



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

TUGAS AKHIR

**PENGARUH AIR HUJAN BUATAN TERHADAP AMBLESAN PADA
LAPISAN PERKERASAN *PAVING BLOCK***

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun oleh :

Muhamad Aji Khanafi

30.2017.00.04

Ackmal Iskandar

30.2017.00.08

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2023



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH AIR IIUJAN BUATAN TERHADAP AMBLESAN PADA
LAPISAN PERKERASAN BLOCK**



Oleh



Muhamad Aii Khanafi
30201700004

Ackmal Ise:andar
30201700008

Disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal 07 Agustus 2023

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II, Dosen Pembanding,

Jr. 11. Rachmat Mudiyono, MT., Ph. D

Dra. Nafiah, M.Si

Lisa Fitriana, T., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor: 19/A.2/SA-T/IV/2023

Pada hari ini Senin, 7 Agustus 2023 berdasarkan Surat Keputusan Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang Nomor: 19/A.2/SA-T/IV/2022 Tanggal 2 Februari 2023 perihal penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir I dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir II, bersama ini kami :

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
2. Nama : Dra. Nafiah, MSi
Jabatan Akademik : Assisten Ahli

Menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

1. Nama/NIM : Muhamad Aji Khanafi - 30201700004
2. Nama/NIM : Ackmal Iskandar - 30201700008

Telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul

“Pengaruh Air Hujan Buatan Terhadap Amblesan Pada Lapisan Perkerasan *Paving Block*” dengan tahapan sebagai berikut:

NO	Tahapan	Tanggal
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	26 Februari 2021
2	Konsultasi Pengambilan Tugas Akhir	16 Maret 2021
3	Penyusunan Laporan Tugas Akhir	April – Juli 2021
4	Seminar Proposal Tugas Akhir	2 Februari 2023
5	Seminar Tugas Akhir	7 Agustus 2023

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I,
Dosen Pembimbing I,

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II,

Dra. Nafiah, MSi

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Muhamad Aji Khanafi
NIM 30201700004
2. Nama : Ackmal Iskandar
NIM 30201700008

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

“Pengaruh Air Hujan Buatan Terhadap Amblesan Pada Lapisan Perkerasan *Paving Block*”

adalah merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri dan benar bebas dari plagiarisme. Kami tidak mencantumkan pendapat-pendapat, rumus-rumus tanpa merujuk pada publikasi-publikasi yang telah ada sebelumnya atau yang telah ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal: 07 Agustus 2023

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Muhamad Aji Khanafi

30201700004

Ackmal Iskndnr

30201700008

MOTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلَ الْكُتُبِ لَكُنْ خَيْرًا لَّهُمْ ۗ عَلَيْهِمُ الْمُؤْمِنُونَ وَالْكَافِرُونَ

Artinya :

“Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.” (QS. Al Imran :110)

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اصْبِرُوا وَصَابِرُوا وَرَابِطُوا وَاللَّهُ سَعِيدٌ عَلِيمٌ

Artinya:

“Wahai orang-orang yang beriman, bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap-siaga dan bertakwalah kepada Allah agar kamu beruntung,” (QS. Ali Imran: 200).

لَا تَعْلَمُ أُمَّةٌ مِّنْ عِبَادَةِ اللَّهِ خَيْرٌ مِّنْ عِبَادَةِ اللَّهِ

Artinya:

Nabi Muhammad SAW bersabda : “Sungguh sekiranya engkau melangkahkan kaki di waktu pagi (maupun petang) kemudian mempelajari satu ayat dari Kitab Allah (Al-Qur'an), maka pahalanya lebih baik daripada ibadah satu tahun”. (HR. Tirmidzi)

Semarang, 07 Agustus 2023

Muhamad Aji Khanafi

Ackmal Iskandar

PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmannirohiim,

Alhamdulillahirobbil'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Air Hujan Buatan Terhadap Amblesan Pada Lapisan Perkerasan *Paving Block*”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada kepada:

1. Keluargaku yang aku sayangi dan cintai, Bapak Lalang Sudiran dan Ibu Kamtini serta Kakakku Chisti Utami, Sofiyanti Dian Lutfiani dan saudara-saudaraku, untuk semua doa,motivasi,dukungan dan semangat yang selalu ada selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph. D. dan Ibu Dra. Nafiah Msi, yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
4. Saudara Ackmal Iskandar. rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan, dan saudara seiman.
5. Untuk teman-teman Angkatan 2017 Fakultas Teknik UNISSULA khusus Sedulus Sipil A 2017 yang selalu menghibur saat kesusahan dalam penyusunan laporan ini dengan memberikan dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Dan terima kasih untuk temanku Arga Rosantika, Alvina Rosyika Hanum, Farikha Aji Wicaksana, yang sudah membantu dan mensupport dalam mengerjakan Tugas Akhir

7. Sahabat – sahabat saya dalam group nocturnal Tegar Wahyu Prananda, Ridho Ismoyo Jati, Bogi Nugraha, Ariski Setiawan, Addin Surya, Aditya Hanip Wicaksana, Ajib faridzi Alfian, Agustian Sandi Wibowo, Arie Kurniawan, Cholid Asadicki, Dicky Khoirul Fakhri, Argo Yusfiantoro, Hanif Oktafiano D, Rizki Bhagawanta P, Djafar Alim Maulana, Bima Setiadi, Abdul Rochim, Dwi Joko Witoyo, Farah Nurul Rakhima, Diannery Vivi Viona, Citra Dian P, yang telah membantu dan memberikan saya dorongan motivasi selama ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.



Semarang, 07 Agustus 2023

Muhamad Aji Khanafi

PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismilliahirrohmannihoim,

Alhamdulillahirobbil'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Air Hujan Buatan Terhadap Amblesan Pada Lapisan Perkerasan *Paving Block*”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta, H. Bapak Nur Rahmad dan Hj. Ibu Eny Isrokhayati yang senantiasa selalu memberikan do'a, kasih sayang, dorongan motivasi, semangat dan dukungan secara moral maupun secara materiil.
2. Adik saya tercinta Marizka Rahmadani yang selalu memberikan do'a dan dukungan secara moral maupun secara materiil.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph. D. dan Ibu Dra. Nafiah Msi, yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudara Muhamad Aji Khanafi rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan, dan saudara seiman.
6. Untuk teman-teman Angkatan 2017 Fakultas Teknik UNISSULA khusus Sedulur Sipil A 2017 yang selalu menghibur saat kesusahan dalam penyusunan laporan ini dengan memberikan dukungan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

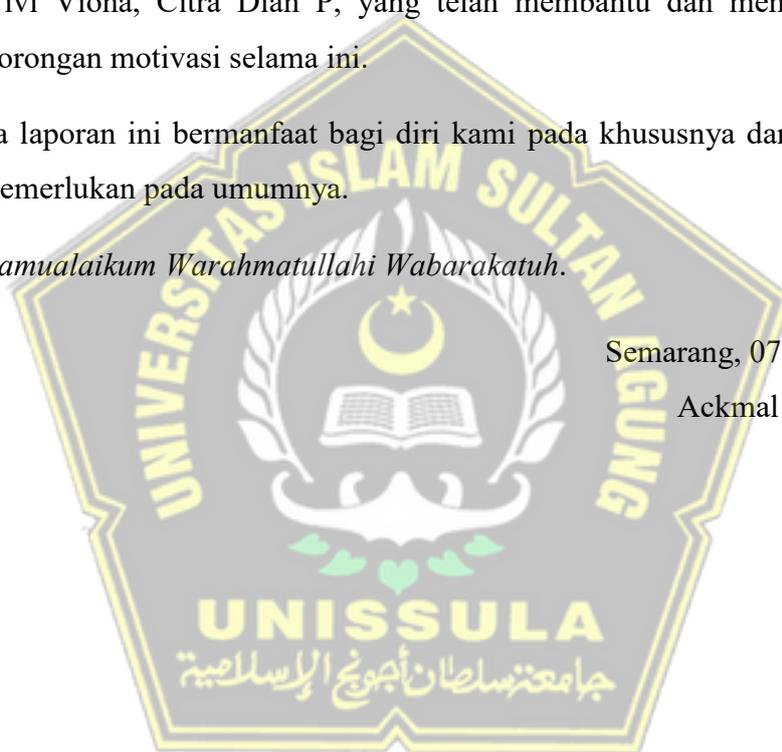
7. Dan terima kasih untuk temanku Arga Rosantika, Alvina Rosyika Hanum, Farikha Aji Wicaksana, yang sudah membantu dan mensupport dalam mengerjakan Tugas Akhir.
8. Sahabat – sahabat saya dalam group nocturnal Tegar Wahyu Prananda, Ridho Ismoyo Jati, Bogi Nugraha, Ariski Setiawan, Addin Surya, Aditya Hanip Wicaksana, Ajib faridzi Alfian, Agustian Sandi Wibowo, Arie Kurniawan, Cholid Asadicki, Dicky Khoirul Fakhri, Argo Yusfiantoro, Hanif Oktafiano D, Rizki Bhagawanta P, Djafar Alim Maulana, Bima Setiadi, Abdul Rochim, Dwi Joko Witoyo, Farah Nurul Rakhima, Diannery Vivi Viona, Citra Dian P, yang telah membantu dan memberikan saya dorongan motivasi selama ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 07 Agustus 2023

Ackmal Iskandar



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Air Hujan Buatan Terhadap Amblesan Pada Lapisan Perkerasan *Paving Block*”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucpkan terima kasih kepada kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Ruli Ahyar, ST.,M.Eng selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
4. Ibu Dra. Nafiah Msi., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
5. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masi banyak kekurangan baik isi maupun susunan dalam penulisan. Semoga Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi kita semua dan tidak hanya bagi penulis saja.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, 07 Agustus 2023
Muhamad Aji Khanafi
Ackmal Iskanda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGSAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian	1
1.4 Batasan Masalah	1
1.5 Sistematika Penulisan	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pentingnya jalan diperkeras pada lapisan-lapisan jalan.....	3
2.1.1 Perkerasan lentur.....	3
2.1.2 Perkerasan kaku	4
2.1.3 Perkerasan komposit	5
2.1.4 Perkerasan paving block.....	5
2.2 Lapisan Pakerasan Paving Block.....	6
2.2.1 <i>Subgrade</i>	6
2.2.2 <i>Subbase course</i>	8
2.2.3 <i>Base course</i>	8
2.2.4 <i>Bedding Sand</i>	8
2.2.5 <i>Paving Block</i>	9
2.3 Sub base course.....	13
2.3.1 <i>Kadar air</i>	13
2.3.2 <i>Gradasi</i>	13
2.3.3 <i>Ketebalan</i>	14
2.4 Pengertian Erosi	14

2.5	Faktor yang mempengaruhi laju erosi.....	15
2.5.1	Faktor Iklim.....	16
2.5.2	Faktor Tanah	16
2.5.3	Erosi Vegetasi	17
2.10.	Tingkat Bahaya Erosi (TBE)	17
2.11.	Proses Terjadinya Erosi	18
2.12.	Penurunan Tanah (<i>Land Subsidence</i>).....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1.	Tahapan Penelitian.....	24
3.2.	Metode Pengumpulan Data	25
3.2.1.	Alat Uji Penelitian.....	25
3.2.2.	Bahan Uji Penelitian	25
3.2.3.	Langkah-Langkah Penelitian	28
3.2.4.	Desain Simulasi Alat Uji.....	32
3.3.	Metode Pengolahan Data	34
3.4.	Metode Analisis Data.....	35
3.5.	Bagan Alur Penelitian.....	36
3.6.	Skenario langkah-langkah eksperimen.....	36
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1	Peninjauan Lokasi	38
4.2	Analisis Gaya Vertikal.....	39
4.2.1	Data Bahan Uji yang digunakan	40
4.2.2	Perhitungan cawan	41
4.2.3	Perhitungan Vertikal	41
4.3	Hasil Analisa Penurunan Terhadap Gaya Vertikal	43
4.4	Hasil analisis pengaruh kadar air lapisan dasar terhadap penurunan	45
BAB V KESIMPULAN		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		50
LAMPIRAN.....		51



