

## PENURUNAN DEBIT PUNCAK HIDROGRAF BANJIR DENGAN PENAMBAHAN LUBANG PORI PADA *PAVING BLOCK*

Totoh Handayono<sup>1</sup> Ihama Mutiara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup> Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Email: [Ihamamtr@gmail.com](mailto:Ihamamtr@gmail.com)

**Abstrak:** Banjir adalah peristiwa yang terjadi sebagai akibat dari kondisi hidrologi yang parah. Secara umum, banjir dan kekeringan terjadi sebagai akibat dari kondisi iklim yang ekstrem, ketidakseimbangan hidrologi dan penggunaan lahan yang tidak tepat. Untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Pengurangan debit puncak banjir adalah suatu upaya untuk mengurangi dampak banjir dengan cara memperbesar air yang meresap ke dalam tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti kolam retensi dan sumur resapan. Dengan memperbesar air yang meresap ke dalam tanah, diharapkan dapat mengurangi debit puncak banjir dan meminimalkan dampak banjir yang terjadi. Salah satu pervious paving yang digunakan yaitu *paving block* yang telah dimodifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa limpasan (*runoff*) yang terjadi dan seberapa efektif *paving block* yang telah dimodifikasi untuk menurunkan debit puncak banjir. Pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen menggunakan simulator hujan buatan. Alat simulator yang telah dirancang memiliki ukuran 120 cm x 60 cm yang dilengkapi dengan shower dan flowmeter untuk keluarnya air. *Paving Block* yang digunakan berupa segienam yang umum digunakan untuk lapisan permukaan tanah. Data yang telah didapat dianalisis adalah koefisien limpasan (C) dan data debit puncak banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Berdasarkan hasil analisis maka diperoleh didapatkan nilai koefisien limpasan (C), *paving block* tanpa lubang pori memiliki koefisien limpasan tertinggi dengan nilai berkisar 0,26 – 0,82, *paving block* dengan rasio 2% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,25 – 0,81, *paving block* dengan rasio 5% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,23 – 0,78, *paving block* dengan rasio 7% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,14 – 0,74, dan *paving block* dengan rasio 10% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,07– 0,71. Untuk metode Hidrograf didapatkan hasil yang didapatkan debit puncak banjir terjadi pada menit ke 20, debit puncak banjir tertinggi terdapat pada *paving block* tanpa pori sebesar 11,24m<sup>3</sup>/det dan debit puncak terendah terdapat pada *paving block* dengan rasio 10% sebesar 8,95m<sup>3</sup>/det. Maka, penurunan debit puncak banjir sebesar 2,29m<sup>3</sup>/det atau sama dengan 9,45%.

**Kata Kunci:** Limpasan, Metode Hidrograf, *Paving Block*, Simulator Hujan Buatan

**Abstract:** Floods are events that occur as a result of severe hydrological conditions. In general, floods and droughts occur as a result of extreme climatic conditions, hydrological imbalances and inappropriate land use. To reduce the risk of damage due to flooding, flood control efforts are needed. Reducing peak flood discharge is an effort to reduce the impact of flooding by increasing the water that seeps into the ground. This can be done in several ways, such as retention ponds and absorption wells. By increasing the water that seeps into the ground, it is hoped that it can reduce peak flood discharge and minimize the impact of flooding that occurs. One of the pervious paving used is modified paving blocks. This research aims to find out how much runoff occurs and how effective the modified paving blocks are in reducing peak flood discharge. Data collection was carried out experimentally using an artificial rain simulator. The simulator tool that has been designed has dimensions of 120 cm x 60 cm and is equipped with a shower and flowmeter for water discharge. The paving blocks used are hexagons which are commonly used for the surface layer of the soil. The data that has been obtained is analyzed in terms of runoff coefficient (C) and peak flood discharge data using the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method. Based on the results of the analysis, the runoff coefficient value (C) was obtained, paving blocks without pore holes had the highest runoff coefficient with values ranging from 0.26 – 0.82, paving blocks with a ratio of 2% produced surface runoff coefficient values ranging from 0.25 –

0.81, paving blocks with a ratio of 5%, the resulting surface runoff coefficient value ranges from 0.23 – 0.78, paving blocks with a ratio of 7%, the resulting surface runoff coefficient value ranges from 0.14 – 0.74, and paving blocks with The resulting 10% ratio of surface runoff coefficient values ranges from 0.07 to 0.71. For the Hydrograph method, the results obtained were that the peak flood discharge occurred at the 20th minute, the highest peak flood discharge was found on paving blocks without pores at 11.24m<sup>3</sup>/sec and the lowest peak discharge was found on paving blocks with a 10% ratio of 8.95m<sup>3</sup>/sec . So, the reduction in peak flood discharge is 2.29m<sup>3</sup>/sec or equal to 9.45%.

