

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI (*Tectona grandis*) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN DALAM PEMBUATAN PAVING
BLOCK POROUS**

(Skripsi)

Oleh

**Irfan Rosadi
1914071019**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI (*Tectona grandis*) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK POROUS

Oleh

**Irfan Rosadi
1914071019**

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI (*Tectona grandis*) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK POROUS

Oleh

Irfan Rosadi

Pertumbuhan pembangunan yang terus meningkat di setiap daerah mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air, untuk mengatasi hal tersebut diperlukannya membuat resapan buatan. Resapan buatan bertujuan untuk melestarikan air tanah sebagai sumber daya kehidupan tetap terjaga, salah satunya dengan menggunakan *paving block porous* sebagai alternatif perkerasan penutup permukaan tanah, sifatnya yang berpori dapat meneruskan air dengan baik ke dalam tanah. *Paving block* merupakan bahan bangunan yang tersusun dari semen portland, agregat, air, dengan atau tanpa bahan tambahan tetapi tidak menurunkan mutu *paving* itu sendiri. *Paving block porous* merupakan *paving block* yang terbuat dari bahan tambah berupa limbah biomassa, salah satunya yaitu serbuk gergaji kayu jati. Penelitian ini dilakukan untuk membuat *paving block porous* dengan standar mutu D, yang digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Komposisi bahan yang digunakan yaitu semen dan pasir (1:3), ditambah serbuk gergaji kayu jati pada perlakuan P1 sebanyak 2%, P2 sebanyak 4%, P3 sebanyak 6%, dan P4 sebanyak 8% dari berat total bahan 2,5 kg. Berdasarkan (SNI 03-0691-1996), ukuran *paving block* harus mempunyai ketebalan minimal 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$. Ukuran *paving block porous* yang dihasilkan sudah memenuhi standar SNI dengan panjang sisi 100 mm dan ketebalan bervariasi antara 56 – 72 mm. Hasil uji rata-rata perlakuan P1, P2, P3 dan P4 belum masuk kedalam standar SNI *paving* mutu D. Perlakuan P1 dengan variasi campuran serbuk gergaji kayu jati sebanyak 2% mempunyai nilai terbaik, dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 16,05 MPa dan sudah masuk ke dalam standar SNI mutu D, sedangkan nilai rata-rata daya serap air sebesar 6,89% dan sudah ke dalam standar SNI mutu D *paving block*.

Kata Kunci : *paving block porous*, resapan, serbuk gergaji, kayu jati, limbah.

ABSTRACT

UTILIZATION OF SAWDOW WASTE OF TEAK WOOD (*Tectona grandis*) AS A MIXING MATERIAL IN THE MAKING OF POROUS PAVING BLOCK

By

Irfan Rosadi

The continuous growth of development in each area leads to a decrease in the water reservoir area; to cope with this, it is necessary to create artificial reservoirs. Artificial resorption aims to preserve groundwater as a resource for life to remain awake. One way to do this is by using the porous paving block as an alternative to the hardening of the surface covering of the soil; its porous nature can carry the water well into the ground. Paving blocks are building materials consisting of portland cement, aggregate, and water, with or without additives that do not decrease the quality of the paving itself. Paving block porous is a paving block made of extra biomass waste materials, one of which is wood powder. This research was conducted to make the paving block porous to the D quality standard, which is used for gardens and other uses. The composition of the materials used is cement and sand (1:3), plus the powder of cement on treatment P1 as 2%, P2 as 4%, P3 as 6%, and P4 as 8% of the total weight of material at 2,5 kg. Based on SNI 03-0691-96, the size of the paving block must have a thickness of at least 60 mm with a tolerance of 8%. The size of the resulting porous paving block already meets the SNI standard, with a length of 100 mm on each side and a thickness varying between 56 and 72 mm. The average test results of P1, P2, P3, and P4 treatments have not entered the SNI standard for paving quality D. Treatment of P1 with a variation of the mixture of wood dredging powder of 2% has the best value, with a strong average value of 16.05 MPa and has already entered the SNI Quality D standard, while the average water absorption power value of 6.89% has been entered in the standard SNI Quality D paving block.

Keywords : *paving block porous, leachate, sawdust, teak wood, waste.*

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI
KAYU JATI (*Tectona grandis*) SEBAGAI BAHAN
CAMPURAN DALAM PEMBUATAN PAVING
BLOCK POROUS**

Nama Mahasiswa : **Irfan Rosadi**

No. Pokok Mahasiswa : **1914071019**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



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. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

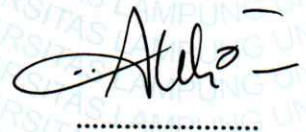
Ketua : **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc**



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



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Maret 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Irfan Rosadi dengan NPM 1914071019.

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, 31 Maret 2023
Yang membuat pernyataan



Irfan Rosadi

NPM. 1914071019

RIYAWAT HIDUP



Penulis lahir di Lampung Barat pada tanggal 02 Maret 2001 dan merupakan anak keempat dari pasangan Bapak Untung AR dan Ibu Romlah. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di MII Sukasari dari tahun 2007 sampai dengan tahun 2013. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 19 Pesawaran dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2016 dan melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Gedong Tataan dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjabat sebagai Staf Ahli (Badan PSDM) dan aktif terlibat dalam kegiatan kemahasiswaan Dewan Perwakilan Mahasiswa Universitas Lampung (DPM UNILA) tahun 2020/2021.

Penulis melaksanakan KKN pada bulan Januari sampai Februari 2022 di Desa Padang Manis, Kecamatan Waylima, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Selanjutnya pada bulan Juni sampai Agustus 2022 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Brigade Alat Mesin Pertanian Prov. Lampung dengan judul “Mempelajari Kinerja Traktor Roda 4 Merk New Holland TT45 dan Pembuatan Komponen Implemen Bajak di Brigade Alat Mesin Pertanian Prov. Lampung”.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Karya ini kutunjukkan kepada :

Kedua Orang Tua

Bapakku Untung AR dan Ibuku Romlah yang telah selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilanku

Ketiga Kakakku dan Adikku

Hamdi Hidayat, Nur Huda, Nur Hadi dan Maynida Khotimah yang telah memberikan motivasi, dukungan, semangat serta doanya.

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 “**Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis*) Sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Paving Block Porous**” merupakan salah syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

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

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Winda Rahmawati, S.TP.,M.Si.,M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing pertama penulis yang meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, motivasi dan nasihat selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah memberikan bimbingan, saran dan dorongan dalam proses penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Dr. Siti Suharyatun, S.T.P., M.Si., selaku dosen pembahas penulis yang telah memberikan kritik, koreksi dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Seluruh Staf Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Bapakku Untung AR, Ibuku Romlah, ketiga Kakakku Hamdi Hidayat, Nur Huda, Nur Hadi dan Adikku Maynida Khotimah, serta seluruh keluarga atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan.
9. Sahabatku Squad Gerald (Kholis, Wahyudi, Erwin, Dimas, Rizky, Ferdi, Dadang, Singgih, Komang, Bagus, Firnando, Alif, dan Zidan) yang menjadi tempat berbagi cerita dan memberikan semangat serta dukungan dalam penelitian hingga proses penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman terdekat dan seperjuangan skripsi (Asvi, Sindi, Tiara, Evita, Jaka, Dendi).
11. Keluarga Teknik Pertanian 2019 yang telah membantu dan menemani penulis selama perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini menjadi manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 31 Maret 2023

Penulis

Irfan Rosadi

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Hipotesis	5
1.6 Batasan Masalah.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pembangunan	6
2.2 <i>Paving Block Porous</i>	7
2.3 Bahan Penyusun <i>Paving Block Porous</i>	11
2.3.1 Agregat Halus (Pasir).....	11
2.3.2 Semen Portland	12
2.3.3 Air	13
2.4 Kayu Jati	14
2.4.1 Limbah Kayu Jati.....	16