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rata- Rata Data Uji <i>Paving Holland</i>	41
Tabel 4. 2 Hasil Berat Cawan	42
Tabel 4. 3 Hasil Percobaan Gaya <i>Vertical</i>	43
Tabel 4. 4 <i>Vertical push in test</i> pada <i>paving holland</i> ditekan dengan 170 kg/cm. 45	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Potongan melintang perkerasan jalan lentur.....	4
Gambar 2. 2 Potongan melintang perkerasan jalan kaku (Beton).....	5
Gambar 2. 3 <i>Block Pavement</i> /Perkerasan <i>Paving block</i>	6
Gambar 2. 4 Lapisan <i>Paving Block</i>	7
Gambar 2. 5 Distribusi Beban.....	7
Gambar 2. 6 Ketebalan <i>Paving Block</i>	9
Gambar 2. 7 Pola Penyusunan <i>Paving Block</i>	10
Gambar 2. 8 Bentuk <i>Paving Block</i> Sesuai Kategori	11
Gambar 2. 9 Bentuk <i>Paving Block</i>	12
Gambar 2. 10 Fase Penurunan Muka Tanah	20
Gambar 3. 1 <i>paving block</i> bentuk <i>holland</i>	25
Gambar 3. 2 <i>base course</i> dan pasir	26
Gambar 3. 3 Air.....	26
Gambar 3. 4 Alat-alat yang digunakan	28
Gambar 3. 5 Pengisian <i>Base course</i> tebal 20 cm	29
Gambar 3. 6 Pengisian pasir tebal 5 cm	29
Gambar 3. 7 Pemasangan <i>paving holland</i>	30
Gambar 3. 8 Pengisian <i>jointing sand</i>	30
Gambar 3. 9 Pemasangan benang diatas permukaan paving	31
Gambar 3. 10 Persiapan <i>push in test</i>	31
Gambar 3. 11 Pengukuran jarak.....	32
Gambar 3. 12 Pencampuran variasi air	32
Gambar 3. 13 Eksperimen tekan tampak isometri	33
Gambar 3. 14 Pola penataan <i>basket wave</i>	35
Gambar 3. 15 Pola penataan <i>Herringbone</i>	35
Gambar 4. 1 Tinjauan lokasi I.....	39
Gambar 4. 2 Tinjauan lokasi II	39
Gambar 4. 3 <i>Paving block Holland</i>	40
Gambar 4. 4 <i>Paving block</i> yang akan diuji	42

Gambar 4. 5 Sebelum diberi gaya vertical pada *paving holland* 43
Gambar 4. 6 Sesudah diberi gaya vertical pada *paving holland*..... 44
Gambar 4. 7 Beda tinggi pada paving setelah ditekan 45



PENGARUH AIR HUJAN BUATAN TERHADAP AMBLESAN PADA LAPISAN PERKERASAN *PAVING BLOCK*

ABSTRAK

Sering dijumpai berbagai masalah pada pekerjaan konstruksi seperti kerusakan perkerasan jalan yang diakibatkan tanah dasar (*subgrade*) yang kurang mampu menahan beban. Penelitian mengenai struktur perkerasan paving block banyak dilakukan seiring perkembangannya. Di Indonesia masih belum banyak dikembangkan penelitian mengenai perilaku paving block sebagai bahan perkerasan. Peneliti ini untuk mengetahui kadar air dapat mempengaruhi *subgrade* pada paving block. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh air hujan buatan terhadap amblesan dan mengetahui perbandingan amblesan perkerasan jalan paving block pada musim kemarau dan penghujan.

Tahapan penelitian yaitu tahapan identifikasi, tahapan pengumpulan data dan pengolahan data, tahapan pelaksanaan, serta tahapan analisa dan kesimpulan. Tahap identifikasi pada tahap ini dimulai dengan cara merumuskan masalah dari latar belakang yang telah diambil lalu menentukan topik penelitian yang akan dibahas. Tahap pengumpulan data dan pengolahan data pada penelitian ini yaitu data dari eksperimen pengaruh air hujan terhadap amblesan pada perkerasan paving block. Tahapan pelaksanaan pada tahap ini yaitu menyiapkan bahan-bahan untuk melakukan kegiatan penelitian, untuk eksperimen uji tekan pertama dengan variasi keadaan kering tanpa tambahan air, lalu tambahkan air 10 liter, 20 liter, dan terakhir 30 liter. Tahapan analisa dan kesimpulan dari hasil data yang didapat untuk mengetahui pengaruh air hujan terhadap amblesan perkerasan paving block. Terakhir menyimpulkan hasil dari penelitian serta memberikan saran dan masukan yang telah dilaksanakan.

Hasil kuat tekan vertical pada air 0 liter pada saat kering di tekan kuat tekan sebesar 170kg/cm atau 2300 psi, dengan air 10 liter memiliki kuat tekan sebesar 170kg/cm atau 2234 psi, pada air 20 liter memiliki kuat tekan 170kg/cm atau 2284 psi, penambahan air 30 liter memiliki kuat tekan 170kg/cm atau 2550 psi. Pada pola peletakan balutan rapat dengan air 0 liter, 10 liter, 20 liter, 30 liter, tebal 6 cm. Lapisan dasar dengan keadaan kering air 0 liter mengalami penurunan 2 cm setelah ditekan dengan vertical creep, sedangkan pada penambahan air 10 liter mengalami penurunan 4 cm, untuk penambahan air 20 liter mengalami penurunan 7 cm, dan saat penambahan air 30 liter mengalami penurunan 9 cm. Setiap penambahan air 10 liter dapat mengalami penurunan 2 cm penurunan pada uji 0 liter sampai 30 liter. Semakin banyak penambahan air yang tercampur pada tanah maka penurunan pada tanah akan semakin dalam jika ditekan menggunakan vertical creep pada vertical force test maupun push in test paving block.

Kata kunci: Paving block, perbandingan, penurunan

THE EFFECT OF ARTIFICIAL RAINWATER ON SUBSCRIPTION OF PAVEMENT BLOCK LAYERS

ABSTRACT

Various problems are often encountered in construction work such as damage to road pavement which results in subgrades that are less able to withstand loads. Research on paving block pavement structures has been carried out in line with its development. In Indonesia, there has not been much research on the behavior of paving blocks as a pavement material. This research is to determine the water content can affect the subgrade in paving blocks. This study aims to determine the effect of artificial rainwater on subsidence and to determine the subsidence ratio of paving block pavement in the dry and rainy seasons.

The stages of the research are the stages of collection, the stages of data collection and data processing, the stages of implementation, as well as the stages of analysis and conclusions. The mentoring stage at this stage begins by formulating the problem from the background that has been taken and then determining the research topic to be discussed. The stages of data collection and data processing in this research are data from experiments on the effect of rainwater on subsidence on paving block pavements. The implementation stage at this stage is to prepare materials to carry out research activities, for the first pressure test experiment with variations in dry conditions without additional water, then add 10 liters, 20 liters and finally 30 liters of water. Stages of analysis and conclusions from the results of the data obtained to determine the effect of rainwater on paving block pavement subsidence. The last concludes the results of the research and provides suggestions and input that have been implemented.

The results of the vertical compressive strength in 0 liter water when dry are pressed strongly by 170 kg/cm or 2300 psi, with 10 liters of water it has a compressive strength of 170 kg/cm or 2234 psi, in 20 liters of water it has a compressive strength of 170 kg/cm or 2284 psi, the addition of 30 liters of water has a strong pressure of 170kg/cm or 2550 psi. In the pattern of laying tight dressings with water 0 liters, 10 liters, 20 liters, 30 liters, 6 cm thick. The base layer with a dry state of 0 liter of water decreased 2 cm after being pressed with vertical creep, while the addition of 10 liters of water decreased 4 cm, for the addition of 20 liters of water it decreased 7 cm, and when the addition of 30 liters of water experienced a decrease of 9 cm. Each addition of 10 liters of water can decrease by 2 cm in the 0 liter to 30 liter test. The more added water mixed with the soil, the deeper the subsidence in the soil will be if it is pressed using vertical creep on the vertical force test or push in test paving blocks.

Keywords: Paving block, comparison, decreases

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah termasuk bagian penting dalam pekerjaan konstruksi. Di Indonesia sering dijumpai berbagai masalah pada pekerjaan konstruksi seperti kerusakan perkerasan jalan yang diakibatkan tanah dasar (*subgrade*) bersifat kurang menguntungkan. Contohnya kadar air tanah yang terlalu tinggi, kompresibilitas yang besar, dan daya dukung yang rendah. Sehingga mengakibatkan kerugian dalam dunia konstruksi dan bagi pengguna jalan karena pembangunan jalan tersebut tidak akan berumur panjang.

Tanah memiliki berbagai macam kandungan. Salah satunya adalah tanah yang mengandung lempung atau *clay*. Tanah *clay* pada keadaan kering sangat keras seakan-akan *compressible* (dapat memadat), tetapi jika mengandung air yang banyak, seperti saat terkena hujan, tanah akan menjadi sangat lunak. Tanah yang memiliki sifat seperti ini dapat menyebabkan kerusakan pada struktur di atasnya, karena jika tanah kehilangan kekuatannya atau daya dukung berkurang, maka bangunan di atasnya akan terseret mengikuti permukaan tanah.

Penelitian mengenai struktur perkerasan *paving block* ini sering kali dilakukan seiring perkembangannya. Indonesia sendiri masih belum banyak dikembangkan penelitian mengenai perilaku *paving block* sebagai bahan perkerasan. Metode elemen hingga dianggap metode terbaik dalam melakukan analisis respon perkerasan *paving block* karena dapat mempresentasikan secara mendetail keadaan di lapangan (Ngudi dan Rahardian, 2017).

Sedangkan Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki curah hujan cukup tinggi. maka dari itu kami melakukan penelitian untuk mendapatkan susunan *paving block* yang cocok digunakan pada daerah yang memiliki curah hujan tinggi. Penelitian ini menggunakan alat uji yang dapat menampung dan mengamati susunan struktur jalan *paving block*. Dari penelitian ini didapatkan data penurunan tanah dari berbagai macam pasangan *paving block*, sehingga dapat membandingkan susunan *paving block* mana yang lebih ideal untuk tanah lempung.

1.2 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar pengaruh air hujan buatan terhadap amblesan perkerasan jalan *paving block*?
2. Bagaimana perbandingan amblesan perkerasan jalan *paving block* pada kondisi saat musim kemarau dan musim penghujan 10 liter (ringan), 20 liter (sedang), 30 liter (deras)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh air hujan buatan terhadap amblesan pada lapisan perkerasan jalan *paving block*
2. Perbandingan amblesan perkerasan jalan *paving block* akibat perbedaan kondisi saat musim kemarau tanpa tambahan air dan musim penghujan 10 liter (ringan), 20 liter (sedang), 30 liter (deras)

1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan 2 *pattern paving block basketweave* dan *herringbone 90°*.
2. Ukuran *Paving Block holland* 20 cm x 10 cm x 6 cm
3. Tidak memperhitungkan rencana anggaran biaya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir yang berjudul ‘‘Pengaruh Kadar Air Tanah Di Bawah Lapisan Perkerasan *Paving Block* Terhadap Amblesan’’ ini mencakup berbagai hal yang disusun sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah yang mencakup identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang teori yang sesuai dengan pembahasan yang berkaitan dengan proses dan hasil percobaan yang akan dilaksanakan untuk memenuhi tugas akhir.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang alat dan bahan yang akan di gunakan, langkah-langkah penelitian, serta beberapa permasalahan yang timbul dalam pelaksanaan percobaan dan penulisan tugas akhir ini.

BAB IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang bagaimana proses penelitian berdasarkan tujuan yang sudah ditetapkan serta mengenai hasil yang sudah didapatkan ketika melakukan penelitian.

BAB V Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan secara menyeluruh yang sudah diringkas, dan saran mengenai penulisan tugas akhir ini.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pentingnya jalan diperkeras pada lapisan-lapisan jalan

Jalan dalam konteks jaringan, dapat diartikan sebagai suatu ruas yang menghubungkan antara simpul yang satu dengan simpul yang lain. Dalam konteks sistem transportasi, jalan adalah prasarana yang didefinisikan sebagai wadah dimana lalu lintas orang, barang atau kendaraan dapat bergerak dari titik asal menuju titik tujuan (Apriyanto, 2008).