**Keywords:** Runoff, Hydrograph Method, Paving Block, Rainfall Simulator

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kerawanan terhadap bencana alam, seperti gempa bumi, banjir dll. Bencana alam dapat mengakibatkan kerugian yang memberikan dampak secara langsung maupun tidak langsung seperti adanya korban jiwa, rusaknya fasilitas dan infrastruktur, hilangnya barang berharga, rusaknya lingkungan hidup, begitupun psikologis para korban bencana. Menurut undang-undang No. 24 Tahun 2011 dalam (Razikin dkk., 2017), Bencana alam adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam, non alam, atau manusia. Ini menyebabkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Salah satu bencana alam yang paling signifikan adalah dampak ekstrem dari perubahan iklim.

Curah hujan yang tinggi akan langsung memengaruhi genangan banjir di dataran rendah. (Harmoni, 2005). Banjir adalah peristiwa yang terjadi sebagai akibat dari kondisi hidrologi yang parah. Banjir dapat menjadi aliran atau genangan air yang menyebabkan kerugian ekonomi atau bahkan korban jiwa (Asdak, 1995). Secara umum, banjir dan kekeringan terjadi sebagai akibat dari kondisi iklim yang ekstrim, ketidakseimbangan hidrologi dan penggunaan lahan yang tidak tepat (Irawanto, 2021). Untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Perencanaan pengendalian banjir dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui.

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada sungai bersangkutan. Debit banjir rencana ini digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan perancangan bangunan air seperti bendungan, waduk, dan lain-lain. Ada banyak cara untuk memperkirakan debit banjir, dan metode mana yang digunakan di lokasi tertentu lebih banyak dipengaruhi oleh jumlah data yang tersedia. Metode yang umum dipakai adalah metode hidrograf banjir.

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran, dan waktu, Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran. Hidrograf menunjukkan tanggapan yang menyeluruh dari Daerah Aliran Sungai (DAS) terhadap masukan data hujan. Di stasiun hydrometer, aliran yang terukur setiap saat adalah merupakan stage hydrograph dan dengan bantuan lengkung debit (hubungan kedalaman air dan debit), maka akan dihasilkan discharge hydrograph (Limantara, 2010). Bentuk hidrograf dapat ditandai dengan tiga sifat pokoknya, yaitu waktu naik (time of rise), debit puncak (peak discharge), dan waktu dasar (base time).

Pengurangan debit puncak banjir adalah suatu upaya untuk mengurangi dampak banjir dengan cara memperbesar air yang meresap ke dalam tanah. Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti kolam retensi dan sumur resapan. Dengan memperbesar air yang meresap ke dalam tanah, diharapkan dapat mengurangi debit puncak banjir dan meminimalkan dampak banjir yang terjadi. Metode yang dapat dilakukan untuk memperbesar air yang meresap ke dalam tanah dengan cara memperbesar infiltrasi.

Laju infiltrasi dapat dipengaruhi oleh penutup permukaan tanah seperti *paving block*, *paving block* dapat menghambat laju infiltrasi. *Paving block* merupakan hasil pencampuran antara air, semen, dan agregat halus atau pasir. *Paving block* memiliki berbagai variasi ukuran, bentuk, tekstur permukaan, dan kekuatan. Untuk membantu dalam mengurangi limpasan air permukaan dan memperbesar kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah dengan cara memodifikasi penambahan lubang pori pada *paving block*.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan kualitatif yang bersifat eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar debit puncak Hidrograf Banjir dengan Penambahan Lubang Pori Pada *Paving Block*.

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari – Februari 2024 di Laboratorium Hidro Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Padang. Data yang digunakan berupa data primer yang berasal dari pengujian dan pengukuran langsung yang akan dilakukan oleh penulis terkait dengan materi yang akan dibahas. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan limpasan yang terjadi pada pengujian *paving block* berlubang pori dan tanpa lubang pori.

Setelah data didapatkan, dilakukan analisis data dengan Metode hidrograf yang digunakan adalah metode hidrograf satuan sintetik nakayasu. Parameter yang diperlukan dalam analisa menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu antara lain:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*Time to Peak Magitude*)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*)
3. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograph*)
4. Luas daerah pengaliran (*Catchment Area*)
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*Length of The Longest Channel*)
6. Koefisien pengaliran (*Run off Coefficient*)

Debit Puncak Banjir:

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 \times (0,3 \times T_p + T_{0,3})} \quad (1)$$

keterangan:

- $Q_p$  =  $Q_{maks}$ , merupakan debit puncak banjir ( $m^3 / dtk$ )  
 $C$  = koefisien aliran  
 $A$  = luas DAS ( $km^2$ )  
 $R_0$  = hujan satuan ( $mm$ )  
 $T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $jam$ )  
 $T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit puncak ( $jam$ ).