2.5 Penelitian Terdahulu.....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu Dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	19
3.4 Rancangan Percobaan.....	22
3.5 Parameter Penelitian.....	23
3.5.1 Pengujian <i>Destructive</i>	23
3.5.1.1 Uji Kuat Tekan.....	23
3.5.2 Pengujian <i>Non Destructive</i>	24
3.5.2.1 Uji Daya Serap Air	24
3.5.2.2 Uji Laju Infiltrasi	25
3.5.2.3 Uji Densitas.....	26
3.5.2.4 Uji Tampak	27
3.6 Analisa Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 <i>Paving Block Porous</i>	28
4.2 Pengamatan <i>Destructive</i>	29
4.2.1 Uji Kuat Tekan.....	29
4.3 Pengamatan <i>Non Destructive</i>	32
4.3.1 Uji Daya Serap Air	32
4.3.2 Uji Laju Infiltrasi	35
4.3.3 Uji Densitas.....	38
4.3.4 Uji Tampak	41

V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat fisika <i>paving block porous</i>	8
2. Sifat sifat kayu jati	15
3. Perlakuan penelitian <i>paving block porous</i>	22
4. Rancangan percobaan <i>destructive</i>	22
5. Rancangan percobaan <i>non destructive</i>	23
6. Hasil uji ANOVA kuat tekan	31
7. Hasil uji BNT kuat tekan.....	32
8. Hasil uji ANOVA daya serap air	34
9. Hasil uji BNT daya serap air	35
10. Hasil uji ANOVA laju infiltrasi	37
11. Hasil uji BNT laju infiltrasi.....	37
12. Hasil uji ANOVA densitas	39
13. Hasil uji BNT serbuk gergaji kayu jati untuk pengujian densitas.....	40
14. Data awal <i>paving block porous</i> setelah penjemuran 28 hari.....	50
15. Data hasil pengujian kuat tekan <i>paving block porous</i>	51
16. Data hasil pengujian daya serap air <i>paving block porous</i>	51
17. Data hasil pengujian laju infiltrasi <i>paving block porous</i>	52
18. Data hasil pengujian densitas <i>paving block porous</i>	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bentuk <i>paving block porous</i> (SNI T-04–1990–F).	9
2. Pola pemasangan <i>paving block porous</i> (SNI T-04–1990–F).	9
3. Serbuk gergaji kayu jati.	14
4. Diagram alir penelitian.....	20
5. Alat <i>covection oven</i>	24
6. Laju infiltrasi <i>paving block porous</i>	25
7. Penimbangan massa <i>paving block porous</i>	26
8. Hasil penelitian <i>paving block porous</i>	28
9. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan.....	29
10. Proses perendaman <i>paving block</i> selama 24 jam.	32
11. Hasil rata-rata pengujian daya serap air.	33
12. Proses pengujian infiltrasi.	35
13. Hasil rata-rata pengujian laju infiltrasi.....	36
14. Proses pengukuran tinggi <i>paving block porous</i>	38
15. Hasil rata-rata pengujian densitas.	38
16. Strukur <i>paving block porous</i>	40
17. Hasil tampak <i>paving block porous</i> P1, P2, P3 dan P4.	42
18. Uji warna menggunakan RGB.	43
19. Hasil pengujian warna menggunakan RGB	43
20. Alat dan bahan.....	60
21. Cetakan <i>paving block porous</i> bentuk <i>hexagon</i>	60
22. Ayakan mesh 9.	60
23. Alat pres hidrolik.....	61
24. Penjemuran serbuk gergaji kayu jati.	61

25. Penyaringan serbuk kayu jati.	61
26. Penyaringan pasir.	62
27. Penimbangan pasir.	62
28. Penimbangan semen.	62
29. Penimbangan serbuk gergaji kayu jati.	63
30. Penakaran air.	63
31. Pencampuran dan pengadukan bahan.	63
32. Pengepresan <i>paving block porous</i>	64
33. Penjemuran <i>paving block porous</i>	64
34. Pengukuran diameter <i>paving block</i>	64
35. Pengovenan <i>paving block</i> 24 jam pada suhu 105°.	65
36. Alat <i>compression streng machine</i>	65
37. Proses pengujian kuat tekan.	65
38. Kondisi <i>paving block</i> setelah uji kuat tekan.	66
39. Pembuatan alat untuk uji infiltrasi.	66
40. Hasil <i>t grouping</i> pengujian kuat tekan.	66
41. Hasil <i>t grouping</i> pengujian daya serap air.	67
42. Hasil <i>t grouping</i> pengujian laju infiltrasi.	67
43. Hasil <i>t grouping</i> pengujian densitas.	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan di setiap wilayah kota maupun desa terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2010) dan (BPS, 2020), jumlah penduduk Indonesia di tahun 2010 sebanyak 237.641.326 jiwa, sedangkan tahun 2020 sebanyak 270.203.917 jiwa. Menurut perhitungan BPS laju pertumbuhan penduduk Indonesia di periode 2010 sampai 2020 adalah sebesar 3,26 juta jiwa atau 1,25% per tahun. Meningkatnya pertumbuhan penduduk dapat menyebabkan naiknya kebutuhan pembangunan, sehingga terjadi ketidaksesuaian dalam penggunaan lahan, hal ini dapat mengurangi daerah resapan air di setiap wilayah dengan pertumbuhan bangunan yang padat.

Daerah resapan air adalah daerah tempat air hujan meresap tanah yang kemudian menjadi air tanah. Bahkan semua tanah di muka bumi dapat menyerap air (Wibowo, 2006). Faktor yang paling mempengaruhi kondisi daerah resapan air adalah pola kondisi penggunaan lahan. Berkurangnya cadangan air disebabkan perubahan daerah yang semula merupakan daerah resapan air hujan menjadi lapisan kedap air seperti kompleks perumahan, tempat parkir, jalan aspal yang mengakibatkan permukaan tanah menjadi kedap air dan menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat meresap ke dalam tanah (Hastono, 2012).

Secara umum, proses penyerapan air terjadi melalui 2 proses yaitu infiltrasi (pergerakan air dari atas ke permukaan tanah) dan perkolasi (pergerakan air ke

bawah zona tidak jenuh menjadi zona jenuh air). Daya infiltrasi adalah laju infiltrasi semaksimal mungkin, yang ditentukan oleh kondisi tanah, sedangkan daya perkolasi adalah tingkat perkolasi maksimum yang mungkin, yang besarnya ditentukan oleh kondisi tanah di zona tidak jenuh (Wibowo, 2006). Secara kebutuhan air menjadi bermasalah jika jumlahnya lebih atau kurang. Kelebihan air dapat menyebabkan banjir, dan kekurangan air dapat menyebabkan terbatasnya persediaan air untuk memenuhi kebutuhan air. Banyak ahli penelitian di seluruh dunia telah menyimpulkan bahwa solusi untuk mengurangi masalah banjir dan kekeringan adalah dengan membuat resapan buatan (Purwantara, 2013).

Resapan buatan bertujuan untuk melestarikan air tanah sebagai sumber daya kehidupan tetap terjaga, mencegah penurunan permukaan air tanah dan mengurangi penenggelaman lahan atau resiko banjir. Secara umum berbagai cara yang dapat dilakukan untuk membuat resapan buatan antara lain dengan membuat parit, sumur resapan, kubangan ataupun cekungan di permukaan tanah dan pengairan atau irigasi, namun hal ini tidak berlaku untuk area yang sempit dan cukup padat (Mays, 2005). Karena alasan keindahan, banyak pengguna jasa konstruksi memilih *paving block* sebagai alternatif untuk menutupi atau mengeraskan permukaan tanah. Pemasangan *paving block* yang menyisakan celah pada sisi-sisi *paving* dapat meloloskan air hingga 30% - 50%, sehingga ketersediaan air di dalam tanah tetap lestari dan terjaga (Widari, 2015). *Paving block* banyak digunakan dalam konstruksi dan menjadi alternatif pilihan untuk perkerasan permukaan pada tanah. Kemudahan instalasi pemeliharaan relatif murah dan memenuhi aspek estetika yang membuat *paving block* lebih disukai. Umumnya *paving block* digunakan untuk perkerasan jalan dan trotoar. Selain itu, bisa juga digunakan di area khusus seperti area pelabuhan peti kemas (Adibroto, 2014).

