

**PENAMBAHAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*  
*POROUS***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Englang Febriani  
2114071022**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2025**

**PENAMBAHAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*  
*POROUS***

**Oleh**

**Englang Febriani  
2114071022**

**Skripsi**

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### PENAMBAHAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK POROUS*

Oleh

Englang Febriani

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan pembangunan infrastruktur juga meningkat, yang seringkali mengakibatkan penggunaan lahan yang tidak sesuai. Hal ini dapat mengurangi daerah resapan air, yang berpotensi meningkatkan risiko banjir dan genangan air saat hujan deras. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *paving block porous* dengan bahan tambahan sekam padi sebagai solusi alternatif untuk meningkatkan resapan air di lingkungan perkotaan. *Paving block porous* dibuat dengan komposisi semen dan pasir dalam perbandingan 1:3, serta tambahan sekam padi dengan variasi P1 (2%), P2 (4%), P3 (6%), dan P4 (8%) dari total bahan 2000 gram. *Paving block* yang dihasilkan memiliki dimensi  $19,8 \times 9,8 \times 6$  cm dengan densitas 1304,37–1782 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan berkisar antara 3,78–11,49 MPa, daya serap air 18,08–27,59%, dan laju infiltrasi 0,0383–0,2916 mm/s. Pada P1, *paving block* memenuhi standar mutu D SNI 03-0691-1996, yang menetapkan batas minimal kuat tekan 8,5 MPa sehingga layak diaplikasikan untuk kebutuhan area dengan beban ringan seperti taman. Peningkatan proporsi sekam padi pada P2, P3, dan P4 meningkatkan daya serap air dan infiltrasi, namun menyebabkan penurunan densitas dan kuat tekan, sehingga tidak memenuhi SNI 03-0691-1996. Pengamatan visual menunjukkan bahwa *paving block porous* dengan sekam padi memiliki karakteristik warna berbeda, dengan variasi abu-abu kehijauan, sedangkan P3 dan P4 lebih gelap dan netral, serta tekstur yang semakin kasar seiring meningkatnya kadar sekam padi. Penelitian ini menunjukkan bahwa *paving block porous* berbahan sekam padi dapat menjadi alternatif inovatif dalam pengelolaan air di kawasan perkotaan, serta berkontribusi pada upaya pemanfaatan limbah pertanian berkelanjutan.

**Kata Kunci :** *paving block porous*, sekam padi, penyerapan air, drainase perkotaan

**ABSTRACT**  
**ADDITION OF RICE HUSK IN THE MANUFACTURE OF POROUS  
PAVING BLOCK**

**By**  
**Englang Febriani**

*As the population continues to grow, the demand for infrastructure development also increases, often resulting in land use that is not environmentally appropriate. This condition can reduce water infiltration areas, potentially increasing the risk of flooding and waterlogging during heavy rainfall. This study aims to develop porous paving blocks using rice husk as an additive material as an alternative solution to improve water absorption in urban environments. The porous paving blocks were made with a cement-to-sand ratio of 1:3, with the addition of rice husk at variations of P1 (2%), P2 (4%), P3 (6%), and P4 (8%) of the total 2000 grams of material. The resulting paving blocks measured 19.8 × 9.8 × 6 cm and had a density ranging from 1304.37 to 1782 kg/m<sup>3</sup>. Test results showed compressive strength values ranging from 3.78 to 11.49 MPa, water absorption between 18.08% and 27.59%, and infiltration rates from 0.0383 to 0.2916 mm/s. The P1 composition met the D quality standard of SNI 03-0691-1996, which requires a minimum compressive strength of 8.5 MPa, making it suitable for light-load applications such as parks. Increasing the proportion of rice husk in P2, P3, and P4 improved water absorption and infiltration but reduced density and compressive strength, resulting in non-compliance with the SNI standard. Visual observations revealed that porous paving blocks with rice husk exhibited different color characteristics, showing greenish-gray variations, with P3 and P4 appearing darker and more neutral in tone, and increasingly rough textures as the rice husk content increased. This study demonstrates that porous paving blocks made with rice husk can serve as an innovative alternative in urban water management and contribute to the sustainable utilization of agricultural waste.*

**Keywords :** porous paving block, rice husk, water absorption, urban drainage

Judul Skripsi : **PENAMBAHAN SEKAM PADI DALAM  
PEMBUATAN *PAVING BLOCK POROUS***

Nama Mahasiswa : **Englang Febriani**

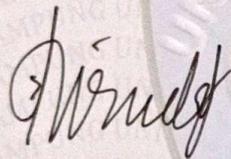
Nomor Induk Mahasiswa : 2114071022

Program Studi : Teknik Pertanian

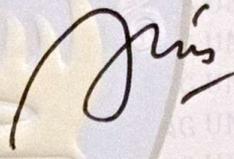
Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

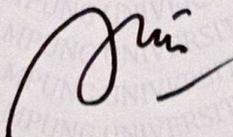


**Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**  
**NIP. 198905202015042001**



**Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.**  
**NIP. 197801022003121001**

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

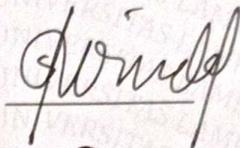


**Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.**  
**NIP. 197801022003121001**

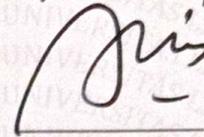
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

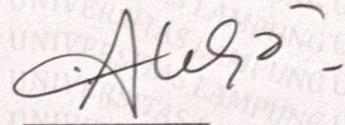
Ketua : **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM.**



Penguji Bukan : **Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si.**

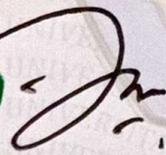


Pembimbing

2. Dekan Fakultas Pertanian



**Dr. Pr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **13 Juni 2025**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Englang Febriani NPM 2114071022

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc. dan 2) Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 10 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan



(Englang Febriani)

NPM. 2114071022

## RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis Englang Febriani, lahir di Pandeglang pada tanggal 29 Februari 2004, penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Eri Heriawan dan Ibu Ade Anis. Penulis memiliki satu adik laki-laki yang bernama Al Jafar.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Banjarmasin dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2015. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTS Negeri 2 Pandeglang dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2018 dan melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMK Negeri 3 Pandeglang dari tahun 2018 sampai dengan tahun 2021. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tahun 2021. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum mata Kuliah Fisika Dasar pada tahun 2024.

Pada bulan Januari sampai Februari 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kota Guring, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Selanjutnya pada bulan Juli sampai Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar (BRMP-TRI) Sukabumi dengan judul “Pengaruh Penambahan Urea dalam Sintesis Bioetanol Berbahan Baku Molase”.

## **PERSEMBAHAN**

Alhamdulillahirabbil'amin

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan kemudahan, kelancaran, dan keberkahan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Kedua Orang Tua

*Mama dan Bapak. Orang hebat yang selalu menjadi penyemangat saya. Terima kasih atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan. Meskipun mama dan bapak tidak sempat merasakan pendidikan dibangku perkuliahan, namun selalu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan, mengusahakan, memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial, serta memprioritaskan pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Semoga dengan adanya skripsi ini dapat membuat mama dan bapak lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anak perempuan pertamanya ini menyandang gelar sarjana seperti yang diharapkan.*

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW dan keluarga serta para sahabatnya. Skripsi penulis berjudul **“Penambahan Sekam Padi dalam Pembuatan *Paving Block Porous*”** merupakan salah satu syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyadari dan memahami bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Serta banyak pihak yang memberikan bantuan, dukungan, bimbingan, dan arahan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak diantaranya:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus sebagai Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menempuh pendidikan di jurusan Teknik Pertanian dan Pembimbing Utama penulis yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberikan saran selama menempuh perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembahas penulis yang telah

telah meluangkan waktu, memberikan saran dan masukan untuk perbaikan dalam penyusunan skripsi ini.

5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
6. Seluruh Staf Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Kedua orang tuaku Bapak Eri Heriawan dan Ibu Ade Anis, selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral dan finansial. Terima kasih atas doa dan dukungan serta selalu mengusahakan segalanya untuk penulis.
8. Adik laki-laki saya, Al Jafar yang selalu membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok kakak yang dapat memberikan pengaruh positif, serta berusaha menjadi panutannya di masa yang akan datang kelak.
9. Sahabat “Cappres” yaitu Lala, Salsa, Dewi, dan Bella yang telah menemani penulis dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian. Terima kasih atas segala motivasi, dukungan, bantuan, pengalaman yang sangat berkesan serta memberikan semangat yang paling berharga. *See you on top, guys!*
10. Tim Penelitian *Paving Block Porous* yaitu Nia dan Yoga selaku teman seperjuangan penelitian yang telah membantu serta memberikan semangat dan berbagi ilmu.
11. Kepada Keluarga Teknik Pertanian 2021 selaku keluarga pejuang Sarjana Teknik. Terima kasih atas kebersamaan selama ini, doa, dukungan, bantuan dan saran kepada penulis.
12. Kepada Wahyu Dwi Ilba, terima kasih pernah selalu ada dan paham dalam keadaan apapun penulis, mendukung, menghibur, mendengarkan, memberikan semangat untuk tidak pantang menyerah, dan sudah menjadi tempat berkeluh kesah ketika penulis ada masalah. Terima kasih telah menjadi bagian menyenangkan dan menemani proses perkuliahan penulis sejak awal, meskipun tidak sampai akhir.
13. Terakhir tidak lupa kepada diri saya sendiri, Englang Febriani. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, sudah berhasil menyelesaikan apa yang telah dimulai. Walaupun dalam perjalanannya sering kali mengeluh, ingin

menyerah dan putus asa atas beberapa usaha yang tidak sebanding dengan hasilnya, namun terima kasih telah menjadi manusia kuat yang selalu bisa mengandalkan diri sendiri. Kamu hebat dengan seluruh perjuangan yang telah kamu lalui, baik itu senang, sedih, berhasil, maupun gagal.