Persamaan Hidrograf Satuan :

1.1. Pada Kurva Naik (Rising limb)

$$0 \leq t < T_p$$

$$Q_t = Q_{maks} \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (2)$$

keterangan :

- $Q_t$  = Unsur aliran sebelum mencapai debit puncak ( $m^3/det$ )  
 $t$  = Waktu ( $jam$ )

1.2. Pada Kurva Turun (Recession limb)

$$a. \quad T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{maks} \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \quad (3)$$

$$b. \quad (T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{maks} \times 0,3^{\frac{t-T_p+0,5 \times T_{0,3}}{1,5 \times T_{0,3}}} \quad (4)$$

$$c. \quad t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{maks} \times 0,3^{\frac{t-T_p+1,5 \times T_{0,3}}{2 \times T_{0,3}}} \quad (5)$$

Unsur-unsur waktu untuk perhitungan debit pada persamaan hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah:

$$T_p = t_g + 0,8 \times t_r \quad (6)$$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (7)$$

keterangan:

$T_p$  = tenggang waktu (*time lag*) dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $jam$ )

$t_g$  = waktu konsentrasi hujan ( $jam$ )

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak ( $jam$ )

$\alpha$  = parameter hidrograf

$t_r$  = 0,5 x  $t_g$  sampai 1 x  $t_g$

$t_g$  =  $0,4 + 0,058 \times L$   
 untuk  $L \geq 15 \text{ km}$  (8)

$t_g$  =  $0,21 \times L^{0,7}$   
 untuk  $L \leq 15 \text{ km}$  (9)

$t_r$  = 0,5 s/d  $t_g$ .  $t_r = t_g$  (10)

$T_{0,3} = \alpha \times t_g$  (11)

keterangan:

$t_r$  = Waktu curah hujan

$t_g$  = Waktu konsentrasi ( $jam$ )

$L$  = Panjang sungai utama ( $km$ )

untuk:

$\alpha$  = 2,0 : Daerah pengaliran biasa

$\alpha$  = 1,5 : Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat.

$\alpha$  = 3,0 : Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat.

Berikut adalah Langkah Penelitian :

A. Bahan penelitian

Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. *Paving Block*

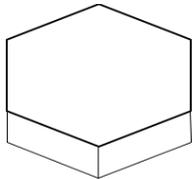
Menggunakan *paving block* yang 1berbentuk segi enam berdimensi 100 mm x 55 mm tanpa pori dan *Paving Block* berlubang pori berukuran 100 mm x 55 mm, lubang pori pada *paving block* dibuat menyebar pada luas permukaan *paving block* persegi enam. Ukuran dari lubang pori yang digunakan dalam penelitian ini adalah lubang berdiameter 1 cm.

2. Tanah

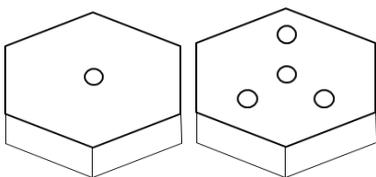
Tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari kuari Lubuk Alung.

**B. Pembuatan benda uji**

Menyediakan *paving block* tanpa lubang pori  
Setelah itu siapakan bor beton serta mata bor beton dengan diameter 1 cm. Lalu lubangkan *paving block* sesuai kebutuhan, ada 4 variasi lubang pada *paving block* yang berpori yaitu 1 lubang, 4 lubang, 5 lubang, dan 7 lubang.



Gambar 5. *Paving Block* Tanpa Lubang Pori

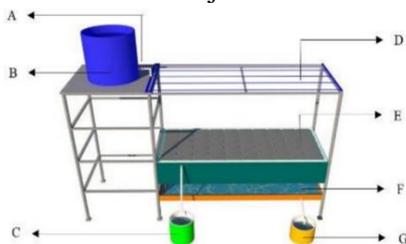


Gambar 6. *Paving Block* Berlubang Pori

**C. Alat penelitian**

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah :

1. Alat simulasi hujan yang terdiri dari bak pengujian yang berukuran 120 cm x 60 cm x 60 cm.
2. *Stopwatch* untuk mengukur waktu.
3. Ember yang digunakan untuk menampung air limpasan permukaan (*runoff*).
4. Pipa digunakan sebagai penghubung dari bak pengujian ke ember penampung air limpasan dan infiltrasi.
5. Alat ukur intensitas hujan



Gambar 7. Alat *Rainfall Simulator*  
(Sumber : Fiki Dinan Atsmara dkk, 2020)

**D. *Running* Pengujian** dilakukan untuk memperoleh nilai limpasan permukaan pada alat *rainfall simulator*:

1. Menyiapkan alat simulasi curah hujan dan alat bantu lainnya.
2. Letakan ember pada saluran keluar aliran limpasan.
3. Masukkan tanah kedalam bak pengujian yang berukuran 120 cm x 60 cm x 60 cm. tanah yang

dimasukkan kedalam bak pengujian yaitu setinggi 27 cm sesuai kepadatan tanah.

