

PENGARUH AGREGAT LIMBAH GRABAH TERHADAP MODULUS OF RUPTURE DAN KUAT TARIK BELAH PADA BETON PERVIOUS

Thien Giang Hao¹⁾, Sholihin As'ad²⁾, Achmad Basuki,³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: vuhaovip@gmail.com

Abstract

Pervious Concrete is one of the types of permeable concrete. New innovation by using clay waste added materials useful for developing building materials. This material can reduce pollution, flow out the rainwater, environmentally friendly, economical, and easy in the process. The research used experimental method that is carried out in the Material laboratory of UNS. Cylindrical test object with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm for plitting tensile strength test and beam size is 10 cm × 10 cm × 40 cm for the modulus of rupture testing. Each test specimen consists of 4 pieces for each variation of mixtures. Percentage an added clay waste materials for each mixture was 0%; 25%; 50%; 75%; and 100%. Any variation of each test specimen was immersed in water up to 21 days. Tests performed after the specimen was 28 hari. From the results of data analysis and discussion, it is obtained that the average modulus of rupture decrease as the clay waste content increase. The modulus of rupture of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of clay waste in pervious concrete was 1.77 MPa, 1.61 MPa, 1.36 MPa, 1.09 MPa, and 0.81 MPa respectively. The same trend was recorded in splitting tensile strength test for pervious concrete. The split tensile strength of pervious concrete of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of clay waste in pervious concrete was 1.63 MPa, 1.24 MPa, 1.06 MPa, 0.87 MPa, and 0.73 MPa.

Keywords: *Pervious Concrete, clay waste, modulus of rupture, split tensile strength*

Abstrak

Pervious Concrete adalah salah satu jenis beton lolos air. Adanya inovasi baru *pervious concrete* dengan menggunakan bahan tambah limbah gerabah yang berguna untuk mengembangkan jenis material bahan bangunan. Material ini dapat mengurangi polusi, mengalirkan air hujan, ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah dalam pengerjaannya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tarik belah dan balok yang berukuran 10 cm × 10 cm × 40 cm untuk pengujian *modulus of rupture*. Benda uji masing-masing berjumlah 4 buah untuk 1 variasi kadar penambahan limbah gerabah. Persentase bahan tambah limbah gerabah yang digunakan adalah 0%; 25%; 50%; 75%; dan 100%. Setiap variasi benda uji masing-masing direndam dalam air sampai 21 hari. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Dari hasil analisis data dan pembahasan dalam penelitian ini di peroleh nilai *modulus of rupture* rata-rata dari persentase penambahan limbah gerabah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat beton adalah sebagai berikut: 1,77 MPa, 1,61 MPa, 1,36 MPa, 1,09 MPa, dan 0,81 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah rata-rata dari persentase penambahan limbah gerabah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat beton adalah sebagai berikut: 1,63 MPa, 1,24 MPa, 1,06 MPa, 0,87 MPa, dan 0,74.

Kata kunci: *Pervious concrete, bahan tambah limbah gerabah, modulus of rupture, kuat tarik belah.*

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan yang sangat diperlukan dalam pekerjaan konstruksi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin banyak peneliti menciptakan berbagai jenis beton, sesuai dengan karakteristik struktural dari masing-masing proyek. Salah satu jenis beton tersebut adalah beton lolos air atau *pervious concrete*. Beton lolos air memiliki keuntungan seperti mengurangi polusi air hujan dan perlindungan air tanah akan menjadi arah baru dalam teknologi beton ramah lingkungan. Teknologi beton lolos air ini sudah dikenal di negara maju, namun di Indonesia teknologi ini masih sangat baru. Sistem standar dan peraturan untuk desain dan konstruksi aplikasi beton dari teknologi ini belum ada. Sebagai material campuran limbah pecahan gerabah memiliki sifat mudah menyerap air, memiliki pori-pori material yang lebih besar dibanding batu sehingga mudah meneruskan dan meluluskan jalannya air ke dalam tanah. Sebagai agregat campuran, limbah pecahan gerabah pada *pervious concrete* memiliki kelebihan tersendiri. Oleh karena itu, penelitian tentang tinjauan *modulus of rupture* dan kuat tarik belah untuk mendapatkan komposisi material yang baik dari *pervious concrete* dengan campuran agregat limbah gerabah sebagai bahan konstruksi diperlukan sebagai material alternatif pada lapisan permukaan tanah.