Berbahagiaalah dimanapun kamu berada Englang Febriani. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 14 Juni 2025

Penulis

**Englang Febriani**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Hipotesis .....	6
1.6 Batasan Masalah .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Pembangunan Berkelanjutan dan Lingkungan .....	7
2.2 <i>Paving Block</i> .....	8
2.3 <i>Paving Block Porous</i> .....	8
2.4 Syarat Mutu <i>Paving Block</i> .....	9
2.5 Klasifikasi <i>Paving Block</i> .....	10
2.6 Keunggulan dan Kelemahan <i>Paving Block</i> .....	11
2.7 Bahan Penyusun <i>Paving Block Porous</i> .....	11
2.7.1 Semen Portland.....	11
2.7.2 Air.....	12
2.7.3 Agreerat Halus .....	13

2.7.4 Agrerat Kasar .....	14
2.8 Kerusakan Bahan .....	15
2.9 Sekam Padi .....	16
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.2.1 Alat .....	21
3.2.2 Bahan.....	22
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
3.4 Rancangan Percobaan.....	25
3.5 Parameter Penelitian .....	26
3.5.1 Pengujian <i>Non Destructive</i> .....	27
3.5.2 Pengujian <i>Destructive</i> .....	29
3.6 Analisis Data.....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 <i>Paving Block Porous</i> .....	31
4.2 Pengamatan <i>Non Destructive</i> .....	32
4.2.1 Uji Tampak.....	32
4.2.2 Uji Densitas .....	38
4.2.3 Daya Serap Air .....	42
4.2.4 Uji Infiltrasi .....	46
4.3 Pengamatan <i>Destructive</i> .....	51
4.3.1 Uji Keutuhan .....	54
4.3.2 Uji Kuat Tekan .....	54
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>60</b>
5.1 Kesimpulan .....	60
5.2 Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Sifat fisika <i>paving block</i> .....	9
Tabel 2. Unsur-unsur kimia dalam semen portland .....	12
Tabel 3. Perlakuan penelitian <i>paving block porous</i> .....	25
Tabel 4. Rancangan percobaan <i>non destructive</i> .....	26
Tabel 5. Rancangan percobaan <i>destructive</i> .....	26
Tabel 6. Variasi warna <i>paving block porous</i> .....	35
Tabel 7. Hasil uji ANOVA densitas.....	40
Tabel 8. Hasil uji BNT densitas .....	41
Tabel 9. Hasil uji ANOVA daya serap air .....	45
Tabel 10. Hasil uji BNT daya serap air.....	45
Tabel 11. Hasil uji ANOVA laju infiltrasi .....	49
Tabel 12. Hasil uji BNT laju infiltrasi .....	49
Tabel 13. Perhitungan beban pijakan manusia.....	56
Tabel 14. Hasil uji ANOVA kuat tekan .....	58
Tabel 15. Hasil uji BNT kuat tekan .....	58
Tabel 16. Data awal <i>paving block porous</i> setelah penjemuran 28 hari.....	68
Tabel 17. Data hasil pengujian densitas <i>paving block porous</i> .....	69
Tabel 18. Data hasil pengujian daya serap air <i>paving block porous</i> .....	69
Tabel 19. Data hasil pengujian infiltrasi <i>paving block porous</i> .....	70
Tabel 20. Data hasil pengujian kuat tekan <i>paving block porous</i> .....	70

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Bentuk <i>paving block</i> .....	10
Gambar 2. Diagram alir penelitian.....	23
Gambar 3. <i>Paving block porous</i> yang dihasilkan.....	31
Gambar 4. Hasil tampak <i>paving block porous</i> .....	32
Gambar 5. Hasil rata-rata uji warna <i>paving block porous</i> menggunakan RGB.....	34
Gambar 6. Proses pengukuran dan penimbangan <i>paving block porous</i> .....	39
Gambar 7. Hasil rata-rata pengujian densitas .....	39
Gambar 8. Proses perendaman <i>paving block porous</i> .....	43
Gambar 9. Hasil rata-rata pengujian daya serap air .....	43
Gambar 10. Proses uji infiltrasi sebelum dituangkan air .....	47
Gambar 11. Proses uji infiltrasi sesudah dituangkan air .....	47
Gambar 12. Hasil rata-rata pengujian infiltrasi.....	48
Gambar 13. Proses uji ketuhan <i>paving block porous</i> .....	52
Gambar 14. Proses pengujian kuat tekan <i>paving block porous</i> .....	54
Gambar 15. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan.....	55
Gambar 16. Penjemuran pasir .....	72
Gambar 17. Pengayakan pasir.....	72
Gambar 18. Penjemuran sekam padi.....	72
Gambar 19. Penimbangan semen.....	72
Gambar 20. Penimbangan pasir .....	72
Gambar 21. Penimbangan sekam padi .....	72
Gambar 22. Pencampuran bahan.....	73
Gambar 23. Penakaran air .....	73
Gambar 24. Pembuatan adonan.....	73

Gambar 25. Proses memasukkan adonan ke dalam cetakan .....	73
Gambar 26. Proses pemadatan .....	73
Gambar 27. Proses pencetakan .....	73
Gambar 28. <i>Paving block porous</i> saat masih basah .....	74
Gambar 29. <i>Paving block porous</i> setelah 28 hari .....	74
Gambar 30. Proses uji kuat tekan.....	74
Gambar 31. <i>Paving block porous</i> yang sudah diuji kuat tekan.....	74
Gambar 32. Proses perendaman .....	74
Gambar 33. Proses pengovenan .....	74
Gambar 34. Volume air pada pengujian infiltrasi .....	75
Gambar 35. Proses uji infiltrasi.....	75

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan di setiap wilayah, baik perkotaan maupun pedesaan selalu meningkat karena jumlah penduduk yang semakin banyak. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023) jumlah penduduk Indonesia mencapai sekitar 278,8 juta orang. Pada tahun 2020, jumlah penduduk Indonesia mencapai sekitar 270,2 juta orang. Dalam persentase, ada peningkatan sekitar 3,26 juta orang setiap tahun. Tingkat pertumbuhan setiap tahun rata-rata untuk periode 2020 sampai 2023 adalah 1,1%. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan pembangunan juga meningkat yang seringkali mengakibatkan penggunaan lahan yang tidak sesuai. Kondisi ini dapat mengurangi daerah resapan air di setiap wilayah dengan pertumbuhan bangunan yang semakin padat. Jika kondisi ini berlanjut akan mengakibatkan dampak buruk seperti peningkatan risiko banjir, tanah kehilangan kemampuannya dalam menyerap air terutama saat hujan deras dapat menyebabkan genangan dan banjir.

Banjir merupakan salah satu masalah yang serius bagi kota-kota besar di Indonesia, seperti di Provinsi Lampung karena pertumbuhan kota dan pembangunan yang tidak terkendali mengakibatkan lahan resapan air berkurang. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung (2023) melaporkan bahwa tutupan lahan di Lampung terus menurun, sehingga meningkatkan risiko banjir lebih tinggi. Pada tahun 2023, fenomena La Nina memperkuat angin timur yang meningkatkan jumlah uap air yang masuk ke Indonesia dari Samudra Pasifik. Kondisi tersebut meningkatkan kemungkinan hujan sekitar 10% hingga 20% dan dapat menyebabkan banjir di daerah yang rentan. Kurangnya lahan resapan air

juga dapat mempengaruhi kualitas air tanah yang menurun disebabkan oleh pencemaran dan infiltrasi air permukaan yang tidak terkendali dengan baik.

Daerah resapan air adalah tempat air hujan meresap ke dalam tanah dan akhirnya menjadi air tanah. Penurunan volume air tanah terjadi jika daerah resapan diubah menjadi lahan terbangun. Hal ini menunjukkan bahwa daerah resapan air memiliki peranan penting untuk mengatur sistem transportasi air ke dalam tanah, sehingga dapat mengatasi banjir dan kekeringan (Putri dan Purwodadi, 2013). Keberadaan daerah resapan air di perkotaan sangatlah penting untuk melestarikan sumber daya air tanah dan mengimbangi sumber daya air di lingkungan. Semakin menyusutnya lahan resapan air dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, seperti peningkatan volume air aliran permukaan yang dapat menyebabkan banjir lokal.

Ada dua klasifikasi utama daerah resapan air, antara lain daerah resapan air regional dan daerah resapan air buatan. Daerah resapan air regional adalah daerah alami yang membantu menyerap air hujan ke dalam tanah, sehingga berkontribusi terhadap pengisian ulang air tanah dan pencegahan banjir. Daerah ini biasanya terdiri dari lahan dengan tanah berpori dan tumbuh-tumbuhan yang membantu dalam menyerap air. Daerah resapan air regional sangat penting untuk mempertahankan keseimbangan suatu wilayah dan membantu dalam pengaturan air permukaan (Wibowo, 2006). Sedangkan daerah resapan buatan adalah inisiatif manusia yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas resapan air suatu wilayah melalui intervensi teknologi. Parit, sumur, dan *paving block porous* merupakan jenis dari daerah resapan air buatan. Tujuan dari teknologi ini adalah untuk meningkatkan infiltrasi air tanah sekaligus mengurangi resapan air permukaan. Daerah perkotaan yang kehilangan daerah resapan alaminya dapat mengatasi permasalahan air dengan menggunakan teknologi tersebut (Wibowo, 2006). Oleh karena itu, *paving block porous* dirancang dengan cara mencampurkan limbah biomassa dalam proses pembuatannya yang berfungsi sebagai rongga untuk air meresap ke dalam tanah.