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, agregat, air, dengan atau tanpa bahan tambahan lain, tetapi tidak mengurangi mutu *paving* itu sendiri (SNI 03-0691-1996). *Paving block* terdiri dari semen portland dan agregat halus, dalam pembuatannya bahan-bahan tersebut

dicampur dan diaduk dengan air sehingga saling berikatan (Febriani, 2022). *Paving block* memiliki banyak kelebihan baik dari segi kekuatan, kemudahan pembuatan dan implementasi. Bentuk dan ukuran *paving block* dirancang sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Beberapa keuntungan menggunakan *paving block* tahan lama, kinerja yang baik dalam kondisi penyelesaian, konstruksi sederhana, penyerapan air tinggi (Bakhtiar, 2009). Secara struktural *paving block* memiliki kekuatan yang cukup besar terutama pada kuat tekannya, namun seperti beton biasa *paving block* memiliki kelemahan yaitu kuat lenturnya rendah dan bersifat getas (*brittle*) serta mudah retak atau remuk (Basuki et al, 2019).

Penggunaan *paving block* pertama kali terjadi di Amerika Tengah, Amerika Selatan dan Afrika Selatan, kemudian pada tahun 1970-an diperkenalkan di Inggris Raya, Kanada, Australia dan Jepang. *Paving block* di Eropa berkembang cukup pesat karena berhasil mengeliminasi material tradisional ke dalam desain dan spesifikasi (Adha et al, 2018). *Paving block* mulai diperkenalkan dan digunakan di Indonesia pada tahun 1977/1978, dimulai dengan pemasangan trotoar di jalan Thamrin dan untuk terminal bus di Pulogadung, keduanya di Jakarta. Saat ini pemakaian *paving block* sudah hampir di seluruh kota besar yang ada di Indonesia, baik digunakan untuk tempat parkir maupun untuk jalan trotoar dan perkerasan jalan pada kompleks perumahan (Adibroto, 2014).

Paving block porous atau berpori adalah *paving block* yang dibuat dengan bahan tambah berupa campuran limbah biomassa. Fungsinya untuk mengeraskan permukaan tanah namun memiliki daya serap air yang baik (Febriani, 2022). Perkerasan berpori adalah metode alternatif untuk mengendalikan limpasan permukaan. Jenis-jenis perkerasan berpori meliputi aspal berpori, perkerasan berpori, perkerasan bata beton (*paving block*), dan sistem perkerasan kerikil. Perkerasan berpori memiliki jumlah pori yang besar dan mengurangi volume limpasan permukaan dengan membiarkan air permukaan terserap ke dalam perkerasan untuk kemudian mengalir ke dalam tanah dengan tingkat penyerapan yang tinggi (Nanda, 2015).

Paving block porous banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan menjadi alternatif pilihan lapisan perkerasan permukaan karena mudah dalam pemasangannya, relatif murah perawatannya dan memenuhi aspek estetika sehingga meningkatkan permintaan *paving block porous*. *Paving block porous* umumnya digunakan untuk perkerasan jalan, trotoar dan taman. Keunggulan dari *paving block porous* adalah memiliki daya serap air yang baik yaitu diatas 10% dibandingkan dengan *paving block* pada umumnya yang hanya memiliki daya serap air dibawah 10% (Febriani, 2022). Sehingga pada penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block porous*.

Kayu jati merupakan kayu dengan bahan berkualitas tinggi, kuat dan serbaguna. Umumnya kayu jati digunakan untuk berbagai keperluan industri seperti mebel dan peralatan masak, sedangkan serbuk gergajinya dapat dijadikan sebagai zat penyerap dan jarang yang memanfaatkannya. Kayu jati memiliki komposisi kimia yaitu selulosa 47,5%, lignin 29,9 %, dan zat lain (termasuk zat gula) 12% (Fengel et al, 1995). Komposisi kimia selulosa dan lignin yang diatas 25% diharapkan serbuk dari kayu jati sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block porous* mampu memiliki daya serap air yang tinggi, namun tidak mudah hancur atau membusuk dalam pemasangannya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh campuran limbah serbuk gergaji kayu jati terhadap *paving block porous*?
2. Bagaimanakah karakteristik *paving block porous* dengan campuran limbah serbuk gergaji kayu jati?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block porous*.
2. Mengetahui karakteristik *paving block porous* dengan bahan campuran limbah serbuk gergaji kayu jati.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi pembuangan dari limbah serbuk gergaji kayu jati.
2. Memberikan inovasi dalam pembuatan *paving block* dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan campuran.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah campuran bahan limbah serbuk gergaji kayu jati dapat mempengaruhi nilai kuat tekan, kemampuan daya serap air dan karakteristik fisik pada *paving block porous*.

1.6 Batasan Masalah

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

1. Pengujian hanya uji fisik dan uji mekanik (kuat tekan).
2. Tidak dilakukannya uji ketahanan aus.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangunan

Pertumbuhan penduduk yang cepat dapat berdampak pada pembangunan infrastruktur untuk memenuhi segala kebutuhan masyarakat itu sendiri. Infrastruktur yang dibangun dalam skala yang lebih besar dan dilakukan secara cepat dapat menyebabkan peningkatan volume air hujan yang meluap menjadi limpasan permukaan yang tidak maksimal terserap ke dalam tanah (Bagaskoro, 2021). Peralihan fungsi lahan menjadi kawasan pembangunan mengakibatkan bertambahnya luasan lapisan perkerasan jalan. Hal ini dapat mempengaruhi sistem hidrologi dimana air tidak dapat meresap ke dalam tanah dan memungkinkan limpasan permukaan menjadi lebih besar sehingga menimbulkan genangan atau banjir karena saluran air tidak memiliki kapasitas yang cukup untuk mengalirkan kelebihan air (Putri, 2019).

Daerah resapan air merupakan daerah dengan daya resapan yang tinggi. Daerah resapan air tanah berkaitan dengan tempat-tempat yang jika terjadi curah hujan yang turun di daerah tersebut, air akan masuk ke dalam tanah dan memberikan kontribusi untuk penambahan cadangan air tanah sementara atau permanen. Pendekatan yang digunakan untuk menentukan jumlah air yang masuk ke dalam tanah pada pergerakan vertikal air dengan menguji kapasitas infiltrasi tanah yang akan memasok air ke air tanah (Wiwoho, 2008).

Hujan yang jatuh ke tanah sebagian meresap ke dalam tanah dan menjadi infiltrasi yang diikuti dengan perkolasi. Media resapan air hujan dapat bersifat alami dan

buatan. Media resapan alami dapat berupa lahan hutan, lahan kosong, rerumputan, sawah, pekarangan, dll. Media resapan buatan dapat berupa sumur resapan air hujan (dangkal), sumur resapan air dalam, maupun kolam buatan. seperti waduk buatan dan danau (Purwantara, 2013).

2.2 Paving Block Porous

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi suatu bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03-0691-1996). Menurut (Basuki et al, 2019), *Paving block* merupakan salah satu alternatif produk bangunan yang digunakan untuk menutupi atau mengeraskan permukaan tanah. *Paving block* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi sebagai bahan penutup dan bahan konsolidasi permukaan tanah, tetapi biasanya perkerasan berpori digunakan untuk konsolidasi dan memperindah permukaan jalan seperti trotoar, halaman, taman, dan jalan multi-hunian.

