TUGAS AKHIR

ANALISIS DAMPAK BEBAN KENDARAAN TERHADAP LENDUTAN (*RUTTING*) PADA PERKERASAN JALAN *PAVING BLOCK*: STUDI KASUS