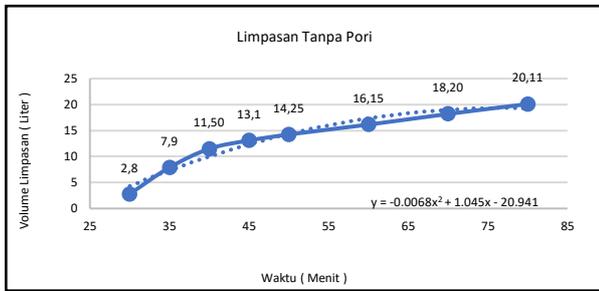
4. Memasang *paving block* tanpa pori pada alat simulator hujan, *paving block* yang digunakan berukuran 100 mm x 55 mm.
5. Atur *timer* untuk menghitung waktu sesuai dengan waktu pengujian yang direncanakan.
6. Setelah semua bahan disiapkan, maka alat simulasi dapat digunakan untuk pengujian pertama yaitu pengujian *paving block* normal.
7. Interval waktu pengujian yang telah ditetapkan.
8. Mengukur volume limpasan permukaan dengan menggunakan gelas ukur.
9. Setelah pengujian *paving block* normal selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan proses pengujian *paving block* yang telah diberi lubang pori.
10. Pengujian kedua yaitu dengan *paving block* yang telah dilubangi dilakukan dengan interval waktu yang telah ditentukan.
11. Pengukuran volume limpasan permukaan.
12. Mengukur volume limpasan permukaan  
Menghitung nilai koefisien limpasan yang dihasilkan dari hasil pengujian dengan turunan rumus rasional  $Q = 0,278 C \times I \times A$  maka  $Q = V/T$  dimana koefisien limpasan  $C = \frac{Q}{I \times A}$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

***Paving Block* Tanpa Lubang Pori**

Berdasarkan dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan, maka diperoleh hasil limpasan *paving block* tanpa lubang pori dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel 1. Pengujian limpasan *paving block* tanpa lubang pori

Waktu Uji	Sampel	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata	Volume masuk	Limpasan ( <i>Run off</i> )
(menit)		(mm <sup>2</sup> )	(mm/jam)	( Liter )	( Liter )
30	<i>Paving Block</i> Tanpa Lubang Pori	720000	29,49	59,62	2,80
35		720000	29,49	68,53	7,90
40		720000	29,49	75,29	11,50
45		720000	29,49	83,61	13,10
50		720000	29,49	90,84	14,25
60		720000	29,49	107,35	16,15
70		720000	29,49	116,11	18,20
80		720000	29,49	127,35	20,11



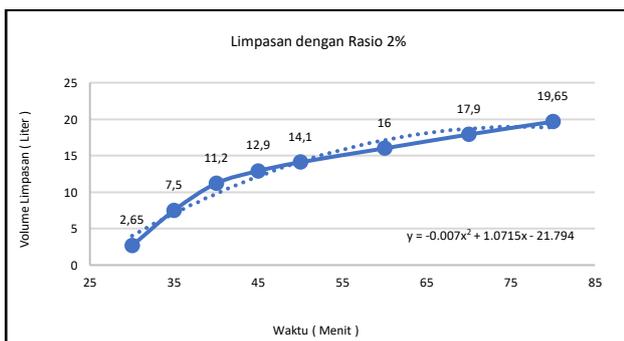
Gambar 18. Grafik pengujian limpasan *paving block* tanpa lubang pori

Gambar 18. Menunjukkan nilai volume limpasan yang diperoleh dari hasil pengujian *paving block* tanpa lubang pori menghasilkan volume limpasan permukaan 2,80 liter untuk waktu 30 menit. Volume yang dihasilkan relatif meningkat pada setiap waktu pengujian. Hal ini dikarenakan semakin lama *paving block* dan tanah mengalami pengujian maka tanah dan *paving block* akan semakin mencapai titik jenuhnya, maka daripada itu hal tersebut dapat mengurangi kemampuan tanah dan *paving block* untuk menyerap air kedalam tanah sehingga dapat memperbesar volume dari limpasan air permukaan.