Paving block yang dibuat secara manual termasuk ke dalam mutu beton kelas C atau D yaitu untuk pemakaian non struktural, seperti taman dan penggunaan lain, yang tidak untuk menahan beban berat di atasnya. Mutu *paving block* yang dibuat menggunakan mesin pres dapat diklasifikasikan ke dalam mutu beton kelas A sampai C dengan kuat tekan di atas 125 kg/cm^2 dan bergantung terhadap perbandingan campuran bahan yang digunakan dalam pembuatannya (Himawan, 1998).

Paving block harus memenuhi kualitas sebagai bahan bangunan yang akan digunakan sebagai pelapis perkerasan jalan. Kekuatan tekan merupakan salah satu karakteristik kualitas yang harus dimiliki *paving block*. Jika kuat tekan yang dihasilkan tinggi maka kualitas *paving block* juga akan semakin baik (Muliyasih, 2011). *Paving block* yang berkualitas baik akan memiliki nilai kuat tekan yang

tinggi yaitu antara 300 Kg/cm² hingga 350 Kg/cm² agar dapat menahan beban berat yang terletak di atasnya (Panjaitan, 2021). *Paving block* mempunyai banyak bentuk dan ketebalan. Biasanya *paving block* dibuat dengan panjang antara 200-250 mm dan lebar antara 100-112 mm. Sedangkan ketebalan dari *paving block* biasanya berkisar antara 60-100 mm (Andre, 2012).

Mutu *paving block* harus memenuhi persyaratan (SNI 03-0691-1996), tentang bata beton untuk lantai adalah sebagai berikut :

A. Sifat tampak

Sifat tampak *paving block porous* untuk lantai harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat cacat dan retak-retak, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

B. Bentuk dan ukuran

Bentuk *paving block porous* untuk lantai bergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen, sedangkan untuk ketebalan *paving block porous* harus memiliki tebal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

C. Sifat fisika

Paving blok porous untuk lantai harus mempunyai sifat fisika sebagai berikut :

Tabel 1. Sifat fisika *paving block porous*

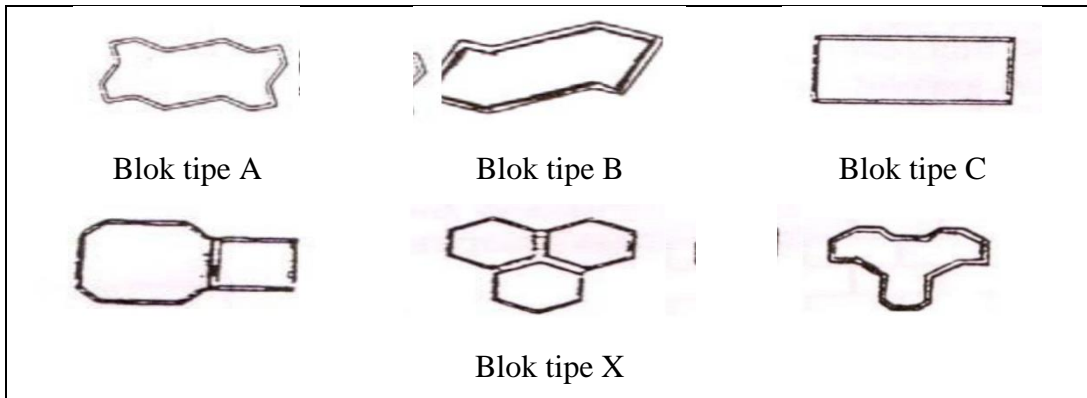
Mutu	Klasifikasi	Kuat tekan (MPa)		Katahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata(%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Jalan	40	35	0,09	0,103	3
B	Parkir	20	17	0,13	0,149	6
C	Pejalan kaki	15	12,5	0,16	0,184	8
D	Taman	10	8,5	0,219	0,251	10

Berdasarkan SK (SNI T-04-1990-F), klasifikasi *paving block* didasarkan pada bentuk, tebal dan warna. Adapun klasifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

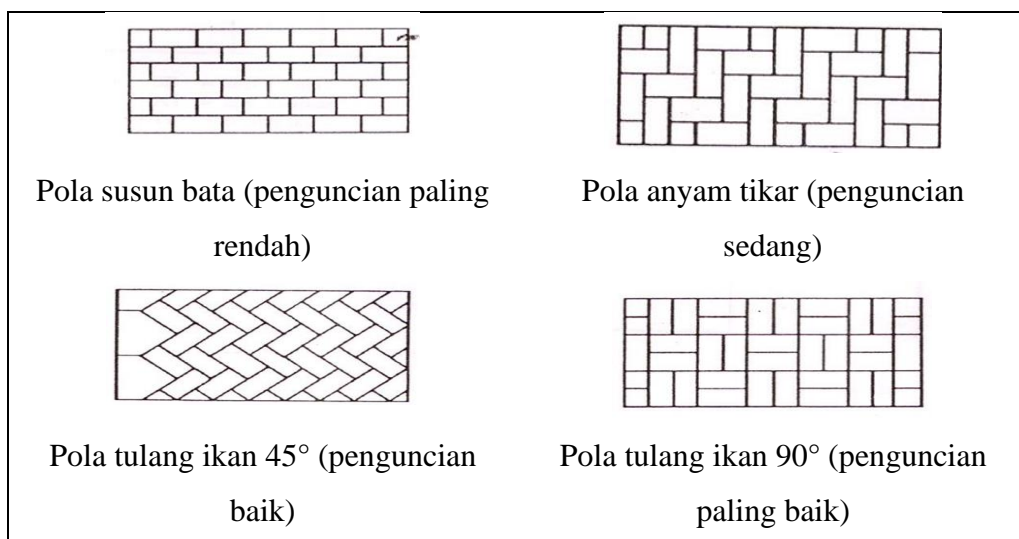
Bentuk *paving block porous* terbagi menjadi dua macam yaitu :

- a) *Paving block* bentuk segi empat
- b) *Paving block* bentuk segi banyak



Gambar 1. Bentuk *paving block porous* (SNI T-04-1990-F).

Pola pemasangan *paving block porous* sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola umum yang biasa dipergunakan yaitu susun bata (*strecher*), anyaman tikar (*basket weave*), dan tulang ikan (*herring bone*).



Gambar 2. Pola pemasangan *paving block porous* (SNI T-04-1990-F).

2. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Pemilihan bentuk dan ketebalan pada *paving block porous* harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya.

Ketebalan *paving block porous* ada tiga macam, yaitu :

- a) *Paving block porous* dengan ketebalan 60 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas ringan dan terbatas pada pejalan kaki.
- b) *Paving block porous* dengan ketebalan 80 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas sedang dan terbatas pada jenis transportasi seperti pick up, truk dan bus.
- c) *Paving block porous* dengan ketebalan 100 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat seperti: crane, loader, dan dipergunakan di kawasan industri atau pelabuhan.

3. Klasifikasi berdasarkan warna

Warna yang terdapat dipasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* berwarna bertujuan untuk menambah keindahan, juga dapat digunakan sebagai batas pada perkerasan, seperti tempat parkir.

Menurut (Lase, 2021), *paving block porous* mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya yaitu sebagai berikut :

1. Kelebihan *paving block porous* adalah sebagai berikut:

- a) Harga relatif lebih rendah daripada jenis perkerasan yang lain.
- b) Serapan air yang tinggi sehingga dapat mengurangi genangan air.
- c) Memiliki bentuk beragam sehingga *paving block porous* mempunyai banyak pilihan bentuk, dan memunculkan keindahan pada saat perkerasan dipasangkan.
- d) Pemasangannya mudah dan tidak harus menggunakan alat berat, sehingga dapat diproduksi secara massal.