TAHAPAN PENELITIAN

Sebelum melakukan penelitian dilaboratorium maka peneliti menyiapkan alat dan bahan. Melakukan uji pendahuluan untuk mencari komposisi beton berpori. Rencana proporsi komposisi variasi campuran pecahan limbah gerabah pada *pervious concrete* adalah 0%; 25%; 50%; 75%; 100%. Membuat adukan beton. Membuat benda uji *modulus of rupture* dan kuat tarik belah. Perawatan benda uji. Melakukan pengujian *modulus of rupture* dan kuat tarik belah. Melakukan analisis data hasil pengujian untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti pada penelitian. Pada tahap akhir peneliti melakukan pengambilan kesimpulan dan saran dari analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

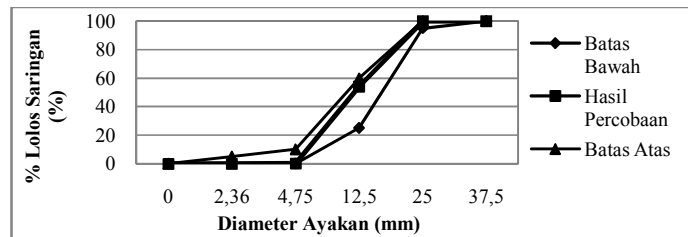
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Dasar

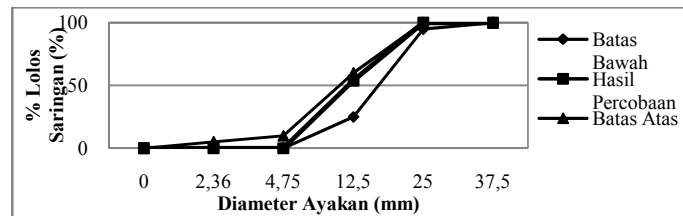
Bahan dasar yang di uji dalam penelitian ini adalah agregat kasar kerikil dan pecahan limbah gerabah untuk semen tidak dilakukan pengujian dimana digunakan PCC.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar Batu Pecah dan Gerabah

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian pada Batu Pecah	Hasil Pengujian pada Gerabah	Standar	Kesimpulan
Abrasi	45,2	49,4	Maks. 50%	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	2 %	3 %	Maks. 5%	Memenuhi syarat
<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,49 gr/cm ³	2,22 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk Specific SSD</i>	2,53 gr/cm ³	2,50 gr/cm ³	2,5 – 2,7	Memenuhi syarat
<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,59 gr/cm ³	3,09 gr/cm ³	-	-
Modulus Halus	7,31	7,39	5 - 8	Memenuhi syarat
<i>Absorbtion</i>	1,5 %	12,67 %	-	-
Absorbansi Batu Pecah Dilapisi Semen	0,17%	6,67%	-	-
Porositas	3,73 %	28,15 %	-	-



Gambar 1. Gradasi Agregat Kasar Batu Pecah



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Kasar Gerabah

Rancang Campur *Pervious Concrete*

Rancang campur beton *pervious* menggunakan perbandingan volume dengan void ratio sebesar 20%. Berikut adalah hasil rancang campur *pervious concrete* tiap 1 m³.

Tabel 2. Rancang Campur Tiap 1 m³ Beton *Pervious*

Jenis Beton	Variasi Kadar Gerabah	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat Kasar Batu Pecah (kg)	Agregat Kasar Gerabah (kg)	Agregat Halus (kg)	Berat Beton (kg)
<i>Pervious Concrete</i>	0%	355,495	124,423	1421,980	0	0	1901,898
	25%	353,915	124,220	1067,219	352,464	0	1898,818
	50%	354,337	124,018	711,967	705,411	0	1895,733
	75%	353,761	123,816	356,226	1058,839	0	1892,642
	100%	353,186	123,615	0	1412,745	0	1889,547

Hasil Uji *Slump*

Beton normal telah memenuhi target *slump* untuk perkerasan jalan menurut ACI yaitu 7,62-2,54 cm. *Pervious concrete* tidak memiliki nilai *slump*.