### **Paving Block dengan Rasio 2%**

Pengujian kedua menggunakan *paving block* yang telah diberi lubang, ada 4 variasi lubang yang divariasikan pada *paving block*. Variasinya terdiri dari *paving block* dengan rasio 2%, *paving block* dengan rasio 5%, *paving block* dengan rasio 7%, dan *paving block* dengan rasio 10%. Didapatkan hasil pengujiannya seperti tabel-tabel dibawah ini. Tabel 8. Pengujian dengan *paving block* dengan rasio 2%

Waktu Uji	Sampel	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata	Volume masuk	Limpasan (Run off)
(menit)		(mm <sup>2</sup> )	(mm/jam)	( Liter )	( Liter )
30	Paving Block dengan Rasio 2 %	720000	29,49	61,59	2,65
35		720000	29,49	71,04	7,50
40		720000	29,49	80,53	11,20
45		720000	29,49	90,13	12,90
50		720000	29,49	99,03	14,10
60		720000	29,49	114,90	16,00
70		720000	29,49	129,76	17,90
80		720000	29,49	135,1	19,65



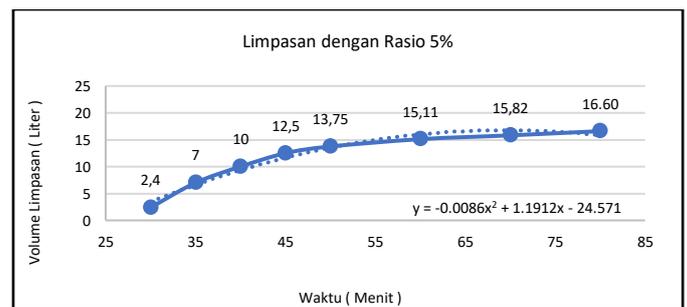
Gambar 19. Grafik pengujian limpasan *paving block* dengan rasio 2%

Gambar 19. Menunjukkan *paving block* dengan rasio 2% mengalami peningkatan pada setiap waktu pengujian. Hal ini dikarenakan semakin lama *paving block* dan tanah mengalami pengujian maka tanah dan *paving block* akan semakin mencapai titik jenuhnya, Oleh karena itu hal tersebut dapat mengurangi kemampuan tanah dan *paving block* untuk menyerap air kedalam tanah sehingga dapat memperbesar volume dari limpasan air permukaan.

### **Paving Block dengan Rasio 5%**

Tabel 9. Pengujian dengan *paving block* dengan rasio 5%

Waktu Uji	Sampel	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata	Volume masuk	Limpasan (Run off)
(menit)		(mm <sup>2</sup> )	(mm/jam)	( Liter )	( Liter )
30	Paving Block dengan Rasio 5%	720000	29,49	61,92	2,40
35		720000	29,49	71,09	7,00
40		720000	29,49	80,79	10,00
45		720000	29,49	90,15	12,50
50		720000	29,49	99,52	13,75
60		720000	29,49	121,55	15,11
70		720000	29,49	137,21	15,82
80		720000	29,49	141,23	16,60



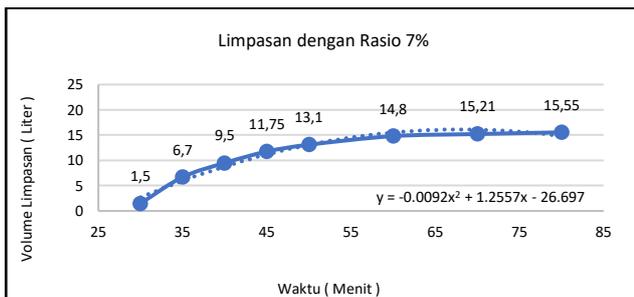
Gambar 20. Grafik pengujian limpasan *paving block* dengan rasio 5%

Gambar 20. Menunjukkan *paving block* dengan rasio 5% mengalami peningkatan pada setiap waktu pengujian. Hal ini dikarenakan semakin lama *paving block* dan tanah mengalami pengujian maka tanah dan *paving block* akan semakin mencapai titik jenuhnya, maka daripada itu hal tersebut dapat mengurangi kemampuan tanah dan *paving block* untuk menyerap air kedalam tanah sehingga dapat memperbesar volume dari limpasan air permukaan.

**Paving Block dengan Rasio 7%**

Tabel 10. Pengujian dengan paving block dengan rasio 7 %

Waktu Uji	Sampel	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata	Volume masuk	Limpasan (Run off)
(menit)		(mm <sup>2</sup> )	(mm/jam)	( Liter )	( Liter )
30	Paving Block dengan Rasio 7 %	720000	29,49	70,25	1,50
35		720000	29,49	81,65	6,70
40		720000	29,49	92,02	9,50
45		720000	29,49	100,40	11,75
50		720000	29,49	108,28	13,10
60		720000	29,49	133,79	14,80
70		720000	29,49	149,49	15,21
80		720000	29,49	165,11	15,55