2. Kekurangan *paving block porous* adalah sebagai berikut :

- a) Pemasangan *paving block porous* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak terlalu kuat.

- b) Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga *paving block porous* mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan permukaan pengkerasan yang tidak rata.

2.3 Bahan Penyusun *Paving Block Porous*

2.3.1 Agregat Halus (Pasir)

Pasir atau agregat halus adalah bahan pengisi yang digunakan dengan bahan pengikat dan air untuk membentuk campuran padat dan keras. Pasir yang dimaksud terdiri dari butiran mineral keras dengan ukuran partikel mulai dari 0,15 mm sampai 5 mm (Pangestuti, 2014). Agregat halus secara umum yang digunakan yaitu pasir alam sebagai hasil dari disintegrasi alami batu-batuan atau berupa pasir digali dari sungai. Ada beberapa jenis pasir, salah satunya adalah pasir pasang, pasir jenis ini memiliki partikel yang lebih halus daripada pasir beton dan dicirikan oleh kecenderungannya menggumpal setelah pemadatan dan tidak kembali ke bentuk aslinya. Pasir pasang sering digunakan untuk campuran pasir beton agar tidak terlalu kasar dan dapat digunakan untuk plesteran dinding dan biasa juga digunakan untuk membuat *paving block*.

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan ataupun kombinasi dari keduanya (SNI S 04-1989-F). Agregat halus adalah agregat dengan ukuran partikel maksimum 5,00 mm. Daya serap air pada agregat alam biasanya berkisar antara 0 sampai 4%. Namun, pada penelitian (Syifa, 2019), menggambarkan analisis database (299 set data), diperoleh nilai penyerapan air untuk agregat daur ulang berkisar antara 1,65% hingga 13,1%, dengan rata-rata 5,32%. Jika distribusi ukuran partikel agregat halus seragam maka volume pori akan meningkat, sebaliknya jika ukuran partikel tidak merata maka volume pori akan mengecil. Hal ini karena partikel-partikel kecil mengisi pori-pori di antara partikel-partikel besar sehingga pori-pori menjadi lebih kecil, dengan kata lain tingkat kompresinya tinggi (Bakhtiar, 2009).

2.3.2 Semen Portland

Semen merupakan salah satu bahan utama yang memiliki pengaruh terbesar terhadap kualitas pengerasan dan daya rekat bahan perkerasan jalan. Pencampuran semen dengan air menyebabkan proses kimia yang disebut proses hidrasi. Reaksi kimia antara trikalsium silikat (C_3S) dan dikalsium silikat (C_2S) dalam semen dan air menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH), panas, dan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). $Ca(OH)_2$ yang dihasilkan membuat larutan pori beton sangat basa, tidak larut dalam air, dan mengurangi kuat tekan beton (Widari, 2015).

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dibuat dengan cara menghancurkan klinker (kalsium silikat hidrolik), dan ketika dicampur dengan air dalam jumlah tertentu, bahan-bahan lain membentuk gumpalan, yang bergabung dan mengeras (Hambali, 2013). Bahan utama semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO_3), alumin (Al_2O_3), termasuk magnesium (MgO), yang dapat bersifat sedikit basa. Oksigen dapat ditambahkan ke besi untuk mengontrol komposisi, dan gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dapat ditambahkan untuk menyesuaikan waktu pengikatan semen (Basuki et al, 2019).

Jenis semen yang digunakan dalam pembuatan *paving block porous* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai kuat tekan beton, dalam hal ini perlu diketahui grade semen sesuai standarisasi di Indonesia. Berdasarkan SK (SSI 0031-81), semen portland terbagi menjadi lima tipe yaitu :

1. Tipe I *Ordinary Portland Cement* (OPC), semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
2. Tipe II *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Tipe III *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Tipe IV *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, kekuatan awal rendah.

5. Tipe V *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

2.3.3 Air

Air merupakan senyawa yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang sejauh ini dikenal di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi dan 1,4 triliun kilometer kubik tersedia di bumi. Menurut Basuki et al (2019), air yang terkandung dalam produksi campuran beton membantu meningkatkan dan meningkatkan kemampuan kerja beton. Jadi, jika air yang digunakan dengan jumlah banyak dalam pencampuran, maka beton akan menjadi encer dan memudahkan pekerjaan.

Air pada saat pengadukan diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan melumasi partikel agregat sehingga dapat dengan mudah diproses dan dipadatkan. Pada dasarnya, jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi adalah sekitar 25% dari berat semen. Meningkatkan kadar air mengurangi kekuatan setelah pengawetan (Winarno et al, 2019). Fungsi air antara lain sebagai bahan campuran semen dan agregat. Air harus bebas dari asam, basa dan minyak. Pada umumnya setiap air yang memenuhi syarat sebagai air minum, kecuali air minum yang berkadar sulfat tinggi, juga akan memenuhi syarat bila digunakan untuk membuat beton (Rangkuti, 2016).

Menurut Bakhtiar (2009), air merupakan unsur penting dalam produksi beton. Air diperlukan untuk membasahi agregat melalui reaksi kimia dengan semen dan untuk melumasi agregat untuk memudahkan pekerjaan. Berdasarkan (SNI S 04-1989-F), syarat air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak atau bahan tersuspensi lainnya yang terlihat secara visual.
3. Tidak mengandung padatan tersuspensi melebihi 2 g/L.

4. Mengandung 15g / L atau kurang garam terlarut dan zat yang merusak beton (asam, zat organik, dll.).
5. Sebagai SO_3 , kandungan klorida (Cl) tidak boleh melebihi 500 ppm dan senyawa asam sulfat tidak boleh melebihi 1000 ppm.
6. Dibandingkan dengan kuat tekan mortar dan beton yang menggunakan air suling, diteliti bahwa penurunan kuat tekan mortar dan beton yang menggunakan air adalah 10% atau kurang.
7. Semua air yang kualitasnya diragukan harus dianalisis dan dievaluasi secara kimiawi sesuai dengan penggunaannya.
8. Khusus untuk beton prategang, kecuali untuk kondisi di atas, tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

2.4 Kayu Jati

Kayu jati (*Tectona grandis*) adalah spesies kayu keras komersial yang sangat banyak digunakan karena memiliki sifat kayu cukup sangat baik (Lukmandaru, 2011). Kayu jati dengan nama ilmiah *Tectona grandis* memiliki berbagai jenis nama daerah diantaranya yaitu delek, dodolan, jate, jatih, jatos, tpsi dan kulidawa. Kayu jati merupakan salah satu kayu terbaik di dunia. Pohon jati tumbuh subur di daerah dengan curah hujan tahunan rata-rata 1200-2000 mm di musim kemarau dan di tanah bersarang pada ketinggian antara 0 dan 700 m. (Fengel et al, 1995).



Gambar 3. Serbuk gergaji kayu jati.

Kayu jati memiliki serat kayu halus berwarna yang awalnya abu-abu kecoklatan, berubah menjadi coklat dengan paparan sinar matahari dan udara yang lama. Butirnya lurus, kadang menyatu, dengan panjang serat rata-rata 1316 μm , diameter 24,8 μm , dan tebal dinding 3,3 μm adalah 3 sampai 7. per mm^2 . Karena sifat-sifatnya, kayu jati merupakan kayu yang paling banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Dalam industri perkayuan, kayu jati diolah menjadi kayu, kayu lapis, ataupun panel. Ada beberapa karakteristik kayu yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis kayu yang akan digunakan. Menurut Bakri et al (2012), kayu jati (*Tectona grandis*) merupakan salah satu jenis kayu yang cukup terkenal dan termasuk dalam kelas keawetan I. Ekstrak jati terdiri dari senyawa golongan terpenoid yaitu golongan poliprena dan kuinon. Kuinon sendiri termasuk dalam golongan fenol, yang pada jati terdiri dari golongan naftokuinon (laaxol, dehidrolapaxol) dan antrakuinon (tektokuinon).