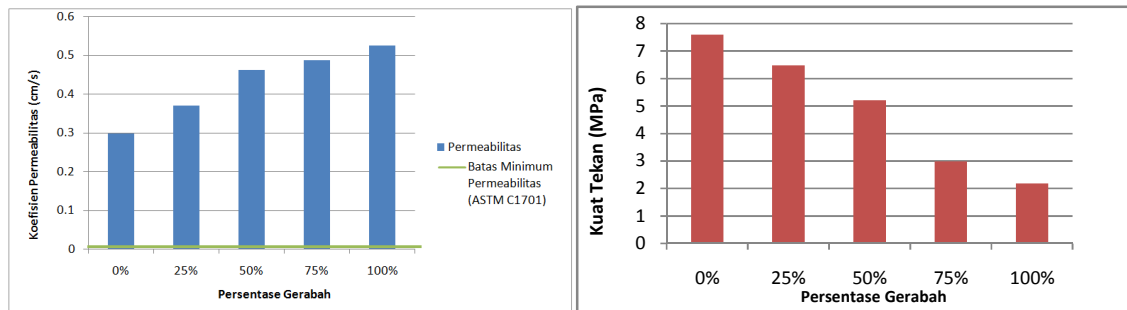
Tabel 3. Hasil Pengujian *Slump* Beton Normal dan *Pervious Concrete*

Kode Benda Uji	Variasi Agregat Kasar Gerabah	Nilai <i>Slump Pervious Concrete</i> (cm)
N-0	0%	0
N-25	25%	0
N-50	50%	0
N-75	75%	0
N100	100%	0

Analisa Data Hasil Perhitungan

Pengujian Permeabilitas *Pervious Concrete* dan Kuat Tekan *Pervious Concrete*

Makin besar persentase gerabah, makin besar koefisien permeabilitasnya. Seluruh nilai koefisien permeabilitas melebihi batas minimum yang ditetapkan ASTM C1701 yaitu 0,005644 cm/s. Kuat tekan makin menurun dengan makin meningkatnya persentase gerabah pada *pervious concrete*. Data kuat tekan yang sangat rendah menunjukkan *pervious concrete* tidak dapat digunakan pada daerah dengan beban lalu lintas yang berat. Kuat tekan yang rendah diakibatkan oleh banyaknya pori-pori beton sehingga area yang dapat menerima beban beton jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan beton normal.



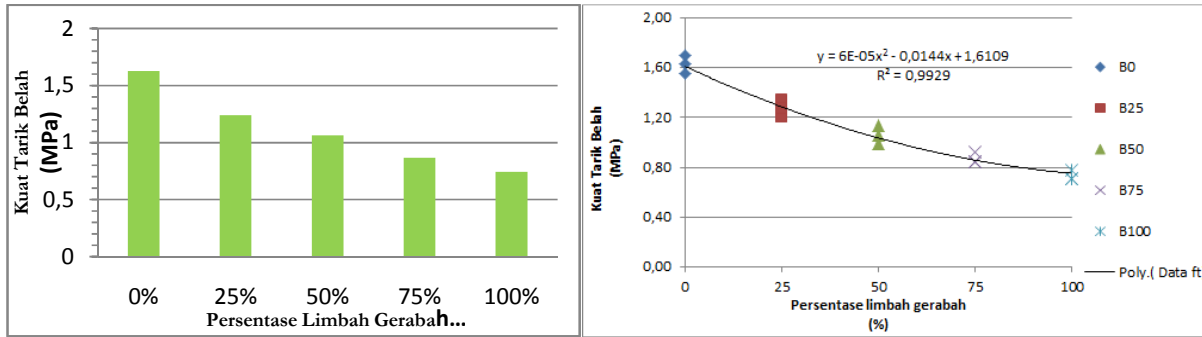
Gambar 3. Hasil Uji Permeabilitas dan Kuat Tekan *Pervious Concrete*