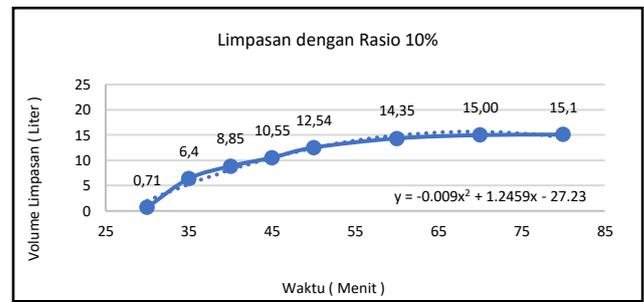
Gambar 21. Grafik pengujian limpasan paving block dengan rasio 7%

Gambar 21. Menunjukkan paving block dengan rasio 7% mengalami peningkatan pada setiap waktu pengujian. Hal ini dikarenakan semakin lama paving block dan tanah mengalami pengujian maka tanah dan paving block akan semakin mencapai titik jenuhnya. Oleh karena itu hal tersebut dapat mengurangi kemampuan tanah dan paving block untuk menyerap air kedalam tanah sehingga dapat memperbesar volume dari limpasan air permukaan.

**Paving Block dengan Rasio 10%**

Tabel 11. Pengujian dengan paving block dengan rasio 10 %

Waktu Uji	Sampel	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata	Volume masuk	Limpasan (Run off)
(menit)		(mm <sup>2</sup> )	(mm/jam)	( Liter )	( Liter )
30	Paving Block dengan Rasio 10 %	720000	29,49	71,12	0,71
35		720000	29,49	82,42	6,40
40		720000	29,49	92,29	8,85
45		720000	29,49	101,80	10,55
50		720000	29,49	113,52	12,54
60		720000	29,49	146,11	14,35
70		720000	29,49	160,50	15,00
80		720000	29,49	177,35	15,10



Gambar 22. Grafik pengujian limpasan paving block dengan rasio 10 %

Data-data diatas menunjukkan nilai volume limpasan yang diperoleh dari hasil pengujian paving block yang memiliki lubang pori, volume yang dihasilkan mengalami peningkatan pada setiap waktu pengujian. Dimana nilai volume pengujian paving block yang memiliki lubang pori ini lebih rendah dibandingkan paving block tanpa pori, dan semakin bertambah lubang pori pada paving block volume limpasannya semakin rendah. Dan berdasarkan penelitian dengan menggunakan paving block yang memiliki lubang pori memberikan dampak yang baik untuk menurunkan jumlah volume limpasan permukaan.

**Nilai Koefisien Limpasan**

Setelah dilakukan penelitian pada rainfall simulator maka dapat diketahui volume limpasan permukaan pada paving block tanpa pori maupun paving block yang memiliki lubang pori. Dari data yang sudah diperoleh maka bisa menghitung debit limpasan dan dilanjutkan dengan menghitung nilai koefisien limpasan.

Dalam penelitian ini didapatkan nilai intensitas hujan sebesar 29,49 mm/jam. Berikut rekapitulasi data volume limpasan permukaan dapat dilihat dalam Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Volume Limpasan Permukaan Paving Block

Waktu Uji	Area Uji (A)	Intensitas Hujan Rata-Rata (I)	Rekapitulasi Volume limpasan permukaan paving block (Liter)				
			Tanpa Pori	Rasio 2 %	Rasio 5 %	Rasio 7 %	Rasio 10 %
(menit)	(m <sup>2</sup> )	(mm/jam)					
30	0,72	29,49	2,80	2,65	2,40	1,50	0,71
35	0,72	29,49	7,90	7,50	7,00	6,70	6,40
40	0,72	29,49	11,50	11,20	10,00	9,50	9,70
45	0,72	29,49	13,10	12,90	12,50	11,75	10,15
50	0,72	29,49	14,25	14,10	13,75	13,10	12,54
60	0,72	29,49	16,15	16,00	15,11	14,80	14,35
70	0,72	29,49	18,20	17,90	15,82	15,21	15,00
80	0,72	29,49	20,11	19,65	16,60	16,00	15,10

Adapun nilai koefisien aliran permukaan (C) dapat dihitung rumus sebagai berikut :

Rumus rasional (Suripin, 2004) :

$$Q = 0,278 C \times I \times A$$

$$Q = V/t$$

$$C = \frac{Q \text{ (mm}^3/\text{jam)}}{I \text{ (mm/jam)} \times A \text{ (mm}^2\text{)}}$$

keterangan :

Q = debit aliran permukaan (m<sup>3</sup>/jam)

V = volume limpasan hujan ( m<sup>3</sup> )

t = waktu running simulator hujan (jam)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas area uji (km<sup>2</sup>)

a. Perhitungan koefisien limpasan waktu 30 menit dapat dihitung berdasarkan rumus diatas.