Menurut Fengel et al (1995), Sifat jati meliputi sifat kimia, sifat fisik, sifat higroskopis dan sifat mekanik kayu, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat sifat kayu jati

No	Sifat	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis	kg/m^3	0,62-0,75(rata-rata 0,67)
2	Kadar Selulosa	%	47,5
3	Kadar Lignin	%	29,9
4	Modulus Elastis	kg/mm^3	127700
5	Kadar Pentosa	%	14,4
6	Kadar Abu	%	1,4
7	Kadar Silika	%	0,4
8	Serabut	%	66,3
9	Kelarutan dalam Alkohol Benzena	%	4,6
10	Kelarutan dalam Air Dingin	%	1,2
11	Kelarutan dalam Air Panas	%	11,1
12	Kelarutan dalam NaOH	%	19,8
13	Kadar Air Saat Titik Jenuh Serat	%	28
14	Nilai Kalor	kal/g	5081
15	Kerapatan	kal/g	0,44

2.4.1 Limbah Kayu Jati

Kayu jati menjadi salah satu jenis kayu komersial yang mempunyai nilai ekonomis tinggi dan banyak diminati hingga saat ini. Kualitas kayu jati sendiri sudah tidak diragukan lagi, mulai dari kekuatan, keawetannya, sehingga membuat kayu jati lebih populer di kalangan masyarakat meski harganya yang mahal. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2014) , produksi kayu jati di Indonesia sebesar 633192,12 m³. Pulau dengan produksi terbesar yaitu Pulau Jawa dengan produksi sebesar 0,55 juta m³ (87,08 %), Pulau Sulawesi sebesar 0,06 juta m³ (9,72 %), Pulau Sumatera sebesar 0,02 juta m³ (2,58 %). pulau Bali dan Nusa Tenggara sebesar 3,38 ribu m³ (0,53 %). Sedangkan sisanya sebesar 357,23 m³ (0,06 %) dan 228,67 m³ (0,04 %) dihasilkan di Maluku dan Papua serta Kalimantan. Kemudian untuk produksi total limbah serbuk kayu gergajian di Indonesia sebesar 3613443,50 m³.

Serbuk gergaji kayu jati adalah limbah berupa butiran serat kayu yang dihasilkan dari industri tempat penggergajian kayu atau usaha pengolahan kayu. Indonesia menjadi salah satu negara penghasil kayu terbesar di dunia, sehingga pada saat pengolahan kayu akan menghasilkan serbuk kayu, yang dimana serbuk kayu ini termasuk kedalam limbah yang belum maksimal untuk pemanfaatannya. Produksi total limbah serbuk gergaji kayu mencapai 2,6 juta m³ per tahun sehingga dapat di asumsikan jumlah limbah yang terbentuk sebanyak 54,24% dari produksi total kayu dan hal ini akan menghasilkan limbah serbuk gergaji kayu sebanyak 1,4 juta m³ per tahun (Pari, 2002).

2.5 Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan referensi pada penelitian ini, terdapat beberapa penelitian sejenis yang sebelumnya sudah dilakukan. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

Penelitian yang dilakukan oleh Febriani (2022), menunjukkan bahwa penambahan limbah ampas tebu dalam pembuatan *paving block* mempengaruhi nilai kuat tekan dan daya serap air yang dihasilkan. Semakin banyak penambahan ampas tebu, semakin rendah kuat tekan namun tinggi pada daya serap air. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan variasi pada perlakuan P1 dengan nilai terbaik dan paling mendekati ke dalam *paving block* standar SNI mutu D yang digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya, dengan nilai pengujian kuat tekan sebesar 18,18 MPa dan daya resap air sebesar 12,99%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Safira, 2016), menunjukkan bahwa penambahan kadar abu serbuk kayu jati mempengaruhi nilai dari daya serap air, keausan dan kuat tekan pada *paving block*. Berdasarkan hasil penelitian beliau, didapatkan kuat tekan tertinggi pada penambahan abu serbuk kayu jati sebanyak 18% dengan nilai rata-rata sebesar 33,5 MPa. Kemudian, daya serap air tertinggi pada variasi penambahan 20% dengan nilai rata-rata sebesar 7,02 % dan nilai untuk ketahanan aus terbaik pada variasi penambahan serbuk gergaji kayu jati 0% dengan nilai rata-rata sebesar 0,12 mm/menit.

Penelitian yang dilakukan oleh (Telaumbanua, 2016), menunjukkan bahwa penambahan *carbon curing* dapat meningkatkan kekuatan material dan menyebabkan permukaan lebih halus dikarenakan pori atau rongga tertutupi *carbon curing* dan dapat memperkecil daya serap air, sedangkan *paving block* konvensional memiliki daya serap air yang besar, disebabkan oleh adanya pori atau rongga yang menyerap air. Berdasarkan hasil penelitian beliau, didapatkan hasil terbaik untuk kuat tekan yaitu pada sampel V dengan penambahan *carbon ampas tebu* sebanyak 10% menghasilkan kuat tekan sebesar 10,7 MPa.

Penelitian yang dilakukan oleh (Putri, 2019), menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase beton *porous* pada *paving block* maka semakin rendah nilai densitas dan absorpsi. *Paving block* komposit memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 20,8 MPa dan daya serap air tertinggi pada variasi 0 dengan nilai rata-rata sebesar 4,25%.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2022 sampai Januari 2023, 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* bentuk *hexagon*, digunakan untuk mencetak *paving block*.
- b) Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan susun adukan *paving block*.
- c) Gelas ukur, digunakan untuk mengukur jumlah air yang digunakan.
- d) Ember, digunakan sebagai tempat pengadukan bahan.
- e) Triplek, digunakan sebagai tempat penyusunan *paving block porous* yang telah dicetak.
- f) Mesh 9, digunakan untuk menyaring pasir dan serbuk gergaji kayu jati.
- g) Sendok semen, digunakan untuk mengaduk campuran adonan *paving block*.

- h) *Compression strength machine*, digunakan untuk menguji kuat tekan *paving block*.
- i) *Convection oven*, digunakan untuk pengeringan *paving* pada saat uji daya serap air.
- j) Karet, digunakan sebagai tali untuk pengikat *paving block porous* pada saat uji infiltrasi.
- k) Plastik bening, digunakan sebagai lapisan atau wadah air dalam *paving block* pada saat uji infiltrasi.
- l) Alat tulis, sebagai alat mencatat kebutuhan penting selama penelitian.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Semen portland (Baturaja), digunakan sebagai pengikat bahan penyusun.
2. Pasir, digunakan sebagai bahan penyusun dalam *paving block*.
3. Air, digunakan sebagai pemicu terjadinya proses hidrasi bahan penyusun.
4. Serbuk gergaji kayu jati, digunakan sebagai pembuat pori pada *paving block porous*.

3.3 Prosedur Penelitian

Proses pembuatan *paving block porous* dengan campuran serbuk gergaji kayu jati adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram alir penelitian.

Pembuatan *paving block porous* dalam penelitian ini dilakukan menggunakan agregat kasar berupa limbah biomasa serbuk gergaji kayu jati harus disaring terlebih dahulu menggunakan mesh no. 9 dan dijemur hingga kering. Agregat halus yaitu berupa semen portland dan pasir serta dilakukan penambahan air secukupnya sebagai pengikat antar komposisi. Komposisi yang digunakan dalam pencampuran bahan yaitu 1 : 3 antara semen dan pasir. Setelah itu dilakukan pencetakan *paving block porous*, pada saat pencetakan dan tidak mengalami kesalahan teknis, bentuk *paving block porous* sama dengan bentuk cetakan, tidak mengalami kerusakan atau keretakan pada saat pencetakan. Setelah pencetakan selesai, *paving block porous* dijemur dengan cara diangin-anginkan dan pengondisian selama kurang lebih 28 hari, kemudian setelah itu *paving block porous* siap dilakukan pengujian untuk *destructive* dan *non destructive*.