Dalam perencanaan perlu dipertimbangkan seluruh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan jalan (Sukirman, 1999) dan berdasarkan fungsinya dapat dibedakan atas jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal. Jalan arteri atau jalan utama adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi. Sedangkan jalan kolektor adalah jalan yang dapat menampung lalu lintas jarak menengah dengan kecepatan sedang. dan jalan lokal adalah jalan yang dapat menampung lalu lintas jarak pendek dan kecepatan rendah (Sukirman, 1999)

Peranan jaringan jalan di Indonesia yang tersebar meluas ke seluruh pelosok wilayah yang dapat dijangkau transportasi darat. Mengingat luasnya cakupan wilayah transportasi, dan belum seimbang kemampuan sumber dana, maka banyak tempat yang masih belum seimbang prasarana jalan dengan kebutuhan yang ada (Saodang, 2004)

2.1.1 Perkerasan lentur

Menurut Sukirman, (1999) bahwa Lapis Permukaan Aspal Beton disebut juga Lapis Permukaan Aus Aspal Beton yang kemudian disebut sebagai *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. dan dapat digambarkan susunan perkerasannya adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Potongan melintang perkerasan jalan lentur

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. karena bersifat struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan jalan (Sukirman, 1999)

2.1.2 Perkerasan kaku

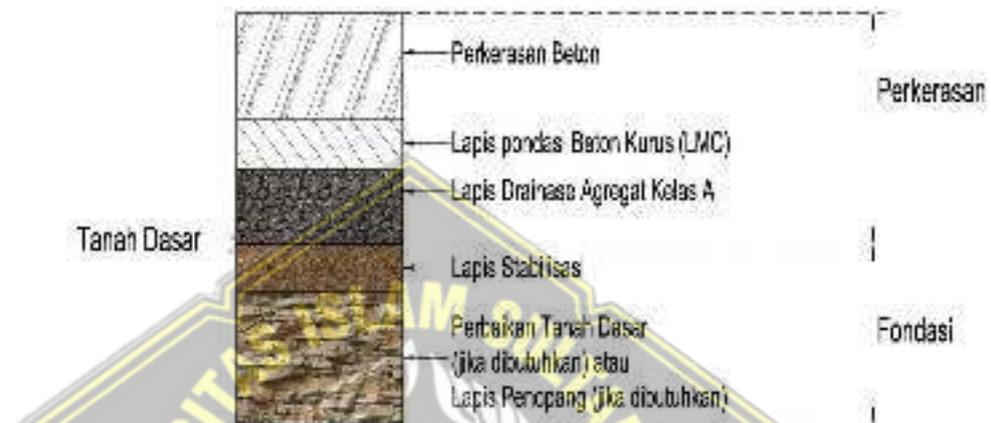
Perkerasan kaku yang merupakan bagian dari konstruksi perkerasan jalan. dimana agregat penyusun merupakan campuran yang terdiri dari batu pecah, pasir dan semen portland bersama air berfungsi sebagai bahan pengikat secara hidrolis. Dan kemudian mengalami proses pengikatan antar butiran agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir alam) sampai mengalami perkerasan kaku (Aly, 2004).

Sesuai SNI Pd T-14-2003 jenis-jenis perkerasan kaku adalah :

- 1) Perkerasan beton semen dengan sambungan tanpa tulangan (*Jointed Unreinforced/ Plain Concrete Pavement / JPCP*);
- 2) Perkerasan beton semen dengan sambungan dengan tulangan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement / JRCP*);
- 3) Perkerasan beton semen menerus (tanpa sambungan) dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement / CRCP*);

- 4) Perkerasan beton semen pratekan (*Prestressed Concrete Pavement / PCP*).
- 5) Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (*Continuously Fiber Concrete Pavement*)

Perkerasan kaku dapat digambarkan sesuai Manual Desain Perkerasan Jalan



Gambar 2. 2 Potongan melintang perkerasan jalan kaku (Beton) No. 02/M/BM/2017 adalah sebagai berikut :

(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017)

2.1.3 Perkerasan komposit

Adalah jenis perkerasan jalan yang terpadu antara perkerasan jalan kaku (*rigid pavement*) sebagai pondasinya dan lapis perkerasan jalan lentur (*flexible pavement*) sebagai penutup permukaan, umumnya lapis tipis aspal beton (lataston) sebagai lapis permukaan aus jalan. Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur (Sukirman, 2003)

2.1.4 Perkerasan *paving block*

Paving block merupakan perkerasan block beton yang merupakan versi modern block granit. *Paving block* umumnya digunakan untuk jalan kecil atau jalan kendaraan dan apabila kegunaanya untuk pelayanan yang banyak, masalah pecahan atau pemulihan permukaan dapat diminimumkan (Wignal, 2009).

Paving block atau blok beton terkunci menurut SNI 0819-88 adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari semen Portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, seperti air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut. Sedangkan menurut SK SNI T-04 1990-F, *Paving block* merupakan bagian dari segmen kecil yang terbuat dari beton dengan berbagai bentuk yang dipasang dengan sedemikian rupa sehingga saling mengunci (BSNI, 1996)



Gambar 2. 3 *Block Pavement/Perkerasan Paving block* (Sarjonopuro, 2014)

2.2 Lapisan Pakerasan Paving Block

Lapisan perkerasan *Paving Block* terdiri atas 5 lapisan yaitu: *subgrade*, *subbase*, *course*, *basecourse*, *bedding sand* dan *concrete block*. Dimana *jointing sand* sebagai peyambung *paving block* satu sama lain. Prinsip kerja *Paving Block* adalah sama seperti perkerasan lentur yang bebannya di distribusikan ke lapisan lainnya sehingga beban akan ditransfer secara tegak lurus dari *Paver* ke *Bedding Sand*, *Basecourse* dan *Subgrade*. (Taufiq, 2006).

2.2.1. Subgrade

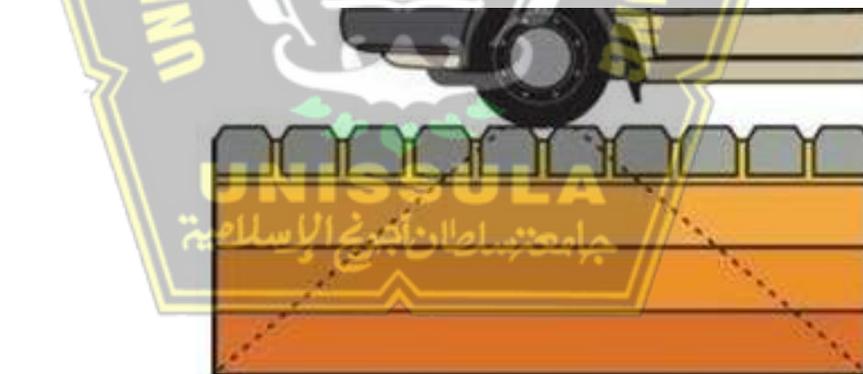
Subgrade adalah lapisan tanah dasar dibawah lapisan subbase yang memiliki ketebalan 50-100 mm. *Subgrade* dapat berupa tanah asli yang dipadatkan atau tanah yang didatangkan dari tempat lain dan di padatkan dan di stabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. (Taufiq, 2006). Semua struktur bangunan, jalan dan permukaan lainnya selalu di dukung oleh tanah dan batu. Hal tersebut menjadi tanggung jawab desainer untuk mengevaluasi perilaku dan

persyaratan kinerja struktur untuk memastikan persyaratan kompatibel dengan tanah dengan ketentuan yang berlaku di lokasi. Persiapan subgrade harus meluas ke bagian belakang semua *edge restraint*. (*Design Aspects*, 2009).



Gambar 2. 4 Lapisan Paving Block

(Sumber : Design Aspects, Sutkar, & Gogate 2009).



Gambar 2. 5 Distribusi Beban

(Sumber : Design Aspects, Sutkar, & Gogate 2009).

2.2.2 Subbase course

Lapisan *subbase* adalah lapisan pondasi bawah yang terletak di antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar/ *subgrade*. Lapisan *subbase* berfungsi untuk menahan lapisan base jalan dan mendistribusikan beban dan sebagai lapisan pemisah. Lapisan memiliki ketebalan 300-600 mm setelah di padatkan dan kepadatan kering maksimal kurang lebih 95%. (Dwi dan Purnomo, 2009).

2.2.3 Base course

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*) (Sukirman, 1999).

Fungsi lapisan pondasi atas antara lain sebagai berikut :

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban roda dan meneruskan beban ke lapisan di bawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50% dan Plastisitas Indeks (PI) < 4%. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas (Sukirman, 1999)

2.2.4 Bedding Sand

Bedding Sand memiliki ketebalan yang sangat tipis sekitar 25 mm atau 10 mm setelah pemadatan. (*Design Aspects*, 2009) Lapisan ini biasanya adalah pasir sungai. Fungsi dari lapisan ini adalah lapisan yang diratakan sebagai alas atau bantalan paving block. (Fauzi, 2006) Selain itu manfaatnya antara lain adalah sebagai pengisi sela paving dari bawah dan meneruskan beban ke permukaan sebelumnya. (Dwi dan Purnomo, 2009).

2.2.5 Paving Block

Paver atau *Paving Block* adalah komponen teratas dalam *Concrete Block Pavement*. *Paver* terbuat dari campuran semen portland dan air serta agregat sebagai bahan pengisi. (Ravendra, 2017). Lapisan *Paving Block* diisi dengan pasir pengisi sambungan di celah antar paving. Selain itu dibagian ujung di letakkan *edge restraint* untuk menahan *paving block* agar tidak terlepas. Penggunaan pasir pengisi bertujuan untuk menghasilkan ikatan antara *Paving Block* dan menghalang resapan air ke lapisan bawah. (Dwi dan Purnomo, 2009).

Adapun *Paving Block* memiliki klasifikasi di antara lain adalah : ketebalan, pola penyusunan, ukuran, bentuk dan kekuatan.

- Ketebalan Paving

Ketebalan *paving block* bervariasi antara 50-80 mm. Semakin tebal blok maka semakin baik perkerasan akan menahan deformasi vertikal dan horizontal. Namun harus disesuaikan dengan biaya dan aplikasinya. Umumnya untuk keperluan rumah tangga 50-60 mm memadai. Sedangkan untuk keperluan industri disarankan menggunakan *Paver* 80 mm. Sedangkan di Indonesia ketebalan *Paving Block* yang sering digunakan ada tiga klasifikasi yaitu 60 mm, 80 mm dan 100 mm. Dimana ketebalan 60 mm digunakan untuk jalan yang beban lalu lintasnya ringan dan frekuensinya terbatas. Untuk ketebalan 80 mm digunakan untuk jalan yang beban lalu lintasnya sedang dan frekuensinya terbatas seperti pada pick up, truck dan bus. Dan untuk ketebalan 100 mm digunakan bagi jalan dengan beban lalu lintas berat seperti crane, loader dan alat berat lainnya, *Paving Block* ketebalan 100 mm ini sering digunakan di pelabuhan dan kawasan industri. (Setyanto dan Karimah, 2016).

	Produk	Dimensi	Tebal
	Conbloc .6	20 x 10 cm	6 cm
	Conbloc .8	20 x 10 cm	8 cm
	Conbloc 10	20 x 10 cm	10 cm

(Sumber : Setyanto dan Karimah, 2016)

- Pola Penyusunan

Pola penyusunan sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola penyusunan ditentukan oleh performa dan persyaratan estetika. Tiga pola yang ditunjukkan pada gambar. Banyak pola penyusunan yang lain yang memungkinkan. Pola penyusunan *herringbone* adalah pola yang tahan terhadap deformasi horizontal dan vertikal dan umumnya di gunakan untuk trotoar industri. (Design Aspects, 2009).

Untuk perkerasan jalan diutamakan pola herringbone karena mempunyai kunci yang baik. Dalam proses pemasangan biasanya pada tepi susunan ditutup dengan pasak yang berbentuk topi uskup. (Ravendra,, 2017).



Gambar 2. Pola Penyusunan Paving Block
(Sumber : Husna dan Setyobudi, 2017)

- Bentuk *Paving Block*

Adapun bentuk *Paving Block* dibagi tiga klasifikasi yaitu :

- a. Kategori A (*Four Dented*)

Pada kategori ini semua bagian sisinya bergerigi. Pada keempat penjuru ikatannya saling mengunci. Contoh *Paving Block* kategori A adalah *Anchorlock*, *Unipave*, *Uniespave* dan *Grasspave*. (Husna dan Setyobudi, 2017).

