC : KR = 1 : 6 dan fas 0,4. Kerikil dimasukkan dalam *mixer* dan basahi permukaan kerikil dengan sebagian air. Selanjutnya masukan semen ke dalam *mixer* dan masukan sisa air secara perlahan. Terlalu cepat dalam menuang air akan menghilangkan semen yang menempel pada permukaan kerikil. Putar mesin *mixer* hingga adonan tercampu rata. Lakukan pengecekan nilai slump beton menggunakan kerucut Abrahams hingga memiliki nilai *slump* = 0 cm. Cek kekentalan adukan dengan cara mengambil adonan sekepal tangan dan diremas. Bila pada telapak tangan terlihat adonan tidak terpisah/runtuh/tetap pada bentuknya maka adukan siap untuk dicetak (Gambar 4). Masukan adukan ke dalam mesin pencetak *paving*. Lakukan pemadatan dengan cara penggetaran dan penekanan. Keluarkan *paving* yang sudah dipadatkan dari mesin pemadat dan lakukan *curing* selama 7 hari. Setelah 28 hari, *paving block* siap untuk dilakukan pengujian.

Pengujian di laboratorium dan lapangan untuk *paving block* dengan bahan beton non pasir terdiri dari tujuh pengukuran:

Pengukuran dimensi dan tampilan visual (SNI 03-0691-1996)

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, uji pengukuran dimensi dan tampilan visual dilakukan dengan cara mengukur 10 sampel benda uji dalam kondisi utuh (Gambar 4) menggunakan caliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. Hasil uji dapat dikatakan baik apabila hasil pengukuran memiliki nilai minimum dengan ketebalan 60 mm dengan toleransi +/- 8%.



Gambar 4. Proses pencetakan paving block (kiri) dan hasil akhir paving block berbahan neton non pasir (kanan)



Gambar 5. Uji pengukuran dan visual (kiri), uji penyerapan air (tengah), dan uji kuat tekan (kanan)

Pengujian berat isi (SNI 03-0691-1996)

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, uji berat isi dilakukan dengan cara mengukur tujuh sampel benda uji dalam kondisi utuh (Gambar 4) menggunakan caliper atau jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm, kemudian dilakukan penimbangan berat sampel. Berat isi dapat dihitung dengan Persamaan 1. Hasil perhitungan dapat dikategorikan sebagai beton ringan memiliki berat isi < 1,850 gr/cm³.

$$\text{Berat isi} = \frac{\text{berat}}{\text{volume}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Pengujian kuat tekan (SNI 03-0691-1996)

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, uji berat isi dilakukan dengan cara menekan 7 sampel benda uji berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm (Gambar 5) menggunakan *Universal Testing Machine*. Kuat tekan dapat dihitung dengan Persamaan 2. Uji ini dipergunakan untuk mengklasifikasikan mutu paving blok sesuai dalam Tabel 1.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{gaya tekan}}{\text{luas permukaan}} \quad (2)$$

Pengujian penyerapan air (SNI 03-0691-1996)

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, uji penyerapan air dilakukan dengan cara merendam dalam air

selama 24 jam sebanyak lima sampel benda uji berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm (Gambar 5). Setelah direndam, sampel dikeringkan selama 24 jam pada suhu 105⁰C dan didinginkan sampai beratnya stabil. Penyerapan air dapat dihitung dengan persamaan (3). Uji ini dipergunakan untuk mengklasifikasikan mutu paving blok sesuai dalam Tabel 1.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{\text{berat basah} - \text{berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \quad (3)$$

Pengujian ketahanan terhadap *sodium sulphate*

Mengacu pada SNI 03-0691-1996, uji ketahanan terhadap *sodium sulphate* dilakukan dengan merendam 3 sampel benda uji berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm (Gambar 5). Larutan *sodium sulphate* yang digunakan memiliki konsentrasi berat isi 1,152-1,174. Perendaman dilakukan selama 24 jam kemudian ditimbang dalam kondisi basah dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 105⁰C dan didinginkan sampai beratnya stabil. Ulangi cara perendaman tersebut sebanyak lima kali dimana untuk langkah kelima dilakuakn pencucian dan dikeringkan dalam oven kembali.