Pengujian Kuat Tarik Belah *Pervious Concrete*

Salah satu kelemahan beton adalah mempunyai kuat tarik yang sangat kecil. Nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus. Kuat tarik beton berpengaruh terhadap kemampuan beton di dalam mengatasi retak awal sebelum dibebani. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan pada mesin. Ada sejumlah metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik, dan yang paling sering digunakan adalah tes pembelahan silinder atau tes Brasil (*Split Tensile Strength test*). Benda uji untuk pengujian kuat tarik belah berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik beton. Benda uji yang telah berumur 28 hari diletakkan secara mendatar di atas mesin uji desak lalu diberi beban secara berangsur-angsur sampai silinder terbelah oleh gaya tarik horisontal.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Beah *Pervious Concrete*

Kode Benda Uji	Variasi Agregat Kasar Gerabah	Beban Maksimum(KN)	Nilai Kuat Tarik Belah (MPa)
S-0	0%	115	1,63
S-25	25%	87,5	1,24
S-50	50%	75	1,06
S-75	75%	61,25	0,87



Gambar 4. Kurva Kuat Tarik Belah Beton *Pervious* dengan Berbagai Persentase Limbah Gerabah.

Nilai kuat tarik belah makin menurun dengan makin meningkatnya persentase gerabah pada *pervious concrete*. Nilai kuat tarik belah maksimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat gerabah yaitu, 1,63 MPa. Nilai kuat tarik belah minimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat batu pecah yaitu, 0,73 MPa. Karena partikel gerabah memiliki sifat lemah, porositas tinggi, volume pola air besar itu menyebabkan turunnya kuat tarik belah beton.

Pengujian *Modulus of Rupture Pervious Concrete*

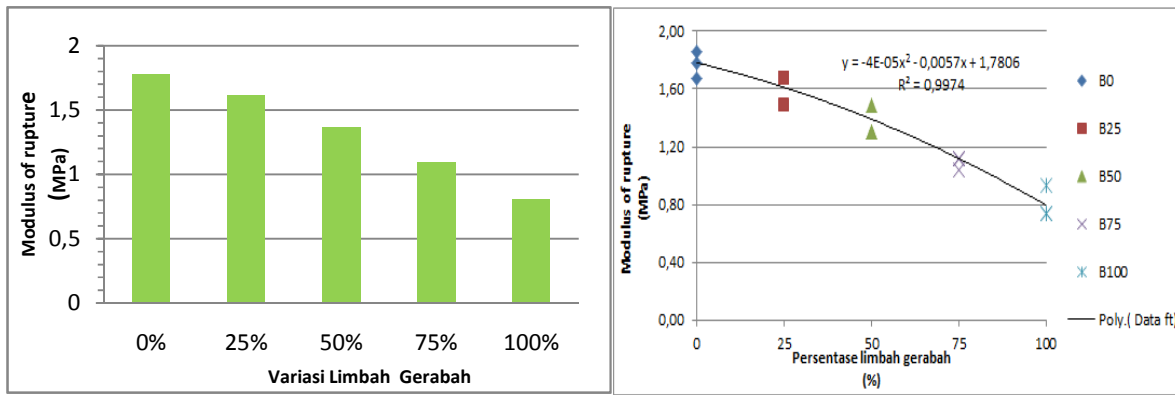
Pengertian *modulus of rupture* adalah kuat tarik maksimum yang secara teoritis dicapai pada serat bagian bawah dari sebuah balok uji. Nilainya bergantung pada dimensi dari balok uji dan susunan beban. (Neville, 1987).

Untuk memperoleh nilai *modulus of rupture* digunakan metode *third point loading*. Metode ini menghasilkan momen konstan yang antartitik beban sehingga sepertiga dari bentang balok ditentukan sebagai tegangan maksimum dimana pada bagian tersebut retakan terjadi. Benda uji yang akan digunakan berupa balok dengan ukuran 100mm x 100mm x 400 mm.