YAYASAN BADAN WAKAF

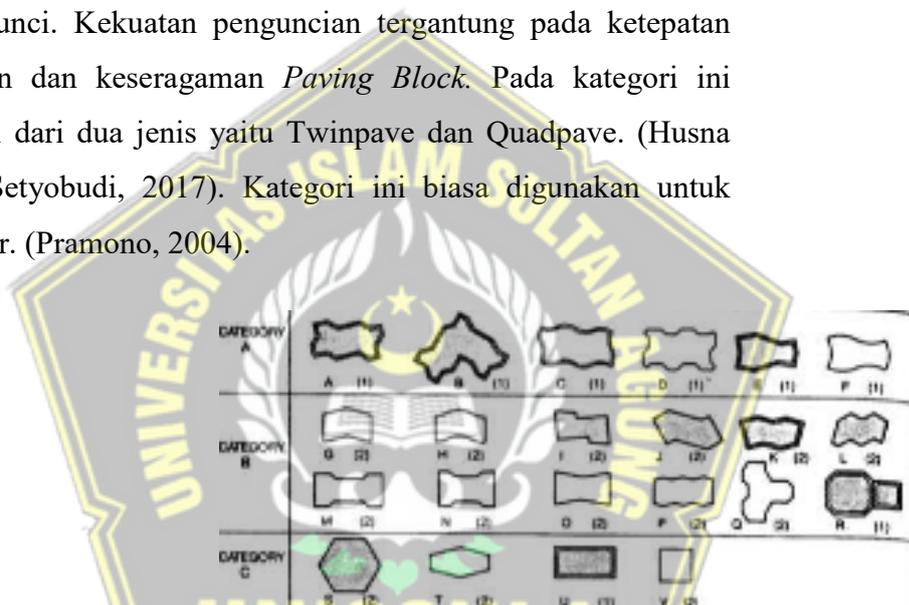
Paving block pada kategori ini biasanya digunakan untuk jalan. *Paving Block* ini memungkinkan adanya interlock geometris di antara sisi vertikal dan sisi-sisi block yang berdekatan. (*Design Aspects*, 2009)

b. Kategori B (*Two Dented*)

Pada kategori ini hanya ada dua bagian yang berfungsi sebagai pengunci dengan susunan yang arahnya membujur. (Husna dan Setyobudi, 2017). Kategori ini biasa digunakan untuk peralatan parkir. (Pranowo, 2004).

c. Kategori C (*No Dented*)

Pada kategori ini *Paving Block* satu sama lain tidak mengunci. Kekuatan penguncian tergantung pada ketepatan ukuran dan keseragaman *Paving Block*. Pada kategori ini terdiri dari dua jenis yaitu *Twinpave* dan *Quadpave*. (Husna dan Setyobudi, 2017). Kategori ini biasa digunakan untuk trotoar. (Pranomo, 2004).



Gambar 2. 3 Bentuk *Paving Block* Sesuai Kategori.

(Sumber : Setyanto dan Karimah, 2016)

 <p>STRAIGHT / Dala 30cm x 15cm x 6cm 60cm x 30cm x 6cm 120cm x 15cm x 6cm Kebutuhan 44 Pcs / M²</p>	 <p>20/20 Dala 20cm x 20cm x 6cm Kebutuhan 25 Pcs / M²</p>	 <p>TWINPAVE / Daling 30cm x 15cm x 6cm 60cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 22 Pcs / M²</p>	 <p>TRIHIX 30cm x 15cm x 6cm 60cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 24 Pcs / M²</p>
 <p>HEXAGON 30cm x 30cm x 6cm 60cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 27 Pcs / M²</p>	 <p>30/30 paving / 30/30 30cm x 30cm x 6cm 60cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 20 Pcs / M²</p>	 <p>30/30 paving / 30/30 30cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 22 Pcs / M²</p>	 <p>30/30 / 30/30 30cm x 30cm x 6cm Kebutuhan 20 Pcs / M²</p>

Gambar 2. 9 Bentuk Paving Block

(Sumber : Indonusa Conblock, 2020)

- Jarak Sambungan (*Jointing Width*)

Jarak sambungan memiliki peran yang sangat penting pada performa perkerasan jalan *Paving Block*. *Jointing Width* adalah celah di antara block satu dengan block lainnya dimana diisi dengan pasir. Kekosongan atau celah tersebut perlu di isi dengan pasir dengan cara mengisinya dari permukaan. Hal tersebut dilakukan agar jarak antara block saling mengunci sehingga tidak terjadi pergeseran. (Husna dan Setyobudi, 2017).

Jointing Width yang optimum yaitu antara 3-5 mm. Apabila jarak berlebih maka akan mengurangi kekuatan struktur dan block mudah bergeser. Apabila terlalu kecil maka air dapat mengalir melalui celah sambungan. (Devi dan Nisa, 2017).

- Kekuatan *Paving Block*

Kekuatan dibagi menjadi empat klasifikasi sesuai dengan tempat aplikasi. Diantara lainnya terdapat di tabel di bawah ini.

Tabel 2. 1 Kekuatan Paving Block

Mutu	Kegunaan	Kekuatan (Mpa)		Kekuatan Atas (mm/menit)		Kadar air Rerata (%)
		Rata-rata	Terendah	Rata-rata	Terendah	
A	Perkerasan Jalan	40	35,0	0,090	0,103	3
B	Tempat parkir mobil	20	17,0	0,130	0,149	6
C	Pejalan kaki	15	12,5	0,160	0,184	8
D	Taman kota	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber : SNI 02-0691-1996)

Kekuatan *Paving Block* sangat berpengaruh pada perkerasan jalan dengan *Paving Block* terutama terhadap beban lalu lintas. Apabila tidak sesuai dengan persyaratan maka bisa menyebabkan kerusakan pada *Paving Block* seperti retak dan semakin lama akan membelah. Adapun hal tersebut berpengaruh pada rusaknya lapisan pertama yang akan menyebabkan terjadinya rutting. Maka untuk menjamin ketahanannya sudah di tetapkan kekuatan 20-60 Mpa. (Badan Standar Nasional,1996)

2.3 *Sub base course*

Lapisan *subbase* adalah lapisan pondasi bawah yang terletak di antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar/*subgrade*. Lapisan *subbase* berfungsi untuk menahan lapisan base jalan dan mendistribusikan beban dan sebagai lapisan pemisah. Lapisan memiliki ketebalan 300-600 mm setelah di padatkan dan kepadatan kering maksimal kurang lebih 95%. (Dwi dan Purnomo, 2009).

Metode, yaitu:

2.3.1 Kadar air

Kadar air adalah salah satu metode uji laboratorium kimia yang sangat penting dalam industri pangan untuk menentukan kualitas dan ketahanan pangan terhadap kerusakan yang mungkin terjadi. Pengukuran kadar air dalam bahan pangan dapat ditentukan dengan beberapa metode, yaitu : metode pengeringan (*thermogravimeri*), metode destilasi (*thermovolumetri*), metode fisis dan metode kimiawi (*Karl Fischer Method*).

Pada umumnya penentuan kadar air bahan pangan dilakukan dengan mengeringkan bahan dalam oven suhu 105-1100C selama 5 jam atau sampai diperoleh berat konstan. Metode ini dikenal dengan metode pengeringan atau metode *thermogravimetri* yang mengacu pada SNI 01-2354.2-2006. Pada metode penentuan kadar air secara *Thermogravimetri* ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi penentuan kadar air bahan, yaitu: Suhu dan kelembaban (RH) ruang kerja / laboratorium, Suhu dan tekanan udara pada ruang oven, Ukuran dan struktur partikel sampel, Ukuran wadah / botol timbang (ratio diameter : tinggi). Berdasarkan hal tersebut di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji faktor suhu dalam ruang oven, ukuran partikel sampel, serta bentuk wadah / botol timbang yang digunakan yang dapat mempengaruhi akurasi penentuan kadar air metode *thermogravimetri*.

2.3.2 Gradasi

Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat di bedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradeasi tersebut dilakukan pengujian

melalui analisa ayak sesuai dengan standard dari BS 812, ASTM C-33, C 136, ASHTO T.26 ataupun Standard Nasional Indonesia.

2.3.3 Ketebalan

Penelitian ditujukan untuk menganalisis pengaruh ketebalan lapisan *subbase course* pada *subgrade* tanah granuler terhadap nilai *CBR* dan *kv*. Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan struktur lapisan perkerasan jalan di dalam laboratorium. Pengujian *CBR* dilakukan terhadap lapisan *subgrade*, sedangkan pengujian *plate load test* dilakukan pada lapisan *subbase course* dan *base course*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai *CBR* pada *subbase course* berturut-urut sebesar 15,93%; 38,73% dan 3,35%.

Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai *CBR* pada *base course* berturut-urut sebesar 4,63%; 34,09%; 21,99% dan 2,68%. Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm mampu meningkatkan nilai *kv* pada *subbase course* berturut-urut sebesar 6,79; 58,82 dan 3,03%. Penambahan ketebalan *subbase course* setiap 5 cm juga mampu meningkatkan nilai *kv* pada *base course* berturut-urut sebesar 12,20; 30,85; 9,30 dan 3,61%. Lapisan *subbase course* terbukti memiliki performa yang lebih baik dibandingkan lapisan *base course*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *CBR subbase course* yang 33,33% lebih besar daripada nilai *CBR base course*, pada ketebalan total struktur perkerasan jalan 40 cm. Hal ini juga ditunjukkan dengan nilai *kv subbase course* yang 26,83% lebih besar daripada nilai *kv base course*, pada ketebalan total struktur perkerasan jalan 40 cm.

2.4 Pengertian Erosi

Erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin. Proses erosi ini dapat menyebabkan merosotnya produktivitas tanah, daya dukung tanah dan kualitas lingkungan hidup. Permukaan kulit bumi akan selalu mengalami proses erosi, di suatu tempat akan terjadi pengikisan sementara di tempat lainnya akan terjadi penimbunan, sehingga bentuknya akan selalu berubah sepanjang masa. Peristiwa ini terjadi secara alamiah dan berlangsung sangat lambat, sehingga akibat

yang di timbulkan baru muncul setelah erpuluh bahkan berates tahun kemudian (Suripin, 2002).

Dua penyebab erosi yang utama terjadi secara alami dan aktivitas manusia. Erosi alami terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses erosi yang terjadi untuk mempertahankan keseimbangan tanah secara alami. Erosi karena factor alami biasanya masih memberikan media sebagai tempat umbuh tanaman. Sedangkan erosi yang terjadi karena kegiatan manusia, biasanya disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat praktek bercocok tanam yang tidak memperhatikan kaidah konservasi tanah maupun dari kegiatan pembangunan yang bersifat merusak keadaan fisik tanah seperti pembuatan jalan di tempat dengan kemiringan lereng besar. (Asdak,2010).

Seperti yang dijelaskan oleh Triwanto bahwa “di dalam proses terjadinya erosi akan melalui bebarapa pase yaitu pase pelepasan, pengangkutan dan pengendapan. Pada pase pelepasan partikel dari aggregate/masa tanah adalah akibat ukulan jatuhnya atau tetesan butir hujan baik langsung dari darat maupun dari tajuk pohon tinggi yang menghancurkan struktur tanah dan melepaskan partikelnya dan kadang-kadang terpecik ke udara sampai beberapa cm. Pase selanjutnya adalah pase pengangkutan partikel dimana kemampuan pengangkutan dari suatu aliran sangat dipengaruhi besar kecilnya bahan/partikel yang dilepaskan oleh pukulan butir hujan atau peroses lainnya. Bila telah tiba pada tempat dimana kempuan angkut & sudah tidak ada lagi, biasanya pada bagian tempat yang rendah maka energi aliran sudah tidak mampu lagi untuk mengangkut pertikel-partikel tanah tersebut maka terjadilah endapan.

2.5 Faktor yang mempengaruhi laju erosi

Pada dasrnya erosi dipengaruhi oleh fackor alam dan faktor non alam. Faktor alam adalah faktor yang sudah ada di alam seperti iklim, kemiringan dan Panjang lereng, sifat fisik tanah, tersedianya vegetasi penutup tanah. Sedangkan factor non alam adalah factor yang disebabkan oleh adanya campur tangan manusia. Dibawah ini adalah pembahasan mengenai factor-faktor yang mempengaruhi erosi.