*Paving block* atau dikenal sebagai bata beton adalah sebuah komposisi bahan

kontruksi yang dibuat dari campuran bahan perekat atau semen Portland hidrolis sejenisnya, air, dan agrerat dengan bahan tambahan ataupun tanpa bahan tambahan lainnya. *Paving block* mempunyai banyak kelebihan dan keuntungan baik dari segi kekuatan maupun kemudahan pembuatan dan penerapannya. Bentuk dan ukuran *paving block* dirancang berdasarkan fungsi dan kegunaannya. Beberapa keuntungan menggunakan *paving block* adalah tahan lama dan terjangkau dibandingkan dengan beton dan aspal. *Paving block* mempunyai kelebihan yaitu harga yang lebih ekonomis, kemampuan penyerapan air yang baik, serta mudah dalam pemasangan dan juga perawatannya. *Paving block* dapat digunakan untuk jalan raya, tempat parkir, penyeberangan pejalan kaki dan jalan setapak (Apriansyah et al., 2023).

Salah satu jenis *paving block* yang sangat umum digunakan adalah *paving block* konvensional. *Paving block* konvensional terbuat dari campuran semen, air, agrerat kasar, dan pasir (Sebayang et al., 2011). Berbeda dengan *paving block* yang dibuat dari limbah biomassa atau campuran, *paving block* konvensional telah banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Pemanfaatan limbah biomassa sebagai *paving block* juga dapat menurunkan biaya produksi (Utama et al., 2023). *Paving block* konvensional mempunyai banyak keunggulan yang menjadikannya terkenal di kalangan masyarakat umum. Keunggulan utamanya yaitu ketahanannya yang cukup tinggi mampu bertahan di berbagai cuaca. *Paving block* konvensional sangat mudah dirawat dan dipasang serta bahan-bahan yang digunakan mudah didapatkan dan biayanya yang terjangkau. Namun, ada beberapa kekurangan pada *paving block* konvensional. Karena strukturnya yang kokoh, *paving block* konvensional tidak memiliki pori yang mencegah air hujan menembus tanah dan sering menyebabkan banjir atau genangan air. Sistem drainase yang efektif diperlukan untuk mengatur air hujan di berbagai area yang memakai *paving block* konvensional. Maka dari itu, kekurangan tersebut menciptakan inovasi *paving block* yang lebih efisien seperti *paving block porous* (Pranoto et al., 2023).

*Paving block porous* menjadi alternatif yang lebih efektif untuk mengatasi permasalahan genangan air akibat *paving block* konvensional. *Paving block*

*porous* yang terbuat dari campuran semen, pasir, dan agrerat ini memiliki pori-pori yang dapat membantu air meresap ke dalam tanah, mengurangi genangan air, dan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah. Proses ini mendukung ketersediaan air tanah dan mengurangi risiko banjir. Di daerah dengan tingkat tutupan permukaan tanah yang tinggi, genangan air dan limpasan air hujan dapat dikurangi dengan menggunakan penutup permukaan yang permeabel seperti *paving block porous* (Ginting dan Suyono, 2022).

*Paving block* terbuat dari agrerat yang halus dan kasar. Selama proses pembuatannya, bahan-bahan tersebut dicampur dengan air agar saling mengikat. Apabila pori-pori *paving block* sangat kecil maka akan sulit menyerap dan memindahkan air ke dalam tanah sehingga akhirnya menyebabkan genangan air pada permukaan *paving block* (Febriani, 2022). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan inovasi dengan mencampurkan material *paving block* dengan menambahkan limbah biomassa sehingga tercipta rongga-rongga yang mampu menyerap dan mengalirkan air.

*Paving block porous* merupakan salah satu jenis *paving block* yang terbuat dari campuran limbah biomassa. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pengeras tanah yang mempunyai daya serap baik (Febriani, 2022). Pada penelitian ini limbah sekam padi digunakan sebagai bahan baku tambahan dalam pembuatan *paving block porous*. Sekam padi sangat mudah didapatkan dan mempunyai tekstur berserat sehingga membantu menciptakan pori-pori pada *paving block*. Sekam padi sering dianggap sebagai limbah pertanian yang seringkali dibakar atau dibuang begitu saja. Namun pemanfaatan sekam padi untuk pembuatan *paving block porous* dapat membuat *paving block* lebih baik karena serat yang terkandung dalam sekam padi meningkatkan porositas *paving block*, sehingga air lebih mudah menyerap ke dalam tanah serta membantu mengelola limbah pertanian.

Sekam padi di Indonesia merupakan produk sampingan yang umum dari penggilingan padi, penggilingan padi dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya menjadi partikel kecil atau hilang (Ismunadji et al.,

1988). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung, pada tahun 2024 tercatat bahwa luas panen padi di Provinsi Lampung mencapai 531.715 hektar. Dari hasil panen tersebut, jumlah produksi padi mencapai 2.791.347 ton dengan tingkat produktivitas rata-rata sebesar 52,50 kuintal per hektar. Data ini menunjukkan bahwa limbah sekam padi di Provinsi Lampung memang melimpah, setiap ton padi menghasilkan sekitar 20% sekam. Dengan komposisi kimia terdiri dari 50% selulosa, 25-30% lignin, dan 15-20% silika (Ismail & Waliuddin, 1996). Sekam padi memiliki potensi penerapan yang besar, terutama untuk pembuatan *paving block porous*. Dengan memanfaatkan sekam padi, *paving block porous* dapat meningkatkan porositas dan kekuatan tekan pada *paving block*, serta memberikan solusi berkelanjutan yang ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah pertanian.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan diatas, dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving block porous*?
2. Bagaimana karakteristik *paving block porous* dengan tambahan limbah sekam padi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah sekam padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving block porous*.
2. Menganalisis karakteristik *paving block porous* dengan tambahan limbah sekam padi.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan solusi ramah lingkungan untuk masalah genangan air dan

memberikan inovasi dalam pembuatan *paving block* dengan memanfaatkan limbah sekam padi.

2. Mengurangi limbah biomassa dengan pemanfaatan sekam padi.

### **1.5 Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini adalah penggunaan limbah sekam padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving block porous* akan meningkatkan kemampuan menyerap air pada *paving block porous*.

### **1.6 Batasan Masalah**

Berdasarkan pada tujuan yang ingin dicapai metode-metode penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penggunaan limbah sekam padi tanpa pembakaran dalam pembuatan *paving block porous*.
2. Pembuatan *paving block porous* mengikuti standar SNI-03-0691-1996 mutu D.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangunan Berkelanjutan dan Lingkungan

Konsep pembangunan berkelanjutan menggabungkan kebutuhan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Tujuan pembangunan berkelanjutan adalah menjaga kualitas lingkungan sekaligus mencapai kemakmuran sosial dan ekonomi. Hal ini dicapai melalui cara menerapkan teknologi ramah lingkungan, mengurangi limbah, dan memanfaatkan sumber daya secara optimal (Suparmoko, 2020).

Pembangunan berkelanjutan secara signifikan dipengaruhi oleh lingkungan. Penggunaan *konsep Low Impact Development (LID)* membantu dalam pengelolaan air hujan secara alami di lingkungan perkotaan. Tujuannya adalah untuk mengelola limpasan permukaan dan risiko banjir dengan cara yang ramah lingkungan dan efektif. Konsep ini juga mendorong peningkatan daerah resapan air untuk menjaga kualitas air tanah serta dapat mengurangi risiko banjir (Putri et al., 2023).

Daerah resapan air merupakan daerah dimana air hujan dapat terserap ke dalam tanah dan membantu mengurangi risiko banjir. Menurut penelitian oleh Ramadhani & Indradjati (2023) penggunaan prinsip-prinsip Desain Kota Sensitif Air (WSUD) di lingkungan perkotaan, seperti di Kecamatan Subang dapat membantu mengelola air hujan dan menurunkan risiko banjir. Konsep ini menggabungkan desain lanskap dengan teknik pengelolaan air hujan untuk meningkatkan penyerapan air dan menurunkan limpasan permukaan.

Pembangunan infrastruktur ramah lingkungan seperti penggunaan *paving block*

*porous* dapat menjadi bagian yang penting dari strategi pembangunan berkelanjutan. Menurut penelitian yang dilakukan Putri et al. (2023) infrastuktur hijau berkontribusi terhadap kualitas air yang lebih baik, pengelolaan air hujan, dan pengurangan risiko banjir. Upaya ini dibantu dengan penggunaan bahan penyerap air, seperti *paving block porous*.

## **2.2 Paving Block**

*Paving block* adalah campuran bahan bangunan yang terbuat dari semen Portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air, dan agrerat, dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak menurunkan kualitasnya. *Paving block* dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, mulai dari kebutuhan sederhana hingga kebutuhan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk menutup dan memperkuat permukaan tanah. *Paving block* dapat digunakan untuk memperbaiki dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, jalan di kompleks perumahan, mengaspal area parkir, sekolah. *Paving block* juga dapat digunakan di lokasi khusus seperti pelabuhan peti kemas, bandara, terminal bus, dan stasiun kereta api (Rozaimi, 2021).

*Paving block* memiliki nilai estetika yang tinggi, karena tidak hanya berbentuk segi empat ataupun segi banyak, tetapi juga dapat berwarna seperti aslinya ataupun diwarnai dengan penambahan zat pewarna pada komposisi pembuatannya (Azwar, 2020). *Paving block* cocok untuk lantai yang sering digunakan di luar ruangan pada bangunan dan harus bebas dari retakan dan cacat (Rozaimi, 2021).

## **2.3 Paving Block Porous**

Salah satu jenis *paving block* dengan porositas atau permeabilitas air yang tinggi adalah *paving block porous*, yang terdiri dari campuran semen, air, dan agrerat kasar bahkan hanya menggunakan agrerat halus sedikit atau tanpa menggunakan agrerat halus dalam proses pencampurannya. *Paving block porous* memiliki

banyak rongga dimana air dapat merembes dari permukaan karena banyaknya agrerat kasar yang digunakan. Dalam pembuatan *paving block porous* yang dianalisis yaitu metode pencampuran, ukuran dan komposisi agrerat, ketebalan, dan proporsi kebutuhan bahan (Nahdi, 2020).