Debit limpasan permukaan (Q)

$$Q \text{ (mm}^3/\text{jam)} = \frac{2,80 \times 10^6 \text{ (mm)}^3}{\frac{30}{60} \text{ (jam)}}$$

$$Q \text{ (mm}^3/\text{jam)} = 5,60 \times 10^6$$

keterangan: Volume limpasan dapat dilihat pada tabel 11. Koefisien limpasan permukaan (C)

$$C = \frac{5,60 \times 10^6 \text{ (mm/jam)}}{29,49 \text{ (mm/jam)} \times 0,72 \times 10^6 \text{ (mm}^2\text{)}}$$

$$C = 0,26$$

Adapun perhitungan perhitungan selanjunya ditabelkan.

Tabel 13. Koefisien Limpasan ( C )

Waktu Uji (menit)	Luas Area Uji (A) (m <sup>2</sup> )	Intensitas Hujan Rata-Rata (I) (mm/jam)	Koefisien Limpasan ( C )				
			Tanpa Pori	Rasio 2 %	Rasio 5 %	Rasio 7 %	Rasio 10 %
30	0,72	29,49	0,26	0,25	0,23	0,14	0,07
35	0,72	29,49	0,64	0,61	0,57	0,54	0,52
40	0,72	29,49	0,81	0,79	0,71	0,67	0,69
45	0,72	29,49	0,82	0,81	0,78	0,74	0,64
50	0,72	29,49	0,81	0,80	0,78	0,74	0,71
60	0,72	29,49	0,76	0,75	0,71	0,70	0,68
70	0,72	29,49	0,73	0,72	0,64	0,61	0,61
80	0,72	29,49	0,71	0,69	0,59	0,57	0,53
Rata - Rata Koefisien Limpasan ( C )			0,69	0,68	0,62	0,59	0,55

Nilai koefisien limpasan (C) yang dihasilkan *paving block* tanpa lubang pori memiliki koefisien limpasan tertinggi dengan nilai berkisar 0,26 – 0,82, *paving block* dengan rasio 2% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,25 – 0,81, *paving block* dengan rasio 5% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,23 – 0,78, *paving block* dengan rasio 7% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,14 – 0,74, dan *paving block* dengan rasio 10% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,07– 0,71.

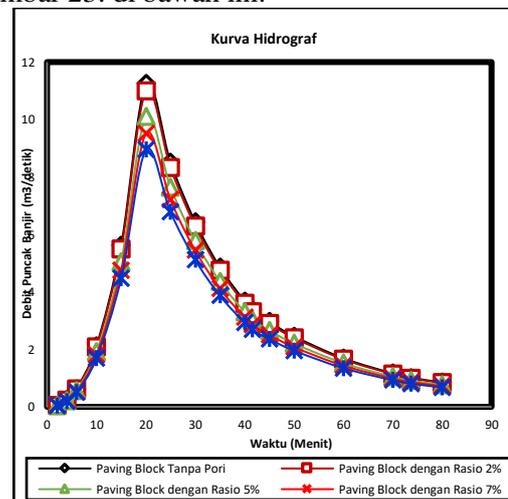
### Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Pada penelitian ini untuk mencari debit puncak banjir menggunakan metode hidrograf. Dari analisis didapatkan data debit banjir seperti pada tabel 14. di bawah ini, debit banjir dibedakan menjadi 5 variasi karena pengujian ini menggunakan *paving block* tanpa pori, *paving block* rasio 2%, *paving block* dengan rasio 5%, *paving block* dengan rasio 7%, dan *paving block* dengan rasio 10%.

Tabel 14. Debit Banjir Hidrograf

Waktu (menit)	Debit Banjir (m <sup>3</sup> /det)				
	Tanpa Pori	Rasio 2 %	Rasio 5 %	Rasio 7 %	Rasio 10 %
2	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
4	0,24	0,23	0,21	0,20	0,19
6	0,62	0,61	0,56	0,53	0,50
10	2,12	2,07	1,90	1,79	1,69
15	5,61	5,48	5,04	4,74	4,46
<b>20</b>	<b>11,24</b>	<b>10,99</b>	<b>10,09</b>	<b>9,51</b>	<b>8,95</b>
25	8,51	8,32	7,64	7,20	6,78
30	6,43	6,29	5,77	5,44	5,12
35	4,86	4,75	4,36	4,11	3,87
40	3,67	3,59	3,30	3,11	2,92
42	3,37	3,30	3,03	2,85	2,68
45	2,96	2,89	2,66	2,50	2,36
50	2,46	2,40	2,20	2,08	1,95
60	1,69	1,65	1,52	1,43	1,35
70	1,16	1,14	1,04	0,98	0,93
74	1,01	0,99	0,91	0,86	0,81
80	0,85	0,83	0,76	0,72	0,68

Berdasarkan hitungan pada Tabel 14, selanjutnya dibuat kurva Hidrograf seperti yang disajikan pada Gambar 23. di bawah ini.