Timbang berat setelah dikeringkan dan amati apakah terdapat cacat dari hasil 5x perendaman. Bila ada perbedaan berat sebelum dan setelah perendaman <1% dan tidak ada cacat maka dapat dikatakan bahwa sampel tersebut dalam kondisi ketahanan yang “baik”. Jika perbedaan berat pada

dua diantara tiga sampel > 1% dan tidak ada cacat maka dapat dikatakan bahwa sampel tersebut dalam kondisi ketahanan yang “tidak baik”. Nilai ketahanan terhadap *sodium sulphate* dapat dihitung dengan Persamaan 4. Uji ini dipergunakan untuk mengklasifikasikan mutu paving blok sesuai dalam Tabel 1.

$$\text{Ketahanan terhadap sodium sulfat} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat akhir}} \times 100\% \quad (4)$$

Pengujian penggenangan atau peresapan air di lapangan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menata *prototype paving block* seluas 2 m² lengkap dengan pasir sebagai lapis perata. Susunan perkerasan interblok tersebut dialiri air terus menerus sehingga menyerupai kondisi hujan deras selama 1 jam. Hasil pengujian dikatakan “baik” bila tidak ada genangan pada permukaan perkerasan.

Pengujian lintasan beban kendaraan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menata *prototype paving block* seluas 2 m² lengkap dengan pasir sebagai lapis perata. Susunan perkerasan interblok tersebut dilintasi kendaraan berat sebesar 2-13 ton. Hasil pengujian dikatakan “baik” bila tidak ada cacat pada susunan perkerasan akibat lintasan kendaraan berat.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran dimensi dan tampilan visual

Pengukuran dimensi dan tampilan visual dilakukan dengan menggunakan alat caliper atau jangka sorong dan didapatkan Rata-rata pengukuran 20 x 10,2 x 6,01 cm. *Paving block* terdapat banyak rongga antar kerikil. Permukaan datar dan tidak rata. Tepi tajam dan siku. Tidak terlihat adanya cacat seperti gumpil, retak/patah dan pelepasan

butiran kerikil. Bagian sudutnya dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Merujuk pada SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton Untuk Lantai, maka tampilan visual *paving block* berbahan beton non pasir sesuai dengan standar SNI.

Pengujian berat jenis

Pengukuran pada sampel paving block diketahui berat jenis rata-rata *paving block* berbahan beton non pasir rata-rata 1,703 gr/cm³. Melihat hasil tersebut maka *paving block* berbahan beton non pasir bisa dikategorikan sebagai beton ringan.

Pengujian kuat tekan

Hasil pengujian rata-rata pada 10 buah contoh benda uji didapatkan kuat tekan rata-rata *paving block* berbahan beton non pasir sebesar 10,8 MPa. Dengan nilai kuat tekan tersebut maka *paving block* tersebut tergolong dalam mutu D atau sesuai digunakan untuk perkerasan trotoar dan taman sesuai SNI 03-0691-1996.

Pengujian penyerapan air

Hasil pengujian rata-rata pada 10 buah contoh benda uji didapatkan penyerapan air rata-rata 2,57% sehingga *paving block* berbahan beton non pasir tergolong mutu A sesuai SNI 03-0691-1996.

Pengujian peresan air atau permisivitas

Dari hasil uji lapangan dilakukan dengan cara menyiramkan air ke atas permukaan perkerasan *paving block* (Gambar 6). Dari hasil pengamatan terlihat bahwa seluruh air dapat meresap ke dalam perkerasan *paving block* dan masuk ke lapis drainase untuk selanjutnya dialirkan ke saluran drainase. Penerapan beton non pasir sebagai *paving block* memperlihatkan hasil tidak terjadi genangan air pada permukaan perkerasan *paving block*.



Gambar 6. Pengujian penyiraman air pada *paving block* berbahan beton non pasir (kiri) dan *paving block* konvensional (kanan)

Hasil pengujian lintasan beban kendaraan

Pengujian dilakukan dengan cara menata susunan *paving block* di atas agregat kasar sebagai lapis drainase dan pasir sebagai lapis perata. Uji lintasan permukaan perkerasan *paving block* dilakukan dengan kendaraan penumpang sesuai kondisi riil lapangan. Kendaraan yang digunakan untuk uji lintasan terdiri dari kendaraan roda karet dan roda baja antara lain *flat bed crane*, *wheel excavator*, *bachoe loader*, *dump truck*, dan *tandem roller*. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.