#### 2.4 Syarat Mutu *Paving Block*

Syarat mutu untuk membuat *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- a. Sifat Tampak, *paving block* harus memiliki permukaan yang rata atau tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian ujung sudut dan rusuknya tidak mudah dihancurkan dengan kekuatan tangan.
- b. Bentuk dan Ukuran, dalam hal ini bergantung pada kesepakatan antara pengguna dan produsen. Produsen akan memberikan penjelasan mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
- c. Sifat Fisik, *paving block* untuk lantai harus memenuhi syarat kekuatan fisik sebagai berikut :

Tabel 1. Sifat fisika *paving block*

mutu	klasifikasi	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Jalan	40	35	0,09	0,103	3
B	Parkir	20	17	0,13	0,149	6
C	Pejalan kaki	15	12,5	0,16	0,184	8
D	Taman	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber : BSN, SNI-03-0691-1996)

## 2.5 Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SNI T-04-1990-F klasifikasi *paving block* didasarkan pada bentuk, ketebalan, kekuatan, dan warna. Klasifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Klasifikasi berdasarkan bentuk, *paving block* terbagi menjadi dua macam yaitu *paving block* berbentuk segiempat atau *rectangular* dan segi banyak, seperti segienam dan segi duabelas.



Gambar 1. Bentuk *paving block*

- b. Klasifikasi berdasarkan ketebalan, *paving block* dibagi menjadi beberapa jenis tergantung pada ketebalannya. Secara umum *paving block* dibedakan menjadi 3 jenis tergantung dari penggunaannya. Adapun ketebalan *paving block* yang sering digunakan adalah 60 mm, 80 mm, dan 100 mm dengan toleransi  $\pm 8\%$ .
- c. Klasifikasi berdasarkan kekuatan, *paving block* diklasifikasikan berdasarkan kekuatannya menjadi dua yaitu *paving block* dengan mutu beton  $f_c'$  (kuat tekan) sebesar 37,35 MPa dan *paving block* dengan mutu beton  $f_c'$  (kuat tekan) sebesar 27,0 MPa.
- d. Klasifikasi berdasarkan warna, *paving block* terbagi menjadi beberapa warna yaitu abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* juga tersedia warna lain yang biasanya digunakan untuk pembatas.

## 2.6 Keunggulan dan Kelemahan *Paving Block*

Menurut Lase (2021), *paving block* mempunyai keunggulan dan kelemahan dalam penggunaannya. Adapun keunggulan dan kelemahannya adalah sebagai berikut.

- a. Keunggulan *paving block* antara lain :
  - i. *Paving block* dapat digunakan langsung tanpa menunggu pengerasan.
  - ii. Harganya yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis perkerasan lain.
  - iii. Penyerapan air yang tinggi dapat mengurangi genangan air.
  - iv. Keberagaman bentuk menjadikan perkerasan yang menggunakan *paving block* memiliki banyak pilihan bentuk, sehingga memiliki nilai estetika yang tinggi.
  - v. Pelaksanaanya sederhana dan tidak memerlukan penggunaan alat berat, sehingga dapat di produksi massal.
  
- b. Kelemahan *paving block* antara lain :
  - i. Jika pondasi tidak terlalu kuat, *paving block* akan mudah bergelombang.
  - ii. Pemasangan yang tidak sesuai sering terjadi, menyebabkan *paving block* mudah lepas dari sambungan dan menyebabkan permukaan pengkerasan yang tidak rata.

## 2.7 Bahan Penyusun *Paving Block Porous*

Bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan dapat menentukan kualitas *paving block porous*. Semakin baik kualitas bahan baku, maka semakin terencana rasio pencampurannya, dan semakin baik proses pencetakan dan pembuatannya maka semakin tinggi juga kualitas *paving block porous* yang dihasilkan. Adapun bahan-bahan utama *paving block* meliputi semen, pasir, air dalam jumlah tertentu. Namun, ada juga *paving block* yang menggunakan bahan tambahan seperti limbah biomassa (Pratama et al., 2023).

### 2.7.1 Semen Portland

Semen Portland dikenal juga sebagai semen hidrolis, adalah bahan pengikat yang biasa digunakan dalam konstruksi. Semen Portland disebut semen hidrolis karena

kemampuannya dalam bereaksi dan mengeras dengan air. Semen berfungsi untuk mengikat partikel-partikel agrerat menjadi suatu padatan. Jika semen dicampur dengan air akan terbentuk pasta, dan jika dicampurkan dengan pasir serta air akan terbentuk mortar semen. Setelah itu proses hidrasi terjadi yang dapat menyebabkan mortar beton mengeras. Selama proses hidrasi, reaksi kimia terjadi dapat menghasilkan kalsium silikat hidrat dan kalsium hidroksida yang menyebabkan peningkatan kekuatan beton (Nahdi, 2020).

Semen Portland mengandung unsur kalsium dan alumunium silika yang terbuat dari *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO) serta lempung yang mengandung silika dioksida (SiO<sub>2</sub>), lalu terdapat juga kandungan alumunium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Unsur-unsur ini berinteraksi satu sama lain selama proses pelarutan. Adapun persentase unsur kimia dalam semen Portland berdasarkan Satyarno & Tjokrodumuljo (2007) adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Unsur-unsur kimia dalam semen portland

Unsur kimia dalam semen	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
Oxid Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 6
Magnesium (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	0,5 – 1
Soda/Potash (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

Sumber: (Satyarno dan Tjokrodumuljo, 2007)

### 2.7.2 Air

Air adalah bahan utama dan paling murah untuk membuat *paving block*, berfungsi sebagai reaktor semen dan pelumas antar agrerat. Kandungan kimia atau organik yang ada di dalam air dapat memengaruhi kualitas *paving block*. Adapun kandungannya antara lain :

- a. Air laut yang mengandung larutan garam sebanyak 3,5% (magnesium sulfat dan sodium klorida) dapat mengurangi kekuatan *paving block* hingga 20%.
- b. Air dengan gula lebih dari 0,05% yang dapat memperlambat ikatan awal dan mengurangi kekuatan *paving block*.
- c. Air yang mengandung seng klorida menyebabkan perlambatan ikatan awal *paving block* dalam jumlah banyak yang dapat membuat *paving block* berumur 2-3 hari belum mempunyai kekuatan awal.

Berikut ini ada syarat-syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, antara lain :

- a. Air harus bersih, tidak berbau, serta tidak berwarna.
- b. Tidak boleh ada kandungan garam dan zat organik dalam air tidak melebihi 15 gram/liter.
- c. Kadar lumpur dan zat lain tidak boleh melebihi 2 gram/liter.
- d. Tidak ada klorida lebih dari 0,5 gram/liter.
- e. Tidak mengandung konsentrasi senyawa sulfat ( $\text{SO}_3$ ) di atas 1 gram/liter.

### 2.7.3 Agrerat Halus

Menurut SNI-03-1750-1990, agrerat halus terdiri dari butiran mineral keras yang hampir bulat, tajam, tahan lama, dan keras yang ukuran partikelnya biasanya berkisar antara 0,07 hingga 5 mm. Agrerat halus digunakan sebagai bahan pengisi campuran *paving block* untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan menggunakan lebih sedikit semen. Salah satu komponen campuran *paving block* yang dikategorikan sebagai agrerat halus adalah pasir. Agrerat halus adalah agrerat yang lolos saringan no.8 dan tetap berada pada saringan no. 200. Kualitas agrerat mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas *paving block* yang dihasilkan, karena banyaknya agrerat dalam suatu *paving block* dapat memengaruhi sifat-sifatnya dan memberikan kekuatan pada *paving block* tersebut. Setidaknya terdapat dua kelompok ukuran agrerat yang dapat digunakan dalam produksi *paving block* berkualitas baik. Ukuran butir

kelompok agrerat halus yaitu 4,5 mm atau kurang dan ukuran butir kelompok agrerat kasar yaitu 4,5 mm atau lebih (Nahdi, 2020).

#### **2.7.4 Agrerat Kasar**

Agrerat kasar biasa disebut juga dengan kerikil karena terbentuk dari hasil disintegrasi batuan secara alami atau dihasilkan oleh industri penghancur batu dan berbentuk kerikil dengan ukuran partikel berkisar antara 4,76 mm hingga 150 mm. Adapun ketentuan dari agrerat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Agrerat kasar harus terdiri dari partikel keras dan tidak berpori.
- b. Agrerat kasar dengan butiran pipih hanya dapat digunakan jika jumlah butir pipihnya tidak melebihi 20% dari berat agrerat seluruhnya.
- c. Agrerat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya.
- d. Agrerat kasar harus bebas dari zat yang dapat merusak beton, seperti zat alkali.
- e. Kerikil yang berasal dari batu pecah dapat digunakan sebagai agrerat kasar.
- f. Agrerat kasar harus diuji kekerasan menggunakan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
- g. Persentase lemah saat diuji pada goresan batang tembaga maksimum 5%.
- h. Faktor kehalusan agrerat kasar antara 6 dan 7,5.

Jenis agrerat kasar yang paling umum adalah sebagai berikut :

- a. Batu pecah alami : Bahan ini berasal dari batu pecah alami yang digali.
- b. Kerikil alami : Kerikil diperoleh melalui pengikisan tepi ataupun dasar sungai.
- c. Agrerat kasar buatan : terutama dalam bentuk serpih, sering digunakan dalam beton ringan.
- d. Agrerat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat : Agrerat kasar seperti baja pecah, barit, limonit, dan magnetit.