2.5.1 Faktor Iklim

Curah hujan tinggi dalam suatu waktu mungkin tidak menyebabkan erosi jika intensitasnya rendah. Demikian pula bila hujan dengan intensitas yang tinggi tetapi terjadi dalam waktu singkat. Hujan akan menimbulkan erosi jika intensitasnya cukup tinggi dan jatuhnya relatif lama. Ukuran butir hujan juga sangat berperan dalam menentukan erosi. Hal tersebut disebabkan karena dalam proses erosi energi kinetik merupakan penyebab utama dalam penghancuran agregat-agregat tanah. Besarnya energi kinetik hujan tergantung pada jumlah hujan, intensitas dan kecepatan jatuhnya hujan. Kecepatan jatuhnya butir-butir hujan itu sendiri ditentukan oleh ukuran butir-butir hujan dan angin (Utomo, 1989).

2.5.2 Faktor Tanah

Tekstur tanah merupakan salah satu sifat tanah yang sangat menentukan kemampuan tanah untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Tekstur tanah akan mempengaruhi kemampuan tanah menyimpan dan menghantarkan air, menyimpan dan menyediakan unsur hara tanaman. Untuk keperluan pertanian berdasarkan ukurannya, bahan padatan tanah digolongkan menjadi tiga partikel yaitu pasir, debu, dan liat. Tanah berpasir yaitu tanah dengan kandungan pasir >70%, porositasnya rendah <40%, aerasi baik, daya hantar air cepat, tetapi kemampuan menyimpan air dan zat hara rendah. Tanah berliat, jika kandungan liatnya >35%, kemampuan menyimpan air dan hara tanaman tinggi (Utomo, 1989).

Secara fisik, tanah terdiri dari partikel-partikel mineral dan organik dengan berbagai ukuran, partikel-partikel tersusun dalam bentuk materi dan pori-porinya kurang lebih 50% sebagian terisi oleh air dan sebagian lagi terisi oleh udara. Secara esensial, semua penggunaan tanah dipengaruhi oleh sifat fisik tanah (Suripin, 2002).

Beberapa sifat yang mempengaruhi erosi adalah tekstur, struktur, bahan organik, kedalaman, sifat lapisan tanah, dan tingkat kesuburan tanah, sedangkan kepekaan tanah terhadap erosi yang menunjukkan mudah atau tidaknya tanah mengalami erosi ditentukan oleh berbagai sifat fisik tanah (Arsyad, 2010).

Kerusakan yang dialami pada tanah tempat erosi terjadi berupa kemunduran sifat-sifat kimia dan fisika tanah seperti kehilangan unsure hara dan bahan organik, dan meningkatnya kepadatan serta ketahanan

penetrasi tanah, menurunnya kapasitas infiltrasi tanah serta kemampuan tanah menahan air. Akibat dari peristiwa ini adalah menurunnya produktivitas tanah, dan berkurangnya pengisian air dalam tanah (Asdak, 2010).

2.5.3 Erosi Vegetasi

Sukmana dan Soewardjo (1998) menjelaskan bahwa "dalam meninjau pengaruh vegetasi terhadap mudah tidaknya tanah tererosi, harus dahulu apakah vegetasi penutup tanah tersebut mempunyai struktur tajuk yang berlapis sehingga dapat menurunkan kecepatan terminal air hujan dan memperkecil diameter tetesan air hujan".

Vegetasi merupakan lapisan pelindung atau penyangga antara atmosfer dan tanah. Suatu vegetasi penutup tanah yang baik seperti rumput yang tebal atau rimba yang lebat akan menghalangi pengaruh air hujan dan topografi terhadap erosi. Bagian vegetasi yang ada di atas permukaan tanah seperti daun dan batang, menyerap energi perusak hujan, sehingga mengurangi dampaknya terhadap tanah. Sedangkan vegetasi yang ada di dalam tanah, yang terdiri dari perakaran akan meningkatkan kekuatan tanah. Lebih lanjut dijelaskan oleh arsyad bahwa "vegetasi berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi dapat dibagi dalam lima bagian, yakni (a) intersepsi hujan oleh tajuk tanaman, (b) mengubah kecepatan aliran permukaan dan kekuatan perusak air, (c) pengaruh akar dan kegiatan-kegiatan biologis yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetative, (d) pengaruh terhadap stabilisasi struktur dan porositas tanah, dan (e) transpirasi yang mengakibatkan kandungan air berkurang" (arsyad, 2010).

2.10. Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Batas toleransi erosi adalah batas maksimal besarnya erosi yang masih diperkenankan terjadi pada suatu lahan. Besarnya batas toleransi erosi dipengaruhi oleh kedalaman tanah, batuan asal pembentuk tanah, iklim, dan permeabilitas tanah. Evaluasi bahaya erosi merupakan sebuah penilaian atau prediksi terhadap besarnya erosi tanah dan potensi bahayanya terhadap sebidang tanah. Evaluasi bahaya erosi ini didasarkan dari hasil evaluasi lahan dan sesuai dengan tingkatannya (Surbakti, 2010).

Untuk mengetahui besaran tingkat bahaya erosi yang terjadi pada suatu wilayah atau bidang lahan dapat dilakukan dengan menghitung Indeks Bahaya Erosi (IBE). Sebagai tahap awal perlu ditetapkan erosi potensial umumnya berdasarkan persamaan USLE. Erosi potensial sama dengan erosi aktual pada saat nilai factor C dan P sama dengan 1 (satu). Artinya lahan yang dievaluasi tanpa tanaman dan tanpa tindakan konservasi tanah dan air, dengan demikian secara matematis erosi potensial ($A=RKLS$). Selanjutnya menurut Herawati (2010) hasil perhitungan nilai laju erosi dengan menggunakan metode USLE kemudian diklasifikasikan menjadi 5 (lima) kelas, yaitu sangat ringan, ringan, sedang, berat, dan sangat berat (Banuwa, 2013).

2.11. Proses Terjadinya Erosi

Proses hidrologi sangat mempengaruhi proses erosi dan sedimentasi. Erosi tanah mempengaruhi produktivitas lahan kering yang biasanya mendominasi daerah aliran sungai bagian hulu dan juga akan memberikan dampak negative di daerah aliran sungai bagian hilir. Secara umum, terjadinya erosi ditentukan oleh faktor-faktor iklim (terutama intensitas hujan), topografi, karakteristik tanah, vegetasi penutup tanah, dan tataguna lahan.

Secara umum, erosi dapat dikatakan sebagai proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin (Tunas, 2008). Kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat lain. Pengendapan terjadi ketika energi yang tersedia tidak cukup untuk mengangkut partikel (Hadi, 2004).

Berdasarkan sumber erosi berasal atau bagaimana erosi tersebut terjadi, dapat dibedakan menjadi (Stevens, 1980; Suripin, 2004 dan Pranata, 2013):

- 1) *Splash erosion* (erosi percik) terjadi ketika air hujan bertemu dengan tanah. Prosesnya adalah ketika tumbukan percikan air hujan mengikis permukaan tanah dan memindahkannya ke areal di sekitarnya.
- 2) *Sheet erosion* (erosi lembar) merupakan erosi yang terjadi pada lapisan tipis permukaan tanah terkikis secara horizontal. Hal ini banyak terjadi di tanah tegalan atau pekarangan, tanah terbuka tanpa

penutup tumbuhan.

3) *Rill erosion* (erosi alur) adalah erosi yang terjadi pada alur-alur kecil aliran air yang menggerus dan mengangkut butiran/gumpalan tanah pada alur tersebut. Pada saat erosi lembar terus berlangsung, tanah berubah menjadi alur dan menjadi tempat air untuk melimpas.

4) *Gully erosion* (erosi parit) adalah erosi yang terjadi pada saluran drainase. Pengaliran air pada lahan pertanian yang tidak tertata baik, yang mengakibatkan terangkutnya bongkahan tanah dari saluran atau lahan pertanian tersebut oleh aliran air.

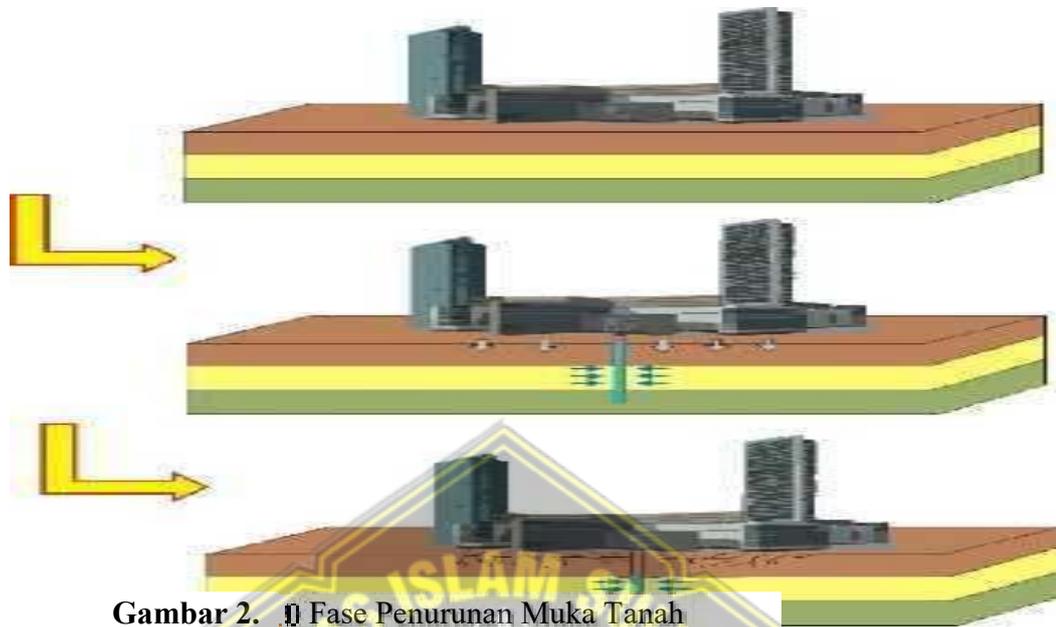
5) *Sediment yield* adalah jumlah total besarnya sedimen yang terangkut dari areal daerah tangkapan hujan, hingga mencapai saluran/sungai/*outlet* dalam periode waktu tertentu.

6) *River bank erosion/stream bank erosion* dapat diartikan erosi tebing sungai. Erosi ini berasal dari kikisan arus air sungai yang menghantam tebing sungai. Umumnya terjadi pada daerah yang memiliki topografi curam.

2.12. Penurunan Tanah (*Land Subsidence*)

Penurunan tanah (*Land subsidence*) adalah suatu kondisi atau keadaan dimana pada suatu kawasan mengalami penurunan muka tanah yang banyak terjadi di kota-kota besar yang berdiri di atas lapisan sedimen, seperti Jakarta, Semarang, Bangkok, Shanghai, dan Tokyo. Proses penurunan muka tanah terjadi secara *countinue* dan pada umumnya proses ini sering tidak disadari secara langsung. Perubahan Penurunan muka tanah baru disadari setelah terlihat tanda-tanda ada perbedaan kondisi fisik pada bangunan yang dibangun di atas lahan yang mengalami penurunan muka tanah itu. Penyebab amblesanya muka tanah yang terjadi karena beban fisik akan berlangsung terus tanpa batas waktu tertentu selama beban fisik masih berada di atasnya. Tindakan Penanggulangan amblesan muka tanah dapat direalisasikan melalui pemantauan yang hasilnya bertujuan menentukan parameter penurunan muka tanah yang terkait dengan waktu, yaitu kecepatan dan percepatan amblesan muka tanah.

Banyak hal yang mengakibatkan Penurunan muka tanah seperti pembebanan di atas permukaan, hilangnya air tanah akibat eksploitasi berlebihan, gempa yang mengakibatkan rusaknya struktur tanah, ketidakstabilan bidang tanah akibat proses tertentu, dan sebagainya.



Gambar 2. Fase Penurunan Muka Tanah
Sumber: [https://syawal88.wordpress.com\(2015\)](https://syawal88.wordpress.com(2015))

Proses penurunan muka tanah berdasarkan penyebabnya seperti pembebanan di atas permukaan dan hal itu ditambah lagi dengan eksploitasi air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan amblesnya tanah. Fase ini dapat dilihat dari gambar 2.3. Besaran penurunan tanah dapat diketahui melalui pengamatan penurunan tanah (Yuwono dkk.,2013). Pengamatan penurunan tanah antara lain dapat dilakukan dengan metode hidrogeologis,

Pengamatan level muka air tanah dan pengamatan dengan ekstensometer dan piezometer yang dikonversikan ke dalam besaran penurunan muka tanah (Fahrudin dkk.,2009), maupun metode geodetik seperti survey sipat datar (*leveling*), survei *Global Positioning Systems* (GPS) dan *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (INSAR). Laju penurunan tanah umumnya relatif lambat, oleh karena pemantauan subsidensi lebih efisien dengan dilakukan episodik atau periodik.