Kendaraan yang digunakan pada uji lintasan tersebut diharapkan dapat merepresentasikan lalu lintas yang akan lewat. Kendaraan beroda karet seperti *dump truck* atau *wheel loader* dianggap dapat merepresentasikan truk pemadam kebakaran yang kemungkinan akan melintas. Kendaraan beroda baja seperti *tandem roller* dan *wheel excavator* dianggap dapat merepresentasikan *excavator* yang kemungkinan melintas untuk penanganan longsor jalan tersebut. Hasil uji laboratorium menunjukkan beton non pasir dengan perbandingan volume semen: kerikil memiliki berat jenis 1,70 dan kuat tekan 10,8 MPa sehingga hasil tersebut sejalan dengan hasil kajian Trisnoyuwono pada tahun 2009.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan beton non pasir antara lain porsi air yang berlebihan membuang material semen yang menempel pada permukaan kerikil, agregat kasar (kerikil) yang kotor (banyak mengandung butiran halus) akan mengurangi rekatan antar semen dengan kerikil, kerikil yang bentuknya pipih dan bulat akan sulit untuk dipadatkan dan mudah terlepas, dan semakin besar ukuran agregat yang digunakan akan membuat semakin sulit dipadatkan.

Disarankan untuk mendapatkan beton non pasir dengan kualitas baik menggunakan agregat kasar (kerikil) yang bersih dari partikel halus dan berukuran maksimal 10 mm. Penggunaan air cukup pada kondisi agregat SSD (jenuh permukaan) dan pencampuran menggunakan *concrete mixer*. Hasil pengujian pada skala lapangan menunjukkan *paving block* dengan bahan beton non pasir dapat dipergunakan sebagai *interlocking pavement* untuk lapis perkerasan jalan khususnya jalan lingkungan kelas III. Tipe perkerasan *interlocking pavement* berbahan beton non pasir mampu dilalui kendaraan beroda karet dan beroda baja (beban bergerak) tanpa mengalami patah, retak, pelepasan butir atau amblas pada permukaan perkerasan. Pada uji lintasan dengan beban kejut dengan kondisi *vibro roller* yang digetarkan menunjukkan terjadinya pelepasan butir, patah, dan cacat pada permukaan perkerasan. Beban kejut yang terjadi berupa getaran

meningkatkan beban gandar semula 2,6 ton menjadi 5,8 ton dan menimbulkan celah antar blok. Timbulnya celah antar blok ini secara nyata mengurangi kekokohan konstruksi perkerasan sehingga hasil pengujian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Aly pada tahun 2010.

Perkerasan jalan tersebut juga mampu menahan beban *wheel excavator* yang melintas di atasnya (dengan berat 13.000 kg). Bila digunakan pada jalan lingkungan perkerasan tersebut juga dapat menahan beban mobil pemadam kebakaran hingga beban gandar 8 ton. Durabilitas *paving block* terhadap kondisi cuaca dan iklim Indonesia juga baik. Hasil uji penggenangan pada permukaan perkerasan menunjukkan kinerja perkerasan tersebut mampu meloloskan air dengan mudah sehingga tidak terdapat genangan pada permukaan jalan. Kondisi perkerasan yang mudah meloloskan air akan meningkatkan serapan air hujan ke dalam tanah dan mengurangi *run off* sehingga mendukung adanya konservasi sumber daya air dan mendukung upaya pengurangan dampak banjir. Kemampuan meloloskan air membuat *interlocking pavement* berbahan beton non pasir ini tergolong *green pavement* sesuai kajian dari Thejaswi pada tahun 2017.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu *paving block* dengan bahan beton non pasir pada perbandingan campuran PC: Kerkil = 1 : 6 dan fas 0,4 memiliki nilai berat jenis, penyerapan air, kuat tekan, dan ketahanan terhadap Na_2SO_4 adalah 1,703 gr/cm^3 , 2,57%, 10,8 MPa, dan 0,79%. Bahan tersebut dapat digunakan sebagai perkerasan jalan khususnya jalan lingkungan kelas III dengan muatan sumbu terberat 8 ton dan sanggup dilalui beban mobil pemadam kebakaran. Bila terkena air hujan dan banjir maka air akan cepat masuk ke dalam lapisan drainase tanpa menimbulkan genangan.