## 2.8 Kerusakan Bahan

Analisis kegagalan merupakan serangkaian prosedur yang digunakan untuk memeriksa secara menyeluruh sumber kerusakan pada peralatan dan bahan bangunan. Diantara jenis kerusakan yang sering ditemukan adalah korosi, retakan, dan patahan. Adapun faktor penyebab kerusakan bahan dapat berupa teknik perakitan yang salah, penggunaan yang tidak sesuai, dan kegagalan pada tahap pembuatan serta keadaan lingkungan yang ekstrem. Maka dari itu, untuk memastikan keselamatan bangunan dan kelangsungan operasional, kerusakan harus dideteksi dan dianalisis sesegera mungkin (Rommel, 2012). Retakan dan patahan yang menyebar ke berbagai bagian dan menyebabkan kerusakan bahan adalah gejala awal kegagalan suatu komponen, jenis retakan dan patahan adalah sebagai berikut.

- a. Patah ulet, terjadi ketika ada beban statis pada suatu komponen atau material. Jika beban ini dihilangkan, penyebaran patahan akan berhenti, patah ulet lebih sering terjadi pada material yang memiliki sifat keuletan yang tinggi. Kondisi ini ditandai dengan deformasi plastis yang besar pada daerah patahan, sehingga permukaan patahan terlihat kasar, berserat, dan berwarna abu-abu. Pencegahannya dapat menggunakan material berkekuatan lebih tinggi atau mempertimbangkan beban yang digunakan selama desain dengan lebih akurat.
- b. Patah getas, ditandai dengan penyebaran retak yang lebih cepat daripada patah ulet. Patah getas juga memiliki daya serap energi yang sangat rendah, sehingga hampir tidak ada deformasi plastis. Permukaan patahan pada suatu komponen atau material menjadi lebih mengkilap, rata, dan terlihat jelas dengan kasat mata. Patah getas terbagi menjadi getas transgranular (patahannya memotong batas butir) dan intergranular (patahannya mengikuti batas butir). Adapun pencegahan yang dapat dilakukan yaitu gunakan material dengan ketangguhan tinggi dan hindari beban berat yang mendadak.
- c. Patah leleh, terjadi jika suatu bangunan mengalami beban berulang-ulang meskipun nilai tegangan nominalnya berada di bawah kekuatan luluh material. Ketika tegangan di lokasi komponen struktur melewati batas

luluh material maka menyebabkan deformasi plastis pada skala makroskopis. Retakan ini dimulai pada titik konsentrasi tegangan dan terus berkembang, apabila ini terus menyebar maka luas penampangnya tidak mampu lagi dalam menyerap beban dan pada akhirnya akan mengalami kegagalan. Pencegahan yang dapat dilakukan yaitu mengurangi konsentrasi tegangan dengan memperbaiki desain dan menggunakan bahan yang lebih tahan terhadap beban berulang.

- d. Retak korosi tegangan, terjadi terhadap komponen atau material yang berkarat. Retak korosi tegangan adalah kombinasi tegangan tarik yang dipengaruhi oleh lingkungan yang mengandung larutan kimia atau ion, biasanya retakan ini tidak terlihat secara kasat mata dan untuk memeriksanya perlu alat mikroskop. Pencegahannya dapat menggunakan material yang tahan terhadap korosi atau melapisi material dengan menggunakan bahan pelindung.
- e. Mulur (*creep*), terjadi jika terdapat deformasi plastis yang besar dan apabila material berada pada suhu yang lebih tinggi yaitu  $0,4^{\circ}$  atau  $0,5^{\circ}$  Kelvin dari titik cairnya. Kondisi ini ditandai munculnya retakan intergranular di sekitar patahan. Pencegahannya yaitu gunakan bahan yang lebih tahan terhadap panas tinggi atau menurunkan suhu operasi.

## 2.9 Sekam Padi

Sekam padi adalah kulit pembungkus padi yang dipisahkan dari biji padi dan merupakan salah satu limbah pertanian yang sering ditemukan di lahan pertanian. Luas panen padi di Indonesia mencapai 10,20 juta hektar pada tahun 2023, dengan produksi padi sebesar 53,63 juta ton gabah kering giling (GKG). Sekitar 20% dari jumlah ini dihasilkan sebagai sekam padi yang menghasilkan 10,73 juta ton sekam padi per tahun, dengan jumlah sebesar ini sekam padi dapat digunakan sebagai sumber bahan tambahan untuk membuat *paving block porous* (Badan Pusat Statistik, 2024).

Sekam padi digunakan sebagai bahan tambahan untuk *paving block* dalam penelitian ini. Sekam padi yang digunakan sebagai bahan tambahan relatif

banyak, yaitu sekitar 30% hingga 85% dari berat semen. Bahan tambah ini akan menjadi bahan yang akan ditambahkan dalam pembuatan *paving block* selain bahan utama lainnya. Sekam padi biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembuatan batu bata dan sebagai bahan pembersih peralatan dapur. Penggilingan padi selalu menghasilkan kulit gabah atau sekam padi dalam jumlah besar yang kemudian menjadi limbah. Jika padi diproses melalui penggilingan, 78% dari beratnya akan menghasilkan 22% berat kulit sekam (Nahdi, 2020).

Dilihat dari komposisi kimia, sekam padi mengandung beberapa unsur kimia (Suharno, 1979), yaitu:

- a. Kadar air : 9,02%
- b. Protein kasar : 3,03%
- c. Lemak : 1,18%
- d. Serat Kasar : 35,68%
- e. Abu : 17,17%
- f. Karbohidrat dasar : 33,71 %

Adapun komposisi kimia sekam padi menurut DTC – IPB (2008), yaitu:

- a. Karbon (zat arang) : 1,33%
- b. Hidrogen : 1,54%
- c. Oksigen : 33,64%
- d. Silika : 16,98%

Komposisi kandungan kimia sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri bahan konstruksi, terutama kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dapat digunakan dalam pembuatan campuran semen Portland, bahan isolasi, *husk board*, dan campuran industri bata merah.

Penggunaan sekam padi dalam *paving block porous* juga memberikan manfaat tambahan, seperti mengurangi limbah pertanian serta biaya produksi yang lebih rendah. Sekam padi yang sangat melimpah diperoleh dari penggilingan padi dapat digunakan sebagai bahan baku untuk bahan konstruksi, maka dampak limbah pertanian pada lingkungan akan berkurang. Selain itu, sekam padi

mempunyai kualitas insulasi termal yang kuat, sehingga dapat mengurangi efek panas di kawasan padat penduduk. Kenyamanan pengguna jalan dan efisiensi termal dapat ditingkatkan dengan menambahkan sekam padi pada *paving block porous*. Sekam padi juga memiliki kapasitas untuk membuat *paving block* menjadi lebih permeabel yang dapat memudahkan perembesan air hujan dan mengurangi risiko banjir dan genangan air.

Sebagai acuan pada penelitian ini, terdapat beberapa penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya, Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

Nahdi (2020) dalam penelitiannya yang berjudul *Paving Block Porous Dengan Tambahan Sekam Padi (Porous Paving Block With Additional Of Rice Husk)* menunjukkan bahwa dalam pembuatan *paving block porous*, menggunakan sekam padi dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas mekanik dan fisik material. Pada penelitian ini, menggunakan komposisi 1:2:3:2 dengan kerikil kecil menghasilkan kuat tekan tertinggi 26,78 MPa. Adapun nilai keausan terendah sebesar 0,2262 mm/menit untuk komposisi campuran 1:2:3:2 yang mengandung kerikil besar dan kecil. *Paving block porous* memiliki kemampuan untuk menahan air dan meningkatkan drainase seperti yang ditunjukkan oleh persentase penyerapan air ideal sebesar 4,666% dan koefisien permeabilitas tertinggi sebesar 0,006450 cm/detik. Potensi sekam padi sebagai bahan tambahan yang efektif dalam pembuatan *paving block porous* yang murah dan ramah lingkungan.

Bebhe dan Lapenangga (2022) dalam penelitian mereka yang berjudul *Alternatif Bahan Dinding Bata Tanah Putih Yang Ditambah Sekam Padi Yang Tidak Dibakar* menunjukkan bahwa penggunaan sekam padi sebagai bahan tambahan pada pembuatan bata tanah putih tanpa proses pembakaran dapat meningkatkan kuat tekan pada bata tanah putih tersebut secara signifikan. Dari hasil percobaan, bata tanah putih yang ditambahkan sekam padi memperoleh kuat tekan sebesar 100,9 kg/cm<sup>2</sup> dengan perbandingan 1 semen : 7 tanah putih : 1 sekam padi. Sedangkan bata tanah putih tanpa sekam padi memiliki kuat tekan yang hanya mencapai sebesar 51,9 kg/cm<sup>2</sup>. Selain itu, menambahkan sekam padi dapat

mengurangi berat bata sebanyak 15,9%. Sekam padi mempunyai potensi sebagai bahan tambahan yang dapat meningkatkan mutu bata tanah putih yang sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dan SNI 03-6881.1-2002. Oleh karena itu, cocok untuk beberapa jenis konstruksi dinding.

Rosadi et al. (2023) dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Bahan Campuran Dalam Pembuatan *Paving Blok Porous* ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk gergaji kayu jati dalam pembuatan *paving block porous* dapat mempengaruhi kekuatan tekan dan daya serap air. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan *paving block porous* yang memenuhi persyaratan mutu D. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan P1 yang memiliki variasi campuran serbuk gergaji kayu jati sebanyak 2%, memiliki nilai terbaik dengan kuat tekan rata-rata 16,05 MPa dan daya serap air 6,89% sesuai dengan standar SNI untuk *paving block* mutu D.

Apriansyah et al. (2023) dalam penelitian mereka yang berjudul *Paving Blok Abu Sekam Padi Untuk Infrastruktur Desa dan Pesisir Sulawesi Barat* menunjukkan bahwa dalam pembuatan *paving block* menggunakan abu sekam padi menghasilkan variasi kuat tekan yang berbeda yaitu 5%, 10%, dan 15%. Komposisi 10% abu sekam padi dan 90% semen menghasilkan kuat tekan sebesar 11,43 MPa yang tergolong dalam mutu *paving block* kualitas D menurut SNI 03-0691-1996. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat memanfaatkan limbah yang ada dan meningkatkan kualitas material.