Gambar 23. Kurva Hidrograf

Gambar 23. Menunjukkan debit banjir yang terjadi terhadap *paving block* tanpa pori, *paving block* rasio 2%, *paving block* dengan rasio 5%, *paving block* dengan rasio 7%, dan *paving block* dengan rasio 10%. Tutupan dengan menggunakan *paving block* sangat berpengaruh terhadap debit banjir, maka dari itu dibuat modifikasi pada *paving block* untuk menurunkan debit puncak banjir.

Dari kurva hidrograf diatas dapat dilihat debit puncak banjir terjadi pada menit ke 20, pada menit berikutnya debit banjir sudah mulai menurun. Besar penurunan debit puncak banjir terjadi pada *paving block* yang memiliki lubang pori. Debit puncak banjir menurun dari 11,24m<sup>3</sup>/det ke 8,95m<sup>3</sup>/det, penurunan debit puncak banjir terbesar terjadi pada *paving block* dengan rasio 10% sebesar 2,29m<sup>3</sup>/det atau sama dengan 9,45%. Penurunan debit puncak banjir berdampak kepada pengurangan risiko banjir. Debit puncak banjir yang lebih rendah kemungkinan untuk terjadinya banjir juga akan menurun. Penurunan debit puncak banjir juga akan berpengaruh kepada infrastruktur bangunan dan aktivitas manusia.

Maka dari itu *paving block* yang memiliki pori lebih efektif digunakan untuk menurunkan debit puncak banjir. *Paving block* yang memiliki pori juga dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi limpasan (*run off*), karena limpasan (*run off*) yang berlebihan akan mengganggu. Modifikasi *paving block* berpori ini dapat digunakan pada tutupan lahan parkir, taman, dll.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari tugas akhir ini didapatkan nilai koefisien limpasan (C) yang dihasilkan *paving block* tanpa lubang pori memiliki koefisien limpasan tertinggi dengan nilai berkisar 0,26 – 0,82, *paving block* dengan rasio 2% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,25 – 0,81, *paving block* dengan rasio 5% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,23 – 0,78, *paving block* dengan rasio 7% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,14 – 0,74, dan *paving block* dengan rasio 10% nilai koefisien limpasan permukaan yang dihasilkan berkisar 0,07– 0,71. *Paving block* yang memiliki lubang sangat efektif digunakan untuk tutupan lahan parkir, tempat pejalan kaki, taman, dll. Karena dapat mengurangi debit banjir. Penurunan debit puncak hidrograf terbesar terjadi pada *paving block* dengan rasio 10% sebesar 2,29 m<sup>3</sup>/det atau sama dengan 9,45%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (1995). "Hidrologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai". Gadjah Mada University Press, Yogyakarta [2]
- Darwis A., Badriani, R.E., dan Arifin, S. 2017. Pengaruh penambahan sekam padi pada campuran beton ringan non struktural terhadap nilai penyerapan dan nilai kuat tekan beton campuran semen, kulit kopi dan fly ash. Simposium Nasional RAPI XIII. hal 50-56.
- Harmoni, A. 2005. Dampak Sosial Ekonomi Perubahan Iklim. Seminar Nasional Pesat. Universitas Gunadarma. Jakarta.
- I Wayan Yasa, Anid Supriyadi, dan Kadek Agus Prajna (2020), dengan judul "Koefisien Limpasan Permukaan Pada Perkerasan *Paving Block* Berpori"
- Limantara, Lily Montarich. (2010). Hidrologi Praktis, CV. Lubuk Agung, Bandung
- Muh. Haris Umar, Supriadi Hartas Asis, dan Muh. Ibnul Baisy (2019), dengan judul "Pengaruh Distribusi Curah hujan Terhadap Intensitas dengan Menggunakan Rainfall Simulator"
- Putra, Y.E., dan Sutikno. 2016. Pemanfaatan Limbah Sandblasting sebagai Bahan Campuran *Paving Block*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil. Vol. 1. No. 1. Hal. 81-86.
- Riza Habibie (2020). Dalam penelitiannya "Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer Sebagai Substitusi Semen terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air pada *Paving Block*".
- Soehardjono, A., Prastumi, Hidayat, T., dan Prawito, G.S. 2013. Pengaruh Penggunaan Bottom Ash sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Resapan Air Struktur *Paving*. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol. 7. No. 1. Hal. 74-80.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-0691-1996. Bata Beton (*Paving Block*). Badan Standarisasi Indonesia.
- Sugiyono (2018). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung
- Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan Yang berkelanjutan. Andi. Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. "Teknologi Beton". Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.