Pengujian ini dilakukan dengan standar ASTM C-78 yaitu metode pengujian kuat tarik lentur dengan beban terbagi menjadi dua yang bekerja pada suatu penampang balok dengan titik yang terbagi menjadi tiga bagian daerah. Tabel 5. Hasil Pengujian *Modulus of Rupture Pervious Concrete*

Kode Benda Uji	Variasi Agregat Kasar Gerabah	Beban Maksimum (KN)	<i>Modulus of Rupture</i> (MPa)
B-0	0%	47,67	1,77
B-25	25%	43,33	1,61
B-50	50%	36,67	1,36
B-75	75%	29,33	1,09
B-100	100%	21,67	0,81

Nilai *modulus of rupture* makin menurun dengan makin meningkatnya persentase gerabah pada *pervious concrete*. *Modulus of rupture* maksimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat gerabah yaitu, 1,77 MPa. *Modulus of rupture* minimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat batu pecah yaitu, 0,81 MPa. Makin banyak gerabah dipakai meningkatkan kadar pori dalam beton sehingga kuat lentur makin berkurang, semakin banyak gerabah digunakan kebutuhan air semakin banyak karena volume pori dalam beton semakin banyak pola sehingga air yang digunakan dalam rancang campur beton tidak mencukupi kebutuhan air maka dalam proses hidrasi beton akan mengalami kekurangan air sementara proses hidrasi sangat mempengaruhi kuat lentur dan kuat tarik belah. Kuat lentur yang disyaratkan dalam SNI 1991 sebesar 3,78 MPa untuk perkerasan jalan (Prabowo, 2013). Menurut hasil percobaan tersebut, *pervious concrete* tidak dapat digunakan untuk perkerasan jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Namun masih dapat digunakan sebagai perkerasan trotoar, jalan di taman, tempat parkir, tepian sungai, dll.



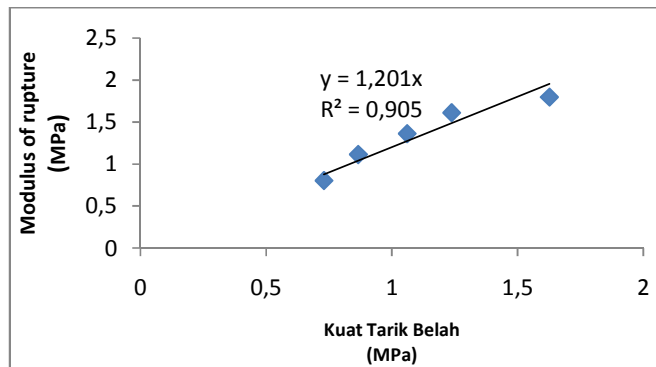
Gambar 5. Kurva *Modulus of Rupture* Beton Pervious dengan Berbagai Persentase Limbah Gerabah.

Hubungan Antara *Modulus of Rupture* dan Kuat tarik Belah *Pervious Concrete*

Hubungan antara nilai *modulus of rupture* dan kuat tarik belah dalam *pervious concrete* ditunjukkan pada Tabel 6. Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Belah dan *Modulus of Rupture*

Variasi Limbah Gerabah (%)	MOR Rata-rata (Mpa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (Mpa)
0%	1,77	1,63
25%	1,61	1,24
50%	1,36	1,06
75%	1,09	0,87
100%	0,81	0,73

Berdasarkan Tabel 6. dapat dicari hubungan antara kuat lentur dan kuat tarik belah dengan menggunakan analisis regresi linier seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Kuat Tarik Belah dengan *Modulus of Rupture*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa makin besar nilai *modulus of rupture* makin besar nilai kuat tarik belah. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur beton memiliki rumus empiris rata-rata sebagai:

$$\text{Kuat tarik belah } f_{cf} = 1,2015 \times f_{st} \dots\dots\dots (4.1)$$

Jika dilihat dari nilai R^2 yang mendekati satu (0,9052) menunjukkan bahwa kuat tarik belah dan kuat lentur memiliki korelasi yang positif.