Proses penjemuran *paving block porous* dilakukan selama 28 hari dan penjemuran tidak dilakukan di bawah sinar matahari langsung. Menurut (Aprilianti, 2019), apabila penjemuran *paving block* langsung di bawah sinar matahari akan dengan cepat menghilangkan kandungan air yang dibutuhkan bagi agregat dan semen dalam proses pengikatan, sehingga hal ini dapat menyebabkan kualitas *paving block* kurang baik, retak dan kerusakan pada permukaan *paving block*. Menurut (Rahmadyanti, 2003), penjemuran selama 28 hari bertujuan agar mendapatkan kekuatan maksimal pada *paving block*. Hal ini disebabkan karena kecepatan hidrasi semen mencapai maksimal pada waktu *paving block* berumur 28 hari. Setelah 28 hari, penambahan kekuatannya terjadi sedikit sekali, karena semakin tebal gel kalsium silikat hidrat terbentuk, maka semakin lambat proses hidrasi berlangsung.

Parameter keberhasilan harus melalui beberapa pengujian antara lain *destructive* yaitu uji kuat tekan dan *non destructive* yaitu uji daya serap air, uji laju infiltrasi, uji densitas dan uji tampak. Penelitian ini dilakukan untuk membuat *paving block porous* dengan standar mutu D, yang digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya. Berdasarkan (SNI 03-0691-1996), *paving block porous* dinyatakan lulus uji, apabila sampel yang diambil dari kelompok tersebut telah memenuhi

ketentuan klasifikasi mutu *paving block* sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

3.4 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan penelitian ini terbagi menjadi destruktif dan nondestruktif. Rancangan percobaan meliputi 4 taraf perlakuan yaitu P1, P2, P3 dan P4, dengan 5 ulangan untuk setiap perlakuan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) diikuti dengan ANOVA dan dilanjutkan BNT (program SAS). Penelitian ini membutuhkan 40 sampel *paving block* yang digunakan untuk pengujian *destructive* 20 sampel dan *non destructive* 20 sampel. Adapun perlakuan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Perlakuan penelitian *paving block porous*

No.	Perlakuan	Semen 1 : 3 Pasir (Gram)	Serbuk Gergaji (Gram)	Total (Gram)
1	P1	612,5 : 1837,5	2% (50)	2500
2	P2	600 : 1800	4% (100)	2500
3	P3	587,5 : 1762,5	6% (150)	2500
4	P4	575 : 1725	8% (200)	2500

Perlakuan penelitian ini menggunakan perbandingan semen dan pasir yaitu 1 : 3, sedangkan untuk serbuk gergaji kayu jati yang digunakan pada perlakuan P1 sebanyak 50 gram, P2 sebanyak 100 gram, P3 sebanyak 150 gram dan P4 sebanyak 200 gram dari berat total bahan 2500 gram.

Tabel 4. Rancangan percobaan *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 *non 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 komposisi *paving block porous* yang cocok dan baik untuk selanjutnya diteliti lebih lanjut. Hasil dari pra penelitian yang telah dilakukan, didapat komposisi untuk semen dan pasir yaitu menggunakan perbandingan 1 : 3, sedangkan untuk serbuk gergaji kayu jati yang digunakan yaitu perlakuan P1 sebanyak 2%, P2 sebanyak 4%, P3 sebanyak 6% dan P4 sebanyak 8%.

3.5.1 Pengujian *Destructive*

Destructive merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara merusak bahan uji, setelah itu akan muncul nilai dan informasi dari *paving block* yang diuji, karena sifatnya yang merusak maka *paving block* yang telah di uji tidak dapat digunakan kembali. Pengujian pada *destructive* yaitu kuat tekan yang dilakukan dengan menggunakan alat *Compression strength machine*.

3.5.1.1 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan *paving block porous* apakah sudah sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan yang telah direncanakan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada *paving block porous* yang sudah melewati proses penjemuran dengan cara di angin-anginkan selama 28 hari. Uji kuat tekan meliputi pengujian kekuatan *paving block porous* pada masing-masing sample

dari setiap perlakuan dengan cara diambil sampel uji yang telah siap, lalu ditekan menggunakan mesin *compression strength machine* hingga hancur. Kemudian data yang telah didapat dilakukan perhitungan menggunakan rumus kuat tekan susai dengan (SNI 03-0691-1996). Adapun rumus kuat tekan adalah sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{L} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm²)

3.5.2 Pengujian *Non Destructive*

Non Destructive merupakan pengujian yang dilakukan tanpa harus merusak bahan uji, setelah itu akan muncul nilai dan informasi dari *paving block* yang diuji, karena sifatnya yang tidak merusak maka *paving block* yang telah di uji dapat digunakan kembali. Pengujian pada *non destructive* yaitu daya serap air, laju infiltrasi, densitas dan tampak.

3.5.2.1 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan *paving block* dalam menyerap air sampai batas maksimum.



Gambar 5. Alat *covection oven*.

Pengujian dilakukan dengan cara merendam *paving* selama 24 jam, setelah itu ditimbang untuk mengetahui nilai berat basah. kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam dan ditimbang lagi untuk mengetahui nilai berat kering. Setelah mengetahui nilai berat kering dan berat basah pada *paving block porous*, selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus daya serap air sesuai dengan (SNI 03-0691-1996). 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

B = Berat *paving* kering

3.5.2.2 Uji Laju Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses meresapnya air ke dalam tanah melalui permukaan tanah secara vertikal. Sedangkan laju infiltrasi merupakan banyaknya air yang masuk melalui permukaan tanah persatuan waktu. Uji laju infiltrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa banyaknya *paving block porous* mampu meloloskan air.



Gambar 6. Laju infiltrasi *paving block porous*.

Pengujian infiltrasi dilakukan dengan cara menempelkan plastik bening di keliling sisi-sisi *paving block porous* kemudian diikat dengan karet. Letakan *paving block*

porous diatas baskom yang di sanggah oleh dua buah bambu. Volume air yang digunakan dalam uji ini yaitu 1000 ml. Pada saat air dituangkan ke atas permukaan *paving*, bersamaan dimulainya stopwatch untuk menghitung nilai kecepataannya, hingga air teresap semua. Kemudian dihitung berapa banyak air yang lolos untuk menentukan nilai volume. Setelah itu dimasukkan kedalam persamaan rumus menghitung infiltrasi. Adapun rumus infiltrasi adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{4V}{D^2\pi t} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

I = Laju infiltrasi (mm/s)

V = Volume air yang lolos (mm³)

D = Diameter paving (mm)

T = Waktu yang dibutuhkan meloloskan air (s)

3.5.2.3 Uji Densitas

Uji densitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapatan pada setiap *paving block*. Uji densitas dilakukan dengan cara menimbang berat *paving* dan menghitung volume *paving block porous*.



Gambar 7. Penimbangan massa *paving block porous*.

Densitas merupakan massa jenis suatu benda, dimana pengukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi nilai densitas rata-rata suatu benda, maka semakin

besar pula nilai massa setiap volumenya. Adapun rumus densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

ρ = Densitas (Kg/m³)

m = Massa (Kg)

v = Volume (m³)

3.5.2.4 Uji Tampak

Uji tampak dilakukan untuk mengetahui *paving block porous* memiliki permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Pengujian dilakukan dengan cara menyusun *paving block porous* pada permukaan yang rata mengikuti pola dan bentuk, kemudian di amati dan di foto dari atas.