Pembuatan *interlocking pavement* berbahan beton non pasir hasil pemasangan dilapangan menunjukkan kinerja *paving block* sebagai satu kesatuan struktur sehingga perlu kajian lebih lanjut terkait desain lapis drainase di bawah *interlocking pavement* yang lebih stabil menahan beban lalu lintas >8 ton.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Politeknik Pekerjaan Umum dan segenap civitas akademika Politeknik Pekerjaan Umum atas bantuan tenaga, pemikiran, dan pendanaan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Tabel 3. Hasil pengujian lintasan kendaraan

No	Jenis kendaraan	Berat	Kondisi <i>paving block</i> pasca lintasan	Dokumentasi
1	<i>Flat bed truck crane</i> – roda karet (Unic V290)	<ul style="list-style-type: none"> • Beban total = 1,775 ton • Beban 1 gandar = 976 kg (diam) atau 1,171 ton (bergerak) 	Tidak ada cacat, retak, patah, atau amblas pada permukaan <i>paving block</i>	
2	<i>Wheel loader</i> (Komatsu WA 120) – roda karet	<ul style="list-style-type: none"> • Beban total = 6,3 ton • Beban 1 gandar = 3,2 ton (diam) atau 3,84 ton (bergerak) 	Tidak ada cacat, retak, patah, atau amblas pada permukaan <i>paving block</i>	
3	<i>Dump truck</i> (CWM 330) – roda karet	<ul style="list-style-type: none"> • Beban total = 7,465 ton • Beban 1 gandar = 3,915 ton (diam) atau 4,69 ton (bergerak) 	Tidak ada cacat, retak, patah, atau amblas pada permukaan <i>paving block</i>	
4	<i>Wheel excavator</i> (Daewoo Solar 130 W-III) – roda karet	<ul style="list-style-type: none"> • Beban total = 13 ton • Beban 1 gandar = 6,5 ton (diam) atau 7,15 ton (bergerak) 	Tidak ada cacat, retak, patah, atau amblas pada permukaan <i>paving block</i>	
5	<i>Tandem roller</i> (CAT CB24B) – roda besi	<ul style="list-style-type: none"> • Beban total = 2,6 ton (roda besi) • Beban 1 gandar = 1,6 ton (diam) atau 1,92 ton (bergerak) 	Tidak ada cacat, retak, patah, atau amblas pada permukaan <i>paving block</i>	

Daftar Pustaka

- Adityo B. U. (2019). *Penerapan no fine aggregate concrete sebagai interlocking pavement*. Semarang: Politeknik Pekerjaan Umum.
- Aly M. (2001). *Mengenal teknik konstruksi inter block untuk menghindari kegagalan*.
- Arifin. (2017). *Kuat tekan paving Block segi enam dengan variasi jumlah semen dengan bahan tambah kalsit secara konvensional*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1983). *SII 0819-83 tentang bata beton untuk lantai*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1990). *SK SNI T 04-1990-F tentang tata cara pemasangan blok beton terkunci untuk permukaan jalan*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (1996). *SNI 03-0691-1996 tentang bata beton*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2002). *SNI 03-3449-2002 tentang tata cara rencana pembuatan beton ringan dengan agregat ringan*. Jakarta: BSN.
- Darwis, Z. (2017). Beton non pasir dengan penggunaan agregat lokal dari Merak. *Fondasi*, (6)1.
- Ginting, A. (2015). Kuat tekan dan porositas beton porous dengan bahan pengisi styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 76-168.
- Kassim, U. (2017). Sustainable green interlocking pavement block. *Jurnal of Advamced Research in Apllied Science and Engineering Technology*, 8(1), 1-7
- Kefie, P. (2017). *Perancangan perkerasan concrete block dan estimasi biaya*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Kurniadi, E. (2019). Kajian kuat tekan dan infoltrasi pada beton non pasir. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 72-78.
- Sebayang, S. (2011). Perbandingan mutu paving block produksi manual dengan produksi masinal. *Rekayasa*, 15(2), Agustus 2011
- Thejaswi, P. (2017). *Seminar Interlocking Concrete Blocks Pavement*. Bengalure: Bangalore Institute of Technology
- Trisyuwono, D. (2009). *Beton Non Pasir dengan Agregat dari Batu Alam Sungai Lua Sulawesi Utara*. Di presentasikan pada Forum Teknik Sipil No XIX/1-Januari 2009, pp 1030-1036
- www.gharpedia.com/blog/advantage
- <https://metro.sindonews.com/berita/952075/31/banyak-jalan-paving-block-rusak-di-bencongan-indah>
- [Pinterest.com/centurygrp.com](https://www.pinterest.com/centurygrp.com)
- <https://metro.tempo.co/read/1305314/sumur-resapan-program-dki-diduga-sebabkan-banjir-dimonas/full&view=ok>