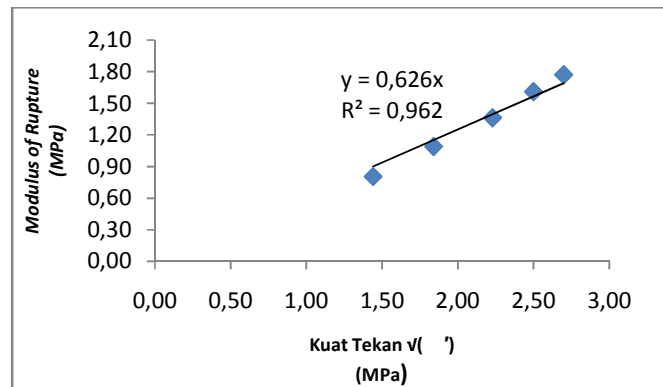
Hubungan Antara *Modulus of Rupture* dan Kuat Tekan *Pervious Concrete*

Hubungan antara nilai *modulus of rupture* dan kuat tarik belah dalam *pervious concrete* ditunjukkan pada Tabel 7. Tabel 7. Rekapitulasi Hasil *Modulus of Rupture* dan Kuat Tekan Beton *Pervious*

Variasi Limbah Gerabah (%)	MOR f_{cf} (MPa)	Kuat Tekan f_c' (MPa)	Kuat Tekan \bar{f}_c (MPa)	Koefisien K
0%	1,77	7,26	2,70	0,65
25%	1,61	6,22	2,50	0,64
50%	1,36	5,00	2,24	0,61
75%	1,09	3,40	1,84	0,59
100%	0,81	2,07	1,44	0,56

Dari rekapitulasi hasil penelitian beton *pervious* menunjukkan hubungan antara kuat tekan dengan *modulus of rupture* = 0,65 untuk beton $f_c' = 7,26$ MPa, = 0,64 untuk beton $f_c' = 6,22$, = 0,61 untuk beton $f_c' = 5,0$ MPa, = 0,59 untuk beton $f_c' = 3,4$ MPa, = 0,56 untuk beton $f_c' = 2,07$ MPa menunjukkan nilai korelasi *modulus of rupture* dan kuat tekan, semakin meningkat seiring meningkatnya mutu beton.

Dari Tabel 7. dapat dibuat grafik yang menggambarkan hubungan *modulus of rupture* dengan kuat tekan yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan *Modulus of Rupture* dengan Kuat Tekan

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa hubungan *modulus of rupture* dengan kuat tekan beton memiliki persamaan empiris rata-rata: $y = 0,626x$. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa nilai *modulus of rupture* dalam fungsi tekan (f_{cf}) yang lebih kecil yang direkomendasikan oleh standar SNI Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen = 0,7 MPa.

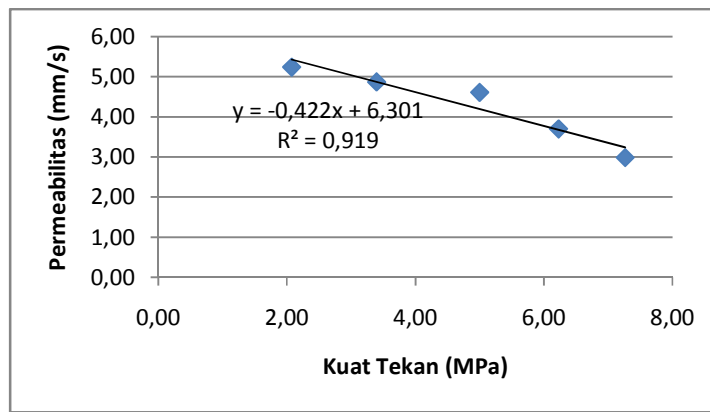
Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas *Pervious Concrete*

Semakin banyak gerabah digunakan semakin menurunkan nilai kuat tekan tetapi semakin meningkatkan permeabilitas. Hubungan nilai kuat tekan dan koefisien permeabilitas pada *pervious concrete* dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8.Rekpitulasi Hasil Kuat Tekan dan Permeabilitas

Variasi Limbah Gerabah (%)	kuat tekan Rata-rata (Mpa)	Permeabilitas Rata-rata (mm/s)
0%	7,26	2,98
25%	6,22	3,70
50%	5,00	4,61
75%	3,40	4,87
100%	2,07	5,24

Berdasarkan Tabel 8.dapat dicari hubungan antara kuat tekan dan permeabilitas dengan menggunakan analisis regresi linier seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.17.