3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan parameter yang diamati. Data dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan selanjutnya dilakukan uji lanjut BNT apabila uji anova menunjukkan perbedaan signifikan dengan menggunakan program aplikasi *Statistical Analysis System (SAS)*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Serbuk gergaji kayu jati berhasil dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block porous* dengan ketebalan bervariasi antara 56 – 72 mm. Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan, perlakuan P1 mempunyai nilai terbaik, dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 16,05 MPa dan nilai rata-rata daya serap air sebesar 6,89%.
2. Karakteristik *paving block porous* yang dihasilkan yaitu semakin sedikit campuran serbuk gergaji kayu jati, maka densitas semakin tinggi. Kemudian penambahan serbuk gergaji kayu jati berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, densitas, daya serap air dan laju infiltrasi. Kuat tekan tertinggi pada perlakuan P1 dengan rata-rata sebesar 16,05 MPa dan, sedangkan untuk daya serap air nilai tertinggi pada perlakuan P4 dengan rata-rata sebesar 16,62 % dan laju infiltrasi tertinggi pada perlakuan P4 dengan rata-rata sebesar 0,488 mm/s.

5.2 Saran

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut menggunakan jenis serbuk kayu yang berbeda dalam pembuatan *paving block porous*, untuk membandingkan kuat tekan dan daya serap air yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha et al. 2018. *Analisis Pengaruh Bentuk Paving Block Terhadap Kelendutan Perkerasan Jalan*. Universitas Islam Sultan Agung. Semarang. Jawa Tengah.
- Adibroto, F. 2014. Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat Pada Kuat Tekan Paving Block', *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1, p. 1.
- Andre. 2012. *Studi Sifat Mekanik Paving Block Terbuat dari Campuran Limbah Adukan Beton dan Serbuk Kerang*. Universitas Indonesia. Depok.
- Aprilianti, A. 2019. *Pemanfaatan Biji Plastik Jenis PP (Polypropylene) Sebagai Substitusi Agregat Pada Bata Beton (Paving Block)*. UII. Yogyakarta.
- Bagaskoro, M. 2021. Analisis Laju Infiltrasi Dengan Metode Penggenangan (Fooding) dan Karakteristik Tanah di Kabupaten Sampang, Madura. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), pp. 478–488.
- Bakhtiar, A. 2009. Studi Peningkatan Mutu Paving-block dengan Penambahan Abu sekam Padi. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2).
- Basuki et al. 2019. Paving Block Berbasis Abu Gosok Indra. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 5(1), pp. 1–7.
- BPS. 2010. *Jumlah Penduduk Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. Available at: <https://sensus.bps.go.id/main/index/sp2010>.
- BPS. 2014. *Statistik Produksi Kehutanan*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- BPS. 2020. *Jumlah Penduduk Indonesia*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. Available at: <https://sensus.bps.go.id/main/index/sp2020>.
- BSN. 1981. *SSI 0031-81 : Mutu dan Cara Uji Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 1974. *03 : Pengertian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 1990. *SNI T-04-1990-F : Tata Cara Pemasangan Blok Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 1996. *SNI 03-0691-1996 : Tentang Bata Beton (Paving Block)*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

- BSN. 1989. *SNI S 04-1989-F : Perencanaan Campuran Dan Pengendalian Mutu Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Febriani, A.P. 2022. *Penggunaan Limbah Ampas Tebu (Saccharu officinarum) Sebagai Bahan Baku Pembuat Pori Pada Paving Block Porous*. FAPERTA : Universitas Lampung. Lampung.
- Fengel et al. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hambali et al. 2013. Paving Block Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(4), pp. 14–21.
- Hastono, D.F. 2012. Identifikasi Daerah Resapan Air Dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang). *Jurnal Geodesi Undip*, 1(1).
- Himawan, R.P. 1998. *Analisis Kuat Tekan Paving Block Dengan Campuran Minarex*. UMP. Jawa Tengah.
- Lase, P.I. 2021. *Pemanfaatan serbuk Cangkang Telur Ayam sebagai bahan tambahan pembuatan Paving Block*. UIN SU. Sumatera Utara.
- Lukmandaru, G. 2011. Komponen Kimia Kayu Jati Dengan Pertumbuhan Eksentris. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 5(1), pp. 21–29.
- Mays, T.D. 2005. *Grounwater Hydrology Third Edition*. John Wiley and Sons. New York.
- Muliyasih, S. 2011. *Pembuatan Paving Block dengan menggunakan Limbah Las Karbit sebagai Bahan Aditif dengan Perekat Limbah Padat Abu Terbang Batubara (Fly Ash) Pitu Labuhan Angin Sibolga*. USU. Medan.
- Nanda, R. 2015. *Kapasitas Infiltrasi Tanah Timbunan Dengan Tutupan Paving Block (Uji Model Laboratorium)*. UMM. Makassar. Sulawesi Selatan.
- Nopiyanti et al. 2007. Pengaruh Penambahan Serat Bambu Pada Pembuatan Bata Beton Dalam Kaitannya Dengan Kuat Tekan Sni 03-0349-1989. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), pp. 9–9.
- Pangestuti, E.K. 2014. Pengaruh Penambahan Limbah Pembakaran Ampas Tebu Pada Paving Terhadap Jenis Semen PPC dan PCC. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 16(2), pp. 125–134.
- Pari, G. 2002. *Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu*. IPB. Bogor.
- Purwantara, S. 2013. Resapan Buatan, Solusi Mengatasi Problema Air', *Informasi*, 39(2).
- Putri, E. 2019. Sifat Fisik Paving Block Komposit sebagai Lapis Perkerasan Bebas Genangan Air (Permeable Pavement). *Jurnal Teknik*, 13(1), pp. 1–18.
- Rahmadyanti, E. 2003. Uji Kelayakan Pembuatan Paving Block Dari Timbunan Sampah TPA Keputih. *Jurnal Purifikasi*, 4(4), pp. 163–168.
- Rangkuti. 2016. *Kajian Eksperimental Bata Beton (Paving Block) Menggunakan*

- Abu Vulkanik Erupsi Gunung Sinabung Sesuai Sni 03-0691-1996*. USU. Medan.
- Safira, I.A. 2016. *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jatiterhadap Daya Serap Air, Keausan Dan Kuat Tekan Pada Paving Block*. UII. Yogyakarta.
- Saputra, S.H. 2015. Pengaruh Konsentrasi Serat Sagu Dan Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Paving Blok. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 9(2), pp. 129–137.
- Syifa, D. 2019. PABLOCK : Paving Block Dengan Bahan Tambah Limbah Kertas. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 2(1), pp. 2017–2020.
- Telaumbanua, N. 2016. *Pemanfaatan Carbon Curing Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambahan Dalam Campuran Bata Beton (Paving Block) Ditinjau dari Daya Serap Air dan Kuat Tekan*. Universitas STKIP PGRI. Jakarta.
- Trisna, H. 2012. Analisis Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Serat Ijuk Dengan Penambahan Boraks (Dinatrium Tetraborat Decahydrate). *Jurnal Fisika Unand*, 1(1).
- Wibowo, H. 2010. Laju Infiltrasi Pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Study Kasus Sei Raya Dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Belian*, 3(1), pp. 90–103.
- Wibowo, M. 2006. Model Penentuan Kawasan Resapan Air untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 1(1).
- Widari, L.A. 2015. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *Teras Jurnal*, 5(1).
- Winarno et al. 2019. Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknika*, 11(1), pp. 1067–1070.
- Wiwoho, S.B. 2008. *Analisis Potensi Daerah Resapan Air Hujan Di Sub Das Metro Malang Jawa Timur*. Universitas Negeri Malang. Jawa Timur.