Hasil dari analisis penurunan muka tanah yang berupa data merupakan informasi penting yang akan sangat bermanfaat bagi kegiatan infrastruktur pembangunan seperti untuk perencanaan tata ruang (di atas maupun di bawah permukaan tanah), perencanaan pembangunan sarana / prasarana, pelestarian lingkungan, pengendalian dan pengambilan air tanah, pengendalian intrusi air laut serta perlindungan masyarakat

(linmas) dari dampak penurunan tanah (seperti terjadinya banjir) untuk itu sudah sewajarnya bahwa informasi tentang karakteristik amblesan tanah ini perlu diketahui dengan sebaik-baiknya dengan pemantauan secara berkelanjutan.

Adanya keterkaitan antara amblesan tanah dengan fenomena alam dan lingkungan yang dibangun manusia seperti banjir, intrusi air laut, perubahan aliran sungai dan penataan konstruksi bangunan yang bersifat destruktif. Saat ini Negara - negara berkembang seperti Indonesia perkembangan industrinya dimulai pada tahun 1980, diikuti amblesan tanah hingga sekarang. Tingkat pengambilan air tanah pada kota – kota besar seperti jakarta, Bandung, dan semarang sudah melebihi kemampuannya, sehingga berakibat pada terjadinya amblesan tanah. Kecepatan dan dalamnya amblesan tanah di berbagai tempat berbeda - beda, tergantung pada kondisi geologi, hidrologi, intensitas pemampatan air tanah dan sifat - sifat mekanik tanah atau batuan.

Berdasarkan Whittaker and Reddish, 1989 dalam Metasari 2010, secara umum faktor penyebab penurunan tanah (land subsidence) antara lain:

1. Penyebab penurunan tanah alami (natural subsidence) adalah proses geologi seperti siklus geologi, sedimentasi daerah cekungan dan sebagainya. Beberapa penyebab terjadinya penurunan tanah alami bisa digolongkan menjadi:
 - a. Siklus Geologi
Siklus geologi terkait dengan Penurunan muka tanah. Dalam siklus geologi terjadi beberapa proses yaitu: pelapukan (*denudation*), pengendapan (*deposition*), dan pergerakan kerak bumi (*crustal movement*). Pada siklus Geologi berkaitan dengan pelapukan bisa disebabkan oleh air seperti pelapukan batuan karena erosi baik secara mekanis maupun kimia, oleh karena itu perubahan temperatur yang mengakibatkan terurainya permukaan batuan, oleh angin terutama di daerah yang kering dan gersang karena pengaruh glacial dan oleh gelombang yang biasanya terjadi di daerah pantai (abrasi).
 - b. Sedimentasi Daerah Cekungan

YAYASAN BADAN WAKAF

Pada daerah Cekungan biasanya terdapat di daerah – daerah tektonik lempeng terutama di dekat perbatasan lempeng. Pada cekungan terjadi perilaku pengumpulan sedimen yang dipengaruhi waktu dengan pertamahan tersebut menimbulkan beban yang bekerja semakin meningkat, Hasil proses kompaksi sedimen tersebut menyebabkan terjadinya penurunan pada permukaan tanah. Sebagian besar penurunan muka tanah akibat faktor ini adalah:

- Proses pembebanan yang merupakan gaya berat dari beban yang ditimbulkan oleh endapan serta penambahan pengaruh air menyebabkan kelenturan pada lapisan kerak bumi.
 - Adanya aktivitas internal yang menyebabkan naiknya temperature kerak bumi dan kemudian mengembang menyebabkan kenaikan pada permukaan pada permukaan tanah. Selanjutnya proses erosi dan pendinginan kembali menyebabkan penurunan muka tanah.
 - Karakteristik deformasi dari lapisan tanah yang berkaitan dengan tekanan– tekanan yang ada.
2. Penurunan tanah akibat pengambilan air tanah (*groundwater extraction*).

Akibat Pengambilan air tanah secara besar – besaran yang melebihi kemampuan pengambilannya maka akan terjadi berkurangnya jumlah air tanah pada suatu lapisan akuifer. Hilangnya air tanah ini menyebabkan terjadinya kekosongan pori – pori tanah sehingga tekanan hidrostatis di bawah permukaan tanah berkurang sebesar hilangnya air tanah tersebut. Selanjutnya pada lapisan akuifer akan terjadi pemampatan.

3. Penurunan akibat beban bangunan (*settlement*)

Pada pekerjaan konstruksi tanah memiliki peranan penting. Tanah merupakan komponen penting dalam mendukung suatu bangunan tersebut untuk dapat berdidri kokoh. Kontruksi di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan di bawahnya mengalami pemampatan. Penyebab pemampatan tersebut karena adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air

YAYASAN BADAN WAKAF

atau udara dari dalam pori, dan sebab lainnya yang sangat terkait dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Proses pemampatan ini pada akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan permukaan tanah.

Secara umum penurunan tanah akibat pembebanan dapat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu:

- a. Hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menenpati pori – pori air tanah merupakan penurunan konsolidasi.
- b. Deformasi elastik tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air Penurunan segera yang merupakan akibat dari Penurunan segera.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Secara umum tahapan penelitian dapat diuraikan menjadi 4 tahapan, yaitu tahapan indentifikasi, tahapan pengumpulan dan pengolahan data, tahapan pelaksanaan, serta tahapan analisa dan kesimpulan.

1. Tahap Identifikasi

Pada tahap ini dimulai dengan cara merumuskan masalah dari latar belakang yang telah diambil lalu menentukan topik penelitian yang akan dibahas. Setelah itu dilakukan studi pustaka mengenai topik yang telah ditentukan.

2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan dan pengolahan data, maka data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data tersebut masing masing akan dikumpulkan dengan cara survey lapangan, dan mengumpulkan data jenis penelitian yang terdahulu, dan juga mengumpulkan data dari eksperimen pengaruh air hujan terhadap amblesan pada perkerasan paving block.

3. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini yaitu menyiapkan bahan-bahan atau material untuk melakukan kegiatan penelitian seperti air 30 liter, benang, alat ukur, tanah urug dari jepara, pasir batu, koral atau batu split, pasir halus, dan paving block. Untuk pertama bersihkan alat box buat penelitian, lalu taruh tanah urug dan dipadatkan dengan ketinggian 15 cm, masukkan sirtu lalu di padatkan dengan ketinggian 15 cm, masukkan batu split dan di padatkan dengan ketinggian ketebalan 10 cm, lalu masukan pasir halus dan di padatkan dengan ketinggian ketebalan 5 cm, lalu pasang paving block ukuran 6cm x 10,5 cm x 20 cm, dan untuk uji tekan pertama dengan variasi keadaan kering tanpa tambahan air, lalu tambahkan air 10 liter, 20 liter, dan terakhir 30 liter, dan terakhir tahapan pengujian di uji tekan masing masing variasi dengan kekuatan tekan yang sama 2,85 ton.

4. Tahap Hasil dan Kesimpulan

Dari hasil data yang didapat untuk mengetahui pengaruh air hujan terhadap amblesan perkerasan paving block. Terakhir

YAYASAN BADAN WAKAF
adalah menyimpulkan hasil dari penelitian serta memberikan
saran dan masukan yang telah dilaksanakan.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Pada tugas akhir ini pengumpulan data dilakukan dengan cara eksperimen. Pada saat pengumpulan data eksperimen harus dilaksanakan dengan baik dan benar. Data yang didapatkan melalui uji coba pada benda uji penelitian pada uji laboratorium, terkait dengan kadar air yang digunakan pada lapisan sub-base terhadap amblesan perkerasan paving block.

3.2.1. Alat Uji Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang digunakan untuk mengetahui pengaruh gaya horizontal dan vertical terhadap perkerasan paving block pada bahu jalan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Box besi 75 x 75 x 65 cm
2. Meteran
3. Benang
4. Penggaris
5. Cetok bangunan
6. Dongkrak, manometer, hydraulic jack
7. Jangka sorong

3.2.2. Bahan Uji Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang digunakan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap amblesan sub-base course pada perkerasan paving block. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Paving bentuk *holland*



Gambar 3. 1 paving block bentuk holland (adhietya, 2018)

YAYASAN BADAN WAKAF

Paving block bentuk *holand* ini masuk pada kategori *paving block*

A dan paving ini memiliki sisi gigi banyak atau *four dented*.

2. Pasir



Gambar 3. 2 Pasir

(tekniksipil.blogspot.com)

Pada penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari muntilan untuk digunakan sebagai struktur bawah perkerasan *paving block*.

3. *Base Course* (Batu Split)



Gambar 3. 3 Base Course

Pada penelitian ini menggunakan base course yaitu salah satu dari pelapis perkerasan jalan yang berada di atas tanah berupa agregat

bebatuan yang berfungsi sebagai pondasi atas dalam pembangunan perkerasan jalan.

4. *Subbase Course* (Sirtu)



Gambar 3. 4 Subbase Course

Pada penelitian ini menggunakan *subbase course* adalah lapisan perkerasan perkerasan jalan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapisan pondasi atas. *Subbase course* memiliki fungsi Sebagai pelindung tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan dan juga untuk menahan beban roda-roda alat berat ketika awal-awal pelaksanaan pekerjaan.

5. *Sub Grade*



Gambar 3. 5 Subbase Course

YAYASAN BADAN WAKAF

Pada penelitian ini menggunakan *subgrade* yaitu permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. *Subgrade* memiliki fungsi untuk menahan beban konstruksi di atasnya, *sub grade* harus memiliki daya dukung tanah yang baik, sehingga mampu menahan beban yang sudah diperhitungkan sebelum dibangun perkerasan jalan di atasnya (Sukirman,1999).

3.2.3. Langkah-Langkah Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu box besi 75cm x 75 cm, meteran, benang, penggaris, cetok bangunan, hidrolis, jangka sorong.



Gambar 3. 6 Alat-alat yang digunakan

2. *Base course* dihamparkan dalam alat uji dengan ketebalan *base course* 15 cm.

YAYASAN BADAN WAKAF



Gambar 3. 7 Pengisian Base course tebal 15 cm

3. Kemudian dihamparkan pasir dengan ketebalan 5 cm.



Gambar 3. 8 Pengisian pasir tebal 5 cm

4. Letakan benang diatas permukaan paving untuk mengetahui kelurusan permukaan paving, pemasangan benang terletak 2 buah, selanjutnya dapat di ketahui penurunan yang terjadi ketika paving diletakan.



Gambar 3. 9 Pemasangan benang diatas permukaan paving

5. Kemudian pemasangan paving berukuran 10,5 x 20 x 6 cm dengan spasi / jarak sambungna antara paving 3 mm.



Gambar 3. 10 Pemasangan paving holland

6. Isi spasi dengan *jointing sand*.



Gambar 3. 11 Pengisian *jointing sand*

7. Setelah dilakukan pengukuran pada sampel, sebelum melakukan uji paving siap untuk di tekan menggunakan hidrolis dengan tekanan sesuai berat dalam ton pada *push in test* yang diinginkan.



Gambar 3. 12 Persiapan *push in test*

8. Pengukuran jarak menggunakan meteran terhadap penurunan paving dilakukan kembali setelah pengujian *push in test*.



Gambar 3. 13 Pengukuran jarak

9. Pencampuran air pada langkah 1 dilakukan dengan variasi 0 liter, 10 liter, 20 liter, dan 30 liter (dengan ketentuan 0 liter yang artinya keadaan tanah normal sesuai kondisi awal pengambilan tanah).