Ciawi et al. (2022) dalam penelitian mereka yang berjudul *Kajian Awal Pembuatan Beton Porous Untuk Paving Block Ramah Lingkungan* menunjukkan bahwa komposisi agrerat dalam beton *porous* sangat memengaruhi kekuatan tekan dan porositas. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kasar agrerat maka berat volume dan kuat tekannya semakin menurun, tetapi nilai porositas dan slumpnya semakin besar. Sebaliknya semakin halus agrerat akan meningkatkan kuat tekan dan berat volume, namun dapat menurunkan nilai slump dan

porositas. Nilai slump yang dimaksudkan adalah ukuran kekentalan dan kelembutan adonan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 - Februari 2025 di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Cetakan *paving block*, untuk mencetak *paving block porous* yang berbentuk persegi panjang.
- b. Timbangan, untuk mengukur berat bahan seperti semen, pasir, dan sekam padi.
- c. Ember, untuk wadah dalam pembuatan adonan *paving block porous*.
- d. Sendok semen, untuk mengaduk campuran bahan *paving block porous* agar merata.
- e. Ayakan, untuk menyaring pasir.
- f. Gelas ukur, untuk mengetahui banyaknya air yang digunakan.
- g. Karung, sebagai alas untuk meletakkan *paving block porous* yang sudah dicetak.
- h. Penggaris, untuk mengukur dimensi pada *paving block porous*.
- i. *Convection oven*, untuk pengeringan *paving block porous* selama

pengujian daya serap air.

- j. Karet ban dan *double foam*, untuk pengikat *paving block porous* selama pengujian infiltrasi (terusan air).
- k. Plastik mika bening, untuk melapisi atau menampung air dalam *paving block* selama pengujian infiltrasi (terusan air).
- l. *Wire mesh*, untuk penyanggah *paving block porous* selama pengujian infiltrasi (terusan air).
- m. *Compression strength machine*, untuk menguji kekuatan tekan pada *paving block porous*.
- n. Alat tulis, untuk mencatat kebutuhan penting saat penelitian berlangsung.

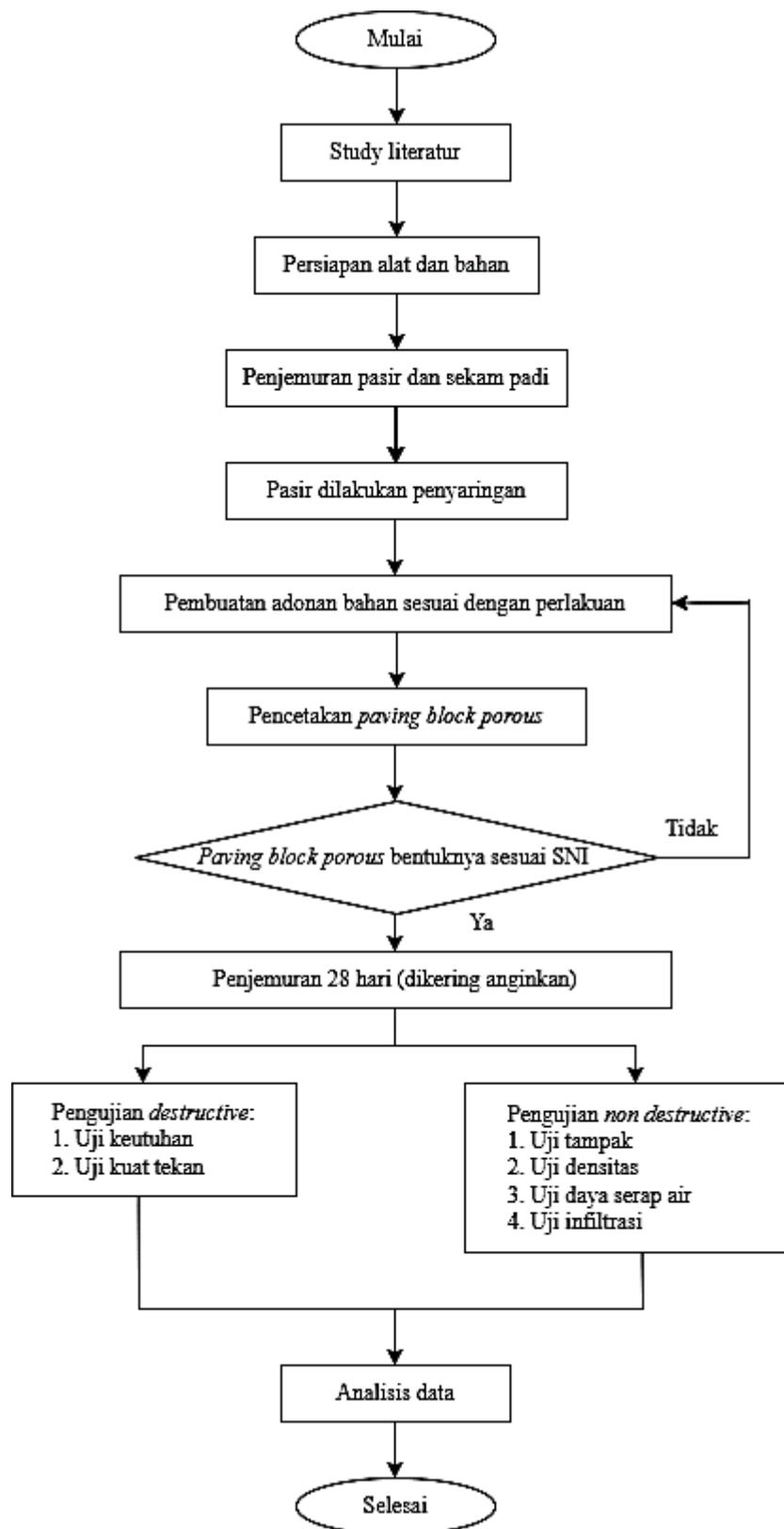
### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- a. Semen Portland dan pasir, digunakan sebagai bahan utama untuk membuat *paving block porous*.
- b. Air, digunakan sebagai pengikat untuk bahan-bahan yang digunakan.
- c. Sekam padi, digunakan sebagai limbah biomassa untuk pembuat pori pada *paving block porous*.

### **3.3 Prosedur Penelitian**

Proses pembuatan *paving block porous* dengan bahan tambahan sekam padi adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penelitian pada pembuatan *paving block porous* menggunakan agrerat kasar yaitu limbah biomassa sekam padi yang sudah dikeringkan. Agrerat halus yang terdiri dari semen dan pasir dengan penambahan air secukupnya sebagai pengikat antar komposisinya. Komposisi yang digunakan untuk mencampurkan bahan yaitu 1 : 3 yang mengandung pasir tiga kali lebih banyak dibandingkan semen. Setelah itu, dilakukan pencetakan *paving block porous*. Setelah proses pencetakan selesai, *paving block porous* dijemur dengan diangin-anginkan dan pengondisian selama kurang lebih 28 hari. Kemudian *paving block porous* dapat dilakukan pengujian *non destructive* dan *destructive*.

Menurut Rahmadyanti (2003), proses penjemuran dalam waktu 28 hari memiliki tujuan supaya dapat menghasilkan kekuatan maksimal pada *paving block porous*. *Paving block porous* dijemur dalam waktu 28 hari dan tidak disinari langsung oleh matahari. Menurut Aprilianti (2019), jika penjemuran *paving block* disinari langsung oleh sinar matahari maka dengan cepat akan menghilangkan kandungan air yang diperlukan untuk mengikat agrerat dan semen, hal tersebut dapat mengakibatkan kualitas *paving block* menjadi kurang bagus, mengalami keretakan, serta kerusakan pada *paving block*.

Selama 28 hari terjadi proses hidrasi yang membentuk kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida (CH) dari reaksi kimia antara semen dan air. Proses ini membuat beton mengeras dan kekuatannya meningkat. Pada minggu pertama, tricalcium silikat ( $C_3S$ ) bereaksi dengan air untuk membentuk silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida (CH) membuat ikatan awal menyediakan 70% kekuatan akhir beton. Di minggu kedua proses hidrasi mengalami perlambatan namun dicalcium silikat ( $C_2S$ ) mulai bereaksi lebih kuat sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton. Kemudian pada minggu ketiga dan minggu keempat proses pembentukan silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida (CH) berlanjut terus mengisi ruang partikel dan mengikat agrerat (Callister & Rethwisch, 2018).

Setelah melewati jangka waktu 28 hari, kekuatan yang meningkat terjadi dalam jumlah yang kecil sekali. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tebal gel kalsium

silikat hidrat (CSH) yang terbentuk maka semakin lambat proses hidrasi yang terjadi. Maka sebab itu, 28 hari dianggap sebagai waktu yang cukup dalam memastikan bahwa perkerasan pada *paving block* sudah cukup dan kuat sehingga dapat digunakan dalam konstruksi (Rahmadyanti, 2003).

Parameter yang berhasil perlu melalui beberapa pengujian, baik *non destructive* maupun *destructive* yang meliputi uji tampak dan dimensi, uji densitas, uji daya serap air, uji infiltrasi, uji keutuhan, dan uji kuat tekan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *paving block porous* dengan standar mutu D yang dapat digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block porous* dianggap lulus uji jika sampelnya memenuhi persyaratan klasifikasi mutu *paving block*.

### 3.4 Rancangan Percobaan

Penelitian ini memiliki rancangan percobaan yang terbagi menjadi *non destructive* dan *destructive*. Rancangan percobaan terdiri dari 4 taraf perlakuan antara lain P1, P2, P3, dan P4 yang masing-masing memiliki 5 ulangan. Penelitian ini memerlukan 40 sampel yang terbagi dalam 20 sampel untuk pengujian *non destructive* dan 20 sampel untuk pengujian *destructive*. Rancangan Acak Lengkap (RAL), ANOVA, dan BNT digunakan untuk menganalisis data.