Gambar 8.Hubungan Kuat Tekan dengan Koefisien Permeabilitas

Dari grafik tersebut diketahui bahwa makin besar nilai permeabilitas makin kecil nilai kuat tekan.Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan kuat tekandengan permeabilitas beton memiliki rumus empiris rata-rata sebagai berikut:

$$\text{permeabilitas}(k) = - 0, 4221 fc' + 6,3016 \dots \dots \dots (4.2)$$

Jika dilihat dari nilai R^2 yang mendekati satu (0,9195) menunjukkan bahwa kuat tekan dan permeabilitas memiliki korelasi yang positif.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Penambahan bahan limbah gerabah pada beton *perious concrete* mempengaruhi nilai kuat tarik belah dan *modulus of rupture*.Nilai kuat tarik belah dengan persentase penggantian gerabah 0%, 25%, 50%, 75%, 100% adalah: 1,63 MPa, 1,24 MPa, 1,06 MPa, 0,87 MPa, 0,73MPa. Sedangkan nilai *modulus of rupture*dengan persentase penggantian gerabah 0%, 25%, 50%, 75%, 100% adalah: 1,77 MPa, 1,61 MPa, 1,36 MPa, 1,09 MPa, 0,81 MPa.. Jadi, nilai kuat tarik belah dan *modulus of rupture* makin menurun dengan makin meningkatnya persentase gerabah pada *pervious concrete*.

- Nilai kuat tekan tidak terlepas dari nilai kuat tarik belah dan *modulus of rupture*. Seperti kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah yang terjadi menurun seiring bertambahnya persentase penggunaan agregat gerabah. Nilai kuat tekan maksimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat gerabah yaitu, 7,26 MPa. Nilai kuat tekan minimum terdapat pada *pervious concrete* tanpa agregat batu pecah yaitu, 1,56 MPa.
- Dari hasil percobaan didapat hubungan antara kuat tarik belah dengan *modulus of rupture* dan kuat tekan dengan *modulus of rupture* sebagai berikut :

$$\text{Modulus of rupture beton } (f_{cf}) = 0,6263\sqrt{f_c'}$$

$$\text{Modulus of rupture beton } (f_{cf}) = 1,2015 \times (fst)$$

- Permeabilitas *pervious concrete* makin meningkat seiring dengan bertambahnya penggunaan agregat gerabah. Nilai koefisien permeabilitas terdapat pada persentase 100% gerabah sebesar 2,98 mm/s dan pada persentase 0% gerabah sebesar 5,24 mm/s.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr.Tech.Ir.Sholihin As'ad, MT dan Achmad Basuki, ST, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ACI 522-010. (2010). Report On Pervious Concrete. American Concrete Institute Committee 522
- Chopra, Manoj Wanielista Marty, Craig Ballock, and Josh Spence. 2007. Construction and Maintenance Assessment of Pervious Concrete Pavements. Stormwater Management Academy. University of Central Florida Orlando, FL 32816.
- Immanuel, Roy. 2008. Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Pervious Concrete. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- American Society for Testing Materials C 157. 2008. *Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete*, ASTM International, United States.
- American Society for Testing Materials C 1688. 2008. *Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*, ASTM International, United States.
- Aoki, Yukari. 2009. *Development of Pervious Concrete*, University of Technology, Faculty of Engineering and Information Technology, Sydney.
- Paul D. Tennis, Michael L. Leming, and David J. Akers. . 2004. *Pervious Concrete Pavements*. Portland Cement Association
- Prabowo, Daryanto Ari. 2013. *Desain Beton Berpori Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Roziafanto, Achmad Nandang. 2008. *Studi Pemanfaatan Silika Dan Ampas Tebu Sebagai Bahan Aditif Pada Pembuatan Gerabah*. Tugas Akhir. Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Grace & Co.-Conn. 2006. *Pervious Concrete Mix Proportioning Technical Bulletin TB – 0111*, Grace Construction Product, Cambridge.