Gambar 3. 14 Pencampuran variasi air

10. Pencatatan dilakukan pada pengujian dengan jenis *paving holland* dan *laying pattern herring bone*.

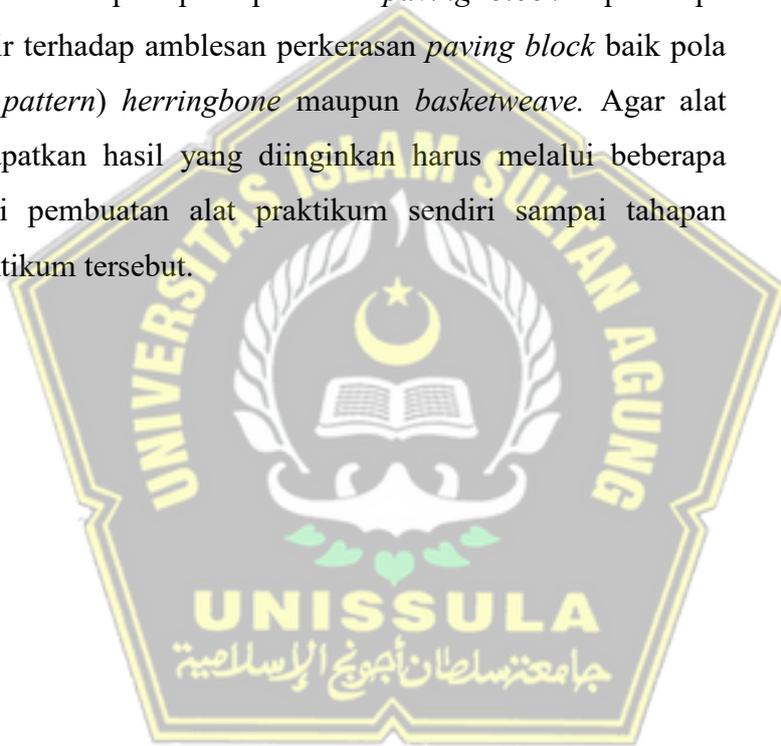
3.2.4. Desain Simulasi Alat Uji

Alat uji yang digunakan pada penelitian ini dibuat sedemikian rupa untuk rekayasa kadar air lapisan *sub-base course* terhadap amblesan perkerasan *paving block* seperti pada gambar berikut:

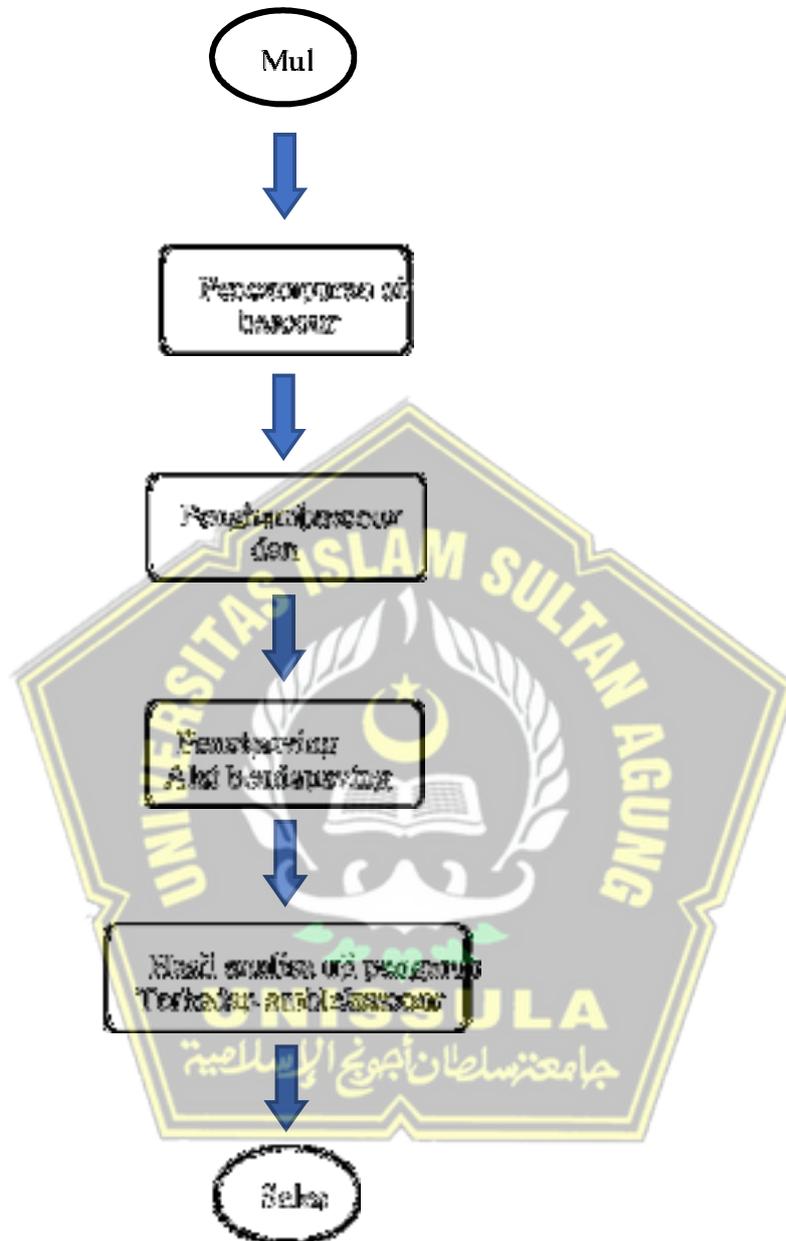


Gambar 3. 15 Eksperimen tekan tampak isometri

Alat praktikum yang dipakai pada penelitian ini, alat ini berfungsi untuk membantu membuat rekayasa pengaruh kadar air lapisan *sub-base course* terhadap amblesan perkerasan *paving block* sehingga dapat menganalisis bentuk ataupun pola penataan *paving block* seperti apa pengaruh kadar air terhadap amblesan perkerasan *paving block* baik pola penataan (*laying pattern*) *herringbone* maupun *basketweave*. Agar alat praktikum mendapatkan hasil yang diinginkan harus melalui beberapa tahap, mulai dari pembuatan alat praktikum sendiri sampai tahapan terakhir pada praktikum tersebut.



Tahapan tersebut dapat ditampilkan sebagai berikut:



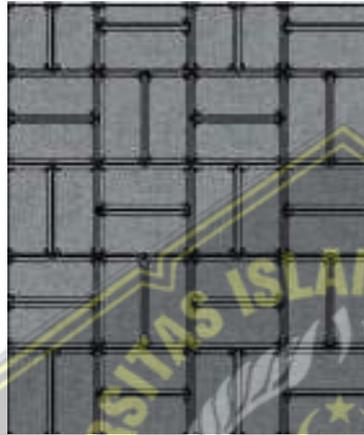
Gambar 3.16 Langkah–langkah uji pengaruh kadar air terhadap amblesan

Alat praktikum ini memerlukan beberapa parameter yang harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Parameter tersebut adalah bentuk paving *block no dented, two dented, four dented*, dan juga *laying pattern* yang sudah ditentukan membentuk luas 75 x 75 x 60 cm³. setelah melakukan penataan paving kemudian diberikan gaya vertical menggunakan *hydraulic jack* yang ada pada alat praktikum.

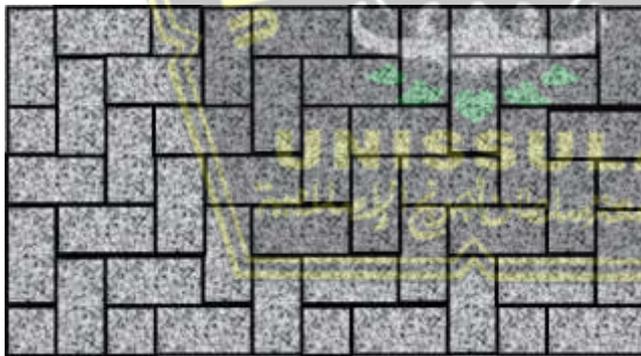
3.3. Metode Pengolahan Data

YAYASAN BADAN WAKAF

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa jenis variasi benda uji, untuk mengetahui pengaruh kadar air dalam menahan gaya vertical, maka digunakan lah sebuah alat sederhana yang berukuran 75 x 75 cm. Dalam pengujian menahan gaya vertical, *paving block* akan diberi beban gaya menggunakan *hydraulic jack* atau dongkrak *hydraulic* dari arah vertical maupun variasi *laying patern* yang digunakan adalah *Paving block* kategori no dented. Kategori *paving no dented* ini menggunakan paving bebentuk bata (*rectangular*).



Gambar 3. 17 Pola penataan basket wave



Gambar 3. 18 Pola penataan *Herringbone*

3.4. Metode Analisis Data

Jenis penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk *paving block* paling optimal dalam menahan gaya vertical (*push in*) sebagai alternatif penggunaan perkerasan *paving block* pada bahu jalan dari berbagai jenis segi pemasangan (*laying patern*), dengan menggunakan alat eksperimen sederhana berbentuk 75 x 75 cm². Untuk mendapatkan hasil yang

diinginkan maka perlu adanya perhitungan atau analisa tentang gaya vertical terhadap masing-masing pola penataan dan bentuk *paving block*.

3.5. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.19 Bagan alur penelitian

Diawali dengan latar belakang masalah, dilanjutkan dengan menemukan masalah yang menjadi dasar perlunya penelitian ini. Penelitian menggunakan kajian dari sejumlah referensi standar, *teks book* dan jurnal. Hasilnya penelitian disajikan dalam kesimpulan.

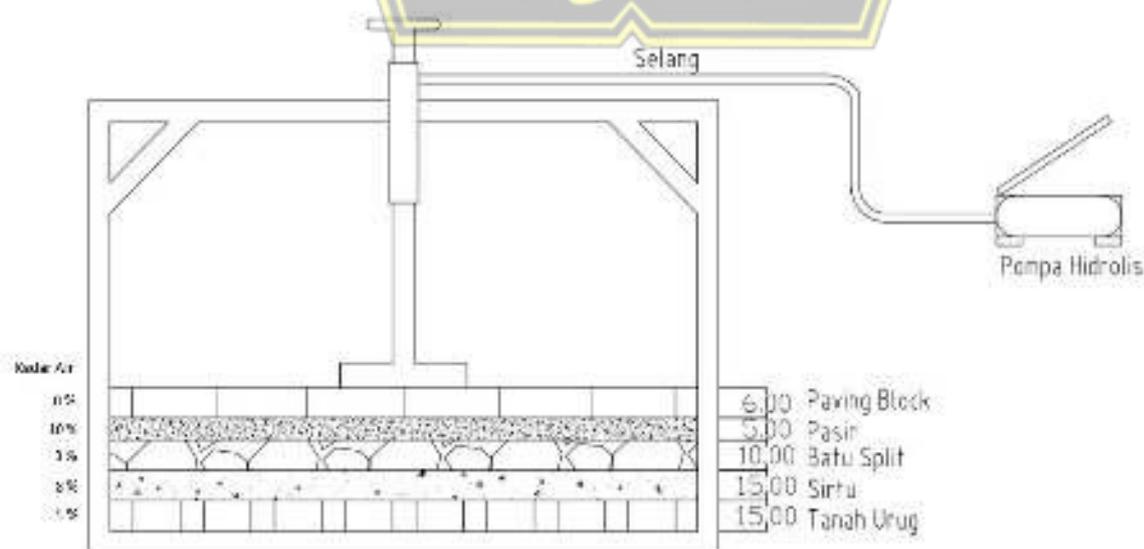
3.6. Skenario langkah-langkah eksperimen

1. Mempersiapkan bahan bahan seperti :
 1. Beli paving block holland ukuran 10,5 x 20 x 6 cm
 2. Siapkan tanah urug dari jepara
 3. Beli sirtu, batu split, dan pasir halus di toko matreal

YAYASAN BADAN WAKAF

4. Siapkan alat alat experimen penelitian, yaitu box besi 75cm x 75 cm x 65, meteran, benang, penggaris, cetok bangunan, hidrolis, jangka sorong.
2. Langkah-langkah penelitian
 1. Masukkan tanah urug lalu padatkan dengan tinggi 15 cm
 2. Masukkan sirtu lalu di padatkan dengan tinggi 15 cm
 3. Masukkan batu split lalu di padatkan dengan tinggi 10 cm
 4. Masukkan pasir halus di padatkan dengan ketinggian 5 cm
 5. Lalu pasang paving block, dengan menggunakan benang agar ketingginnya rata
3. Uji kuat tekan perkersan jalan paving block
 1. Uji kuat tekan susunan pemasangan paving block menggunakan mesin dongkrak hodrolik dengan kekuatan 2,85 ton dalam keadaan air 0 liter
 2. Tuangkan air 10 liter dan uji kuat tekan dengan kekuatan sama 2,85 ton
 3. Tambah tuangan air sampai 20 liter dan uji kuat tekan dengan kekeuatan sama 2,85 ton
 4. Terakhir tambahkan air sampai 30 liter dan uji kuat tekan dengan kekuatn sama 2,85 ton

4. Gambar kotak uji tekan paving blok dan kasi keterangan tinggi per layer dalam kotak box



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Peninjauan Lokasi

Lokasi yang diperiksa berdasarkan kondisi yang hampir sama dengan simulasi yang kami coba. Keadaan jalan di kawasan tersebut adalah perkerasan dimana sebagian besar muatan lalu lintas mobil barang adalah karena lokasi tersebut merupakan tempat pasar, mengingat jumlah mobil yang kelebihan muatan mobil adalah 2,85 pada saat muatan angkutan barang normal. sebesar 2,0 ton (UPTD Jembatan Timbang Kabupaten Bogor). Daerah tersebut juga sering mengalami banjir, yang menyebabkan jalan paving slab runtuh, memperpendek umurnya dan gagal sesuai rencana.