Tabel 3. Perlakuan penelitian *paving block porous*

No.	Perlakuan	Semen 1 : 3 Pasir (%)	Sekam Padi (%)
1	P1	24,5 : 73,5	2 %
2	P2	24 : 72	4 %
3	P3	23,5 : 70,5	6 %
4	P4	23 : 69	8 %

No.	Perlakuan	Semen 1 : 3 Pasir (gr)	Sekam Padi (gr)
1	P1	490 : 1470	40
2	P2	480 : 1440	80
3	P3	470 : 1410	120
4	P4	460 : 1380	160

Perlakuan penelitian ini menggunakan agrerat kasar seperti pasir, semen, dan sekam padi sebagai bahan bakunya. Komposisi yang digunakan adalah semen dan pasir dengan perbandingan 1 : 3. Selain itu ditambahkan sekam padi dengan komposisi berbeda yaitu 2%, 4%, 6%, dan 8%. Setelah proses pencampuran, *paving block porous* dicetak dan dikondisikan. Kemudian dipersiapkan untuk berbagai pengujian.

Tabel 4. Rancangan percobaan *non destructive*

Perlakuan	Ulangan				
	1	2	3	4	5
P1	P1U1	P1U2	P1U3	P1U4	P1U5
P2	P2U1	P2U2	P2U3	P2U4	P2U5
P3	P3U1	P3U2	P3U3	P3U4	P3U5
P4	P4U1	P4U2	P4U3	P4U4	P4U5

Tabel 5. Rancangan percobaan *destructive*

Perlakuan	Ulangan				
	1	2	3	4	5
P1	P1U6	P1U7	P1U8	P1U9	P1U10
P2	P2U6	P2U7	P2U8	P2U9	P2U10
P3	P3U6	P3U7	P3U8	P3U9	P3U10
P4	P4U6	P4U7	P4U8	P4U9	P4U10

### 3.5 Parameter Penelitian

Pra penelitian dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan total bahan yang digunakan untuk membuat *paving block porous* yang sesuai dan baik untuk diteliti lebih lanjut. Hasil dari pra penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh total bahan yang sesuai dengan cetakan *paving block porous* yang digunakan yaitu 2000 g. Komposisi untuk semen dan pasir yaitu menggunakan perbandingan 1 : 3, sedangkan untuk sekam padi menggunakan perlakuan P1 sebanyak 2%, P2 sebanyak 4%, P3 sebanyak 6% dan P4 sebanyak 8%. Komposisi untuk semen dan pasir menggunakan perbandingan 1:3, sebagaimana diterapkan dalam penelitian oleh Rosadi (2023), yang menggunakan campuran semen dan pasir 1:3 dalam pembuatan paving block porous standar mutu D.

### 3.5.1 Pengujian *Non Destructive*

Pengujian *non destructive* merupakan metode pengujian untuk menilai kualitas dan integritas material tanpa menghancurkannya. Karena sifatnya yang tidak merusak, *paving block* bisa digunakan kembali. Pengujian *non destructive* meliputi uji tampak dan dimensi, uji densitas, uji keutuhan, uji daya serap air, dan uji infiltrasi.

#### 3.5.1.1 Uji Tampak dan Dimensi

Uji tampak dilakukan guna mengevaluasi kondisi visual *paving block*, yang meliputi permukaannya, keseragaman warna, dan tekstur untuk memastikan tidak terdapat kecacatan seperti retakan. Sedangkan, uji dimensi dilakukan untuk mengukur fisik *paving block* seperti Panjang, lebar, tinggi dan ketebalannya. Uji tampak dan dimensi memastikan bahwa *paving block* memiliki ukuran dan penampilan yang tepat selain memenuhi standar kekuatan.

#### 3.5.1.2 Uji Densitas

Densitas adalah ukuran massa jenis suatu benda, dimana pengukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi densitas rata-rata suatu benda, maka nilai massanya pada setiap volumenya akan semakin besar (Putri et al., 2019). Tujuan dari pengujian densitas adalah untuk menilai kerapatan dari setiap *paving block porous*. Proses pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang massa *paving block porous* setelah 28 hari dikering-anginkan, kemudian menghitung volumenya. Rumus menghitung densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$\rho$  = densitas (kg/m<sup>3</sup>)

m = massa (kg)

v = volume (m<sup>3</sup>)

#### 3.5.1.3 Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air terhadap *paving block* dilakukan setelah jangka waktu 28

hari, uji daya serap air bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang terserap oleh *paving block* dengan cara merendam *paving block* dalam air bersih selama 24 jam dan menimbanginya untuk mengetahui nilai berat basahnya. Setelah itu, dikeringkan dalam oven yang diatur pada suhu 105°C selama 24 jam dan *paving block* ditimbang kembali untuk mengetahui nilai berat keringnya. Adapun rumus daya serap air adalah sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

A = Berat *paving* basah (kondisi *paving* setelah direndam selama 24 jam di dalam air) (g)

B = Berat *paving* kering (kondisi *paving* setelah dikeringkan selama 24 jam di dalam oven dengan suhu 105°C) (g)

#### 3.5.1.4 Uji Infiltrasi

Uji infiltrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat *paving block* dalam meneruskan air ke dalam tanah. Proses tersebut dilakukan dengan cara meletakkan plastik di sekitar *paving block*, dilanjutkan dengan menuangkan air ke permukaan *paving block*. Setelah itu, hitunglah waktu yang diperlukan untuk menghitung kecepatan meneruskan air sejak air menyentuh *paving block* sampai air sudah tidak menetes lagi (Marcus, 2023). Data yang sudah diperoleh dapat dilanjutkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{A \cdot t} \dots \dots \dots (3)$$

I = Laju infiltrasi (mm/s)

V = Volume air yang lolos (mm<sup>3</sup>)

A = Luas area permukaan (mm<sup>2</sup>)

t = Waktu yang diperlukan meloloskan air (s)

### 3.5.2 Pengujian *Destructive*

Pengujian *destructive* adalah metode pengujian yang menghancurkan atau mengubah struktur suatu material untuk mengukur sifat mekanik, kekuatan, dan daya tahannya. Pengujian ini biasanya dilakukan hingga material mencapai titik kerusakan, walaupun merusak material uji *destructive* dapat memberikan informasi mengenai karakteristik material yang diuji. Pengujian *destructive* meliputi kuat tekan.

#### 3.5.2.1 Uji Keutuhan

Uji keutuhan dilakukan untuk memeriksa keutuhan fisik material tanpa merusaknya. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk memastikan tidak terdapat cacat atau kerusakan yang dapat membahayakan kinerja atau keamanan material. Hal ini meliputi inspeksi visual dan metode *non destructive* lainnya, sehingga dapat memastikan bahwa material berada dalam kondisi yang baik dan layak untuk digunakan.

#### 3.5.2.2 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan merupakan suatu metode pengujian yang biasa digunakan untuk mengukur kekuatan material dalam menahan beban tekan hingga mencapai batas kerusakan. Uji kuat tekan dilakukan pada saat *paving block porous* telah melewati proses penjemuran (dikering anginkan) selama 28 hari. Pengujian kuat tekan terdiri dari masing-masing sampel *paving block porous* dari setiap perlakuan dengan cara mengambil sampel yang sudah siap untuk diuji, kemudian ditekan menggunakan mesin *compression strength machine* sampai rusak. Setelah itu, data yang sudah diperoleh dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

F = Beban tekan (N)

A = Luas bidang tekan (m<sup>2</sup>)

### **3.6 Analisis Data**

Data yang diperoleh dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) kemudian dianalisis sesuai dengan parameter yang diamati. Analisis ini dilakukan menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan selanjutnya dilakukan uji lanjut BNT, apabila uji ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menghasilkan *paving block porous* dengan memanfaatkan sekam padi sebagai bahan tambahan, memiliki spesifikasi panjang 19,8 cm, lebar 9,8 cm, tinggi 6 cm serta memiliki densitas berkisar 1304,37-1782 kg/m<sup>3</sup>. *Paving block porous* ini diuji dengan hasil kuat tekan antara 3,78 hingga 11,49 MPa, daya serap air sebesar 18,08–27,59%, dan laju infiltrasi 0,0383–0,2916 mm/s. Spesifikasi ini menunjukkan bahwa *paving block porous* telah memenuhi standar sebagai media resapan air, dengan proporsi optimal sekam padi sebesar 2%.
2. *Paving block porous* yang menggunakan sekam padi menunjukkan variasi karakteristik fisik dan mekanik tergantung pada proporsi sekam padi. P1 dengan sekam padi sebanyak 2% memiliki hasil terbaik, dengan kuat tekan sebesar 11,49 MPa, densitas 1782,97 kg/m<sup>3</sup>, daya serap air 18,08%, dan laju infiltrasi 0,0383 mm/s, telah memenuhi standar mutu D SNI 03-0691-1996 untuk area taman. Namun, penambahan sekam padi pada P2 (4%), P3 (6%), dan P4 (8%) meningkatkan daya serap air hingga 27,59% dan laju infiltrasi hingga 0,2916 mm/s, tetapi menyebabkan penurunan densitas hingga 1304,37 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan menjadi 3,78 MPa, yang tidak memenuhi standar SNI.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut menggunakan sekam padi yang telah