YAYASAN BADAN WAKAF



Gambar 4. 1 Tinjauan lokasi I



Gambar 4. 2 Tinjauan lokasi II

4.2 Analisis Gaya Vertical

Gaya vertikal disini dianalisa dengan menggunakan metode pemampatan *paving stone*, yang tujuannya adalah untuk mengetahui

reduksi paving stone dengan kadar air yang bervariasi. Jenis ubin paving yang kami uji adalah *herringbone*. Data uji kekuatan vertikal dikumpulkan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pola susunan yang digunakan dalam percobaan ini adalah tulang herring. Bentuk yang diujikan dalam percobaan ini adalah persegi panjang. Ketebalan yang digunakan pun sama, yakni 80 mm.

4.2.1 Data Bahan Uji yang digunakan

Pengujian tersebut menggunakan paver tipe *Holland* setebal 6 cm. Panjang dan lebar 20 sampel perkerasan tipe *Holland* setebal 6 cm diukur dan rata-rata dari 6 sampel dihitung. Bentuk pelat paving *Holland* diasumsikan sedang, dimana A adalah panjang perkerasan, B adalah lebar perkerasan, dan C adalah tebal perkerasan.



Gambar 4. 3 Paving block Holland

Menghitung dari semua tabel, lapisan rata-rata yang digunakan untuk menentukan ukuran total ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Rata- Rata Data Uji Paving Holland

No	Sample	Panjang	Lebar	Tinggi
1	6	20	10,5	6

Hasil perhitungan rata-rata ukuran benda uji perkerasan setebal 6 cm diperoleh panjang 20 cm, lebar 10,5 cm dan tebal 6 cm

4.2.2 Perhitungan cawan

Hitungan cup dilakukan agar pada saat menimbang cup ditentukan berat cup sehingga berat cup dapat dipisahkan dari berat isi saat menimbang.

Tabel 4. 2 Hasil Berat Cawan

Normal	Pasir Gr	Basecose Gr
Cawan	53	54.19
cawan+isi	470.5	558.5
setelah dioven cawan+isi	468.4	536.8
isi basah	417.5	513.4
isi kering	364.5	459.21

Berdasarkan hasil yang diperoleh, berat cawan yang digunakan pada pasir seberat 53 gram dan berat cawan yang digunakan pada lapisan tanah seberat 54,19 gram Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan berat isi, tanpa menambahkan berat cawan digunakan

4.2.3 Perhitungan Vertical

Perhitungan vertikal ini menggunakan alat khusus yang dirancang sendiri dari bahan kotak baja berukuran 75 x 75 x 51 cm, ditopang oleh dongkrak hidrolis, yang berfungsi untuk memberikan gaya pada perkerasan jalan, menciptakan tekanan vertikal pada perkerasan jalan. trotoar. batu adalah trotoar yang dipraktikkan. Tekanan vertikal yang terdeteksi ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 4 Paving block yang akan diuji

Metode pengukuran vertikal dilakukan dengan alat ukur, setelah itu jarak antara tambalan dan besi palu diukur sebelum gaya diterapkan, setelah itu perubahan jarak antara tambalan dan palu diukur. Hasil pengukuran gaya dan perpindahan berkurang.

Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Gaya Vertical Amblesan

No	Laying Patern	Variasi Kadar Air (%)	Amblesan (cm)	Beban	Kuat tekan
				kg/cm	Psi
1	Herringbone	0	2	170	2300
2		10	4	170	2234
3		20	7	170	2284
4		30	9	170	2550

Dari hasil pengujian benda uji dan pola *herringbone* 4 sampel menggunakan alat uji gaya vertikal dengan gaya sebesar 170 kg/cm. Beban vertikal terbesar terjadi pada *paving stone* dengan penambahan air 30 liter. Sedangkan pada penambahan air 20 liter dengan susunan dan kekuatan yang sama terjadi penurunan muka tanah sebesar 7 cm, dan pada penambahan air 10 liter penurunan muka tanah 4 cm dan tanpa air (0 liter) dengan susunan perkerasan jalan paving block dalam keadaan kering, penurunannya adalah 2 cm. Dengan beban 170 kg/cm, kekuatan gaya tekan dapat di lihat dari manometer alat uji tekan.

YAYASAN BADAN WAKAF

Tabel 4.2 menunjukkan hasil kuat tekan vertikal untuk perkerasan Dutch herringbone setebal 6 cm dengan kekuatan tekan yang sama yaitu 170 kg/cm. Kuat tekan vertikal pada air 0 liter (pada saat kering dalam susunan perkerasan jalan paving block) memberikan kuat tekan 2300 psi. Pada penambahan air 10 liter, kuat tekannya 2234 psi. Penambahan 20 liter air memiliki kuat tekan 2284 psi dan penambahan 30 liter air diperoleh kuat tekannya yaitu 2550 psi. Dari sini dapat disimpulkan bahwa karena hujan lebat atau banjir, perkerasan jalan paving block akan mengakibatkan percepatan amblesan permukaan jalan.

4.3 Hasil Analisa Penurunan Terhadap Gaya Vertical

Gambar 4.5 menggunakan tata letak *cobblestone* untuk mengontrol creep vertikal pada perkerasan *cobblestone* menggunakan pola herringbone. Dalam pengujian ini digunakan paving stone setebal 6 cm, *Dutch paver*, pasir lentur setebal 5 cm, dan pasir sambungan setebal 3 mm.



Gambar 4.5 Sebelum diberi gaya vertical pada paving holland



Gambar 4. 6 Sesudah diberi gaya vertical pada paving holland

Dapat dilihat dari Gambar 4.6 bahwa penurunan terjadi ketika perkerasan mengalami aliran vertikal yaitu *Holland* dilakukan dengan susunan *Haringbond*. Pengujian dilakukan empat kali dalam uji tekan vertikal untuk menentukan pengurangan perkerasan dari berbagai kadar air.

Tabel 4. 3 Vertical push in test pada paving holland ditekan dengan 170 kg/cm

H ₁	23 cm	23 cm	25 cm	26 cm
H ₂	25 cm	27 cm	32 cm	35 cm
ΔH	2 cm	4 cm	7 cm	9 cm

Keterangan : H₁ = Ketinggian Awal

H₂ = Ketinggian pada saat di tekan

ΔH = Beda Tinggi

Tabel 4.3 menunjukkan hasil kuat tekan vertikal untuk perkerasan Dutch herringbone setebal 6 cm. Kuat tekan vertikal pada air 0 liter (pada saat kering dalam susunan perkerasan jalan paving block) di tekan dengan kekuatan 170 kg/cm dengan tinggi awal 23 cm dan setelah di tekan memperoleh tinggi 25 cm, pada penambahan air 10 liter kuat tekan 170 kg/cm, ketinggian awal 23 cm setelah di tekan dengan kekuatan sama memperoleh tinggi 27 cm, penambahan 20 liter air memiliki kuat tekan sama dengan tinggi awal 25 cm setelah ditekan menjadi 32 cm dan

penambahan 30 liter air dengan kuat tekan sama 170 kg/cm tinggi awal 26 cm setelah di tekan 35 cm.

4.4 Hasil analisis pengaruh kadar air lapisan dasar terhadap penurunan

Gambar 4.7 menunjukkan penurunan lapisan dasar dipengaruhi oleh variasi kadar air saat menahan mulur vertikal. Permukaan setebal 6 cm dengan bantalan pasir 5 cm dalam pola *herringbone*.



Gambar 4. 7 Grafik beda tinggi pada paving setelah ditekan

Gambar 4.7 menunjukkan perbedaan ketinggian terhadap penyimpangan vertikal. Diagram ini dihasilkan dari Tabel 4.3. Perbandingan kadar air perkerasan tipe *Holland* menggunakan pola peletakan *Strecherbond*. Pada pola peletakan balutan rapat dengan penambahan air 0 liter, 10 liter, 20 liter dan 30 liter dengan tebal 6 cm. Susunan perkerasan jalan paving block kering dengan air 0 liter (tanah urug) mengalami penurunan 2 cm setelah kompresi mulur vertikal. Pada saat yang sama mengalami penurunan 4 cm dengan lapisan dasar ditambahkan air 10 liter, penurunan 7 cm dengan lapisan dasar penambahan air 20 liter dan penurunan 9 cm dengan lapisan dasar penambahan air 30 liter

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh air hujan/basah terhadap amblesan pada perkerasan jalan paving block di dapatkan bahwa semakin deras air hujan maka

YAYASAN BADAN WAKAF

amblesan semakin besar. Pengaruh lapisan perkerasan jalan paving block terhadap amblesan yaitu jika saat musim kemarau kandungan air pada lapisan-lapisan perkerasan paving itu lebih sedikit di banding musim hujan sehingga tanah urug lebih stabil untuk menahan beban lalu lintas.

2. Perbandingan amblesan jalan paving block yang di uji dalam box berukuran 75x75x51 cm akibat beban pada musim kemarau dengan musim penghujan berdasarkan hasil test di laboratorium dengan variasi penambahan air pada permukaan (simulasi hujan) dengan tambahan air 0 liter saat keadaan kering/kemarau (ambles 2cm), 10 liter (ambles 4cm), 20 liter (ambles 7cm), 30 liter (ambles 9cm).

5.2 Saran

1. Pentingnya melakukan lebih banyak lagi analisis *paving block* dengan berbagai macam bentuk *paving block* dengan menggunakan layang pattern lebih banyak variasi sehingga bisa membandingkan kemampuan menahan *vertical creep* dari gaya vertical
2. Agar air hujan tidak langsung masuk ke dalam dasar tanah, maka sebaiknya pada sela-sela *paving block* diberi tanah lempung, *shealent* atau diberi campuran semen (acian).
3. Untuk mencegah terjadinya air yang mennggenang di atas jalan *paving block* sebaiknya di saat pemasangan *paving blok* di buat punggung sapi dengan kemiringan sampai 30%.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar,; Taufiq, Fauzi,; dan Novianto, Randi. (2006). *Peningkatan Mutu Paving Block Hexagonal Dengan Modifikasi Campuran Semen Pasir Yang Dibuat Manual*, Fakultas Teknik Jursan Sipil Unissula, Semarang

Apriyanto, Hendri. "Pengelolaan BRT Trans Semarang Dalam Pelayanan Transportasi Masyarakat Pada Badan Layanan Umum (BLU) Tans Semarang Koridor I Mangkang–Penggaron."

Arsyad, Sitanala. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : IPB Press
Asdak, Chay. (2010). *Hidrologi dan pengolahan Daerah Aliran Sungai: Edisi revisi Kelima*. Yogyakarta; Gadjah Mada University Press Yogyakarta

Helmi Wahyu Setyanto dan Intan Nuril Karimah, (2016) *Analisis Paving Block Hexagonal Sebagai Bentuk Paving Optimum*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Unissula, Semarang.

Husna, A. a. (2017), *Analisis Efektifitas Penggunaan Lapisan Base Course Pada Perkerasan Jalan Paving Block Dengan menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus Kawasan Kampus Unissula)*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Unissula, Semarang.

Nanik Dwi, & Nur Purnomo. (2009). *Analisis Penurunan lapisan Pasir Atas (Bedding Sand) Pada Perkerasan Paving Block*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unissula, Semarang.

Nugroho, Eko Ngudi and Rahardian. M, Ravendra (2017). *Analisis Interlocking Paving Block bentuk Hexagonal Dengan Model Finite Element 3D Program Plaxis*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Unissula, Semarang.

Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung

Sukirman, Silvia. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta. Granit.

Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta:

Penerbit Andi.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. ANDI Offset Yogyakarta

Sutkar, V. S., & Gogate, P. R. (2009). Design aspects of sonochemical reactors: techniques for understanding cavitation activity distribution and effect of operating parameters. *Chemical Engineering Journal*, 155(1-2), 26-3