melalui proses pembakaran atau dijadikan abu untuk membandingkan karakteristik fisik dan mekanik *paving block porous* yang dihasilkan. Penelitian ini dapat membantu menentukan apakah proses pembakaran sekam padi dapat meningkatkan kekuatan tekan maupun daya serap air *paving block porous*, serta menganalisis potensi manfaat lain yang mungkin diperoleh dibandingkan penggunaan sekam padi langsung tanpa pembakaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abriantoro, A. P. 2022. Pengaruh Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Terhadap Durasi Initial Setting Time, Flowability Dan Kuat Tekan Umur 1 Hari Beton Self-Compacting Concrete (Scc) Dengan Penambahan 0, 15% Citric Acid. *JKTS (Jurnal Kajian Teknik Sipil)*, 7(2), 32–43.
- Apriansyah, A., Permadi, Y. D., Patah, D., dan Y. 2023. Paving Block Abu Sekam Padi Untuk Infrastruktur Desa dan Pesisir Sulawesi Barat. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 26(1), 18–28.  
<https://doi.org/10.25042/jpe.052022.03>
- Aprilianti, A. 2019. *Pemanfaatan Biji Plastik Jenis PP (Polypropylene) Sebagai Substitusi Agregat Pada Bata Beton (Paving Block)*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/16325>
- Askoni dan Sarminah, S. 2018. Laju infiltrasi dan permeabilitas pada beberapa tutupan lahan di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman Samarinda. *Ulin–J. Hut. Trop*, 2(1), 6–15.
- Azwar, A. 2020. Analisa Pemanfaatan Limbah Batom ASH dan Serbuk Pecahan Kaca Terhadap Konstruksi Paving Block. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 8(2). <https://doi.org/10.36982/jtg.v8i2.899>
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik Mobilitas Penduduk dan Tenaga Kerja 2023*. @Badan Pusat Statistik/BPS-Statistics Indonesia.  
<https://www.bps.go.id/en/publication/2023/12/22/82a2bd337ba802ac19611b71/statistik-mobilitas-penduduk-dan-tenaga-kerja-2023.html>
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Luas Panen Dan Produksi Padi Di Indonesia 2023* (Vols. 6, 2024). © Badan Pusat Statistik.  
<https://www.bps.go.id/id/publication/2024/08/01/cacb2de135ee840211c7e95e/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2023.html>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2023. *Statistik Daerah Povinsi Lampung 2023*. © BPS Provinsi Lampung.  
<https://lampung.bps.go.id/id/publication/2023/09/26/a39547deebd2ad55c945f83/statistik-daerah-provinsi-lampung-2023.html>

- Bebhe, K., dan Lapenangga, A. K. 2022. Alternatif Bahan Dinding Bata Tanah Putih yang Ditambah Sekam Padi yang Tidak Dibakar. *ATRIUM: Jurnal Arsitektur*, 8(1), 55–66. <https://doi.org/10.21460/atrium.v8i1.167>
- BSN. 1996. *SNI 03-0691-1996: Bata beton (Paving block)*. Badan Standardisasi Nasional. <https://akses-sni.bsn.go.id/sni>
- Callister, W. D., dan Rethwisch, D. G. 2018. *Materials science and engineering: An introduction* (10th edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Ciawi, Y., Salain, M. A. K., dan Yana, I. P. A. 2022. Kajian Awal Pembuatan Beton Porous Untuk Paving Block Ramah Lingkungan. *EnviroScienteeae*, 18(3), 8. <https://doi.org/10.20527/es.v18i3.14789>
- Elsyani Eka Putri, Ismeddiyanto, dan Suryanita, R. 2019. Sifat Fisik Paving Block Komposit sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *JURNAL TEKNIK*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2557>
- Febriani, P. A. 2022. *Penggunaan Limbah Ampas Tebu (Saccharu officinarum) Sebagai Bahan Baku Pembuat Pori Pada Paving Block Porous*. Skripsi. FAPERTA : Universitas Lampung. Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/60049>
- Ginting, A. dan Suyono. 2022. Utilization Of Blondos Stone On Porous Concrete. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 62–74. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3983>
- Handayani, N. K., Musyaffa, M. R., dan Rizal, Y. F. 2023. Pengaruh Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan Dan Permeabilitas Paving Berpori. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, 209–214.
- Ismail, M. S., dan Waliuddin, A. M. 1996. Effect of rice husk ash on high strength concrete. *Construction and Building Materials*, 10(7), 521–526. [https://doi.org/10.1016/0950-0618\(96\)00010-4](https://doi.org/10.1016/0950-0618(96)00010-4)
- Ismunadji M, Syam M, Partohradjono S, dan W. A. 1988. *Padi* (1st ed.). Pusat penelitian dan pengembangan tanaman pangan.
- Lase, P. I. 2021. *Pemanfaatan serbuk Cangkang Telur Ayam sebagai bahan tambahan pembuatan Paving Block*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. <http://repository.uinsu.ac.id/id/eprint/12014>
- Marcus, P. K. 2023. *Pemanfaatan Limbah Serat Kelapa Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Paving Block*. Skripsi. FAPERTA : Universitas Lampung. Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/78972>
- Mayasari, D., Yuhanah, T., dan Zuriatni, Y. 2022. Analisis Laju Infiltrasi Dan

Kekuatan Porous Paving Block Substitusi Fly Ash Dan Cangkang Kerang Darah. *POTENSI : Jurnal Sipil Politeknik*, 24(2), 78-85.

- Nahdi, F. J. 2020. *Paving Block Porous Dengan Tambahan Sekam Padi*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan : Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/20037>
- Poudel, E. M. K. 2023. *What is the density of sand? Density of dry, loose, packed, river & M sand*. Dream Civil. <https://dreamcivil.com/density-of-sand/>
- Pranoto, Y., Hashim, N. F., Tumingan, dan Purbaningtyas, D. 2023. Study on Mechanical and Durability Properties of East Borneo Double Layer Porous Concrete Paving Block. *Civil Engineering Journal*, 9, 152–162. <https://doi.org/10.28991/CEJ-SP2023-09-012>
- Pratama, F. U., Rahmawati, W., Wisnu, F. K., dan Suharyatun, S. 2023. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving block Porous. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(3), 345. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i3.7891>
- Putri, F. K., Hidayah, E., dan Ma'ruf, M. F. 2023. Enhancing stormwater management with low impact development (LID): A review of the rain barrel, bioretention, and permeable pavement applicability in Indonesia. *Water Science & Technology*, 87(9), 2345–2361. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.095>
- Rahmadyanti, E. 2003. Uji Kelayakan Pembuatan Paving Block Dari Timbunan Sampah TPA Keputih. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan*, Vol 4 No 4. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v4.i4.325>
- Ramadhani, I. S., dan Indradjati, P. N. 2023. Prinsip Penerapan Water Sensitive Urban Design pada Kawasan Perkotaan (Kasus Studi: Kecamatan Subang, Kabupaten Subang). *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 19(4). <https://doi.org/10.14710/pwk.v19i4.46134>
- Rolina, M., Kadir, S., dan Badaruddin, B. 2023. Analisis Infiltrasi Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Mandiangin Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 6(1), 125.
- Rommel, E. R. 2012. Pemakaian Fine Coarse Aggregate Sebagai Bahan Paving Tahan Aus (Fine Coarse Aggregate Usage As Raw Materials Of Abrasion Resistant Paving). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1113>
- Rosadi, I., Rahmawati, W., Warji, W., dan Suharyatun, S. 2023. Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Paving Block Porous. *Jurnal Agricultural*

*Biosystem Engineering*, 2(2), 231. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7468>

- Rozaimi, M. S. 2021. *Pengaruh Penambahan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block*. Skripsi. Fakultas Teknik : Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Satyarno, I., dan Tjokrodinuljo, K. 2007. Pemanfaatan Kulit Ale-Ale Sebagai Agrerat Kasar Dalam Pembuatan Beton. *In Civil Engineering Forum Teknik Sipil* (Vol. 17, No. 2, pp. 530-538).
- Sebayang, S., Diana, I. W., dan Purba, A. 2011. Perbandingan Mutu Paving Block. *Jurnal Rekayasa*, 15(2).
- Sembiring, A. C. dan Jetri Juli Saruksuk. 2017. Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Paving Block Dengan Bahan Pasir Kasar, Batu Kacang, Dan Pasir Halus. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima (JURITI PRIMA)*, 1(2). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1207331>
- Siddique, R. 2008. *Waste Materials and By-Products in Concrete*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74294-4>
- Sudarmanto, A., dan Buchori, I. 2014. Perbandingan Infiltrasi Lahan Terhadap Karakteristik Fisik Tanah, Kondisi Penutupan Tanah Dan Kondisi Tegakan Pohon Pada Berbagai Jenis Pemanfaatan Lahan. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 11(1), 1–13.
- Suharno. 1979. *Komposisi Kimia Sekam Padi*. Badan Penelitian Pascapanen Pertanian.
- Suparmoko, M. 2020. Konsep Pembangunan Berkelanjutan Dalam Perencanaan Pembangunan Nasional Dan Regional. *Jurnal Ekonomika dan Manajemen*, Vol. 9 No. 1, hlm. 39-50. <https://dx.doi.org/10.36080/jem.v9i1.1112>
- Umrisu, M. L., Pingak, R. K., dan Johannes, A. Z. 2018. Pengaruh Komposisi Sekam Padi Terhadap Parameter Fisis Briket Tempurung Kelapa. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 37–42. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i1.592>
- Utama, K. M., Warji, W., Rahmawati, W., dan Suharyatun, S. 2023. Pemanfaatan Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dan Batok Kelapa Sebagai Bahan Baku Paving Block. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2), 262. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7480>
- Wibowo, D. B. 2018. Pengukuran Distribusi Beban Telapak Kaki Manusia Saat Berdiri Tegak Menggunakan Sensor FSR 402. *ROTASI*, 20(1), 22. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.1.22-28>

- Wibowo, M. 2006. Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir*, 1 (1), 1–7.
- Winarno, H., Muhammad, D., dan Wibowo, Y. G. 2019. Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknik*, 11(1), 1067.  
<https://doi.org/10.30736/jt.v11i1.288>
- Yuhanah, T., Mayasari, D., dan Putri, P. S. 2021. Tinjauan Permeabilitas Dan Kuat Tekan Porous Paving Block Ramah Lingkungan Berbahan Campuran Limbah Plastik Dan Sisa Pengolahan Batu Marmer. *J. Teknol. Bahan dan Barang Tek*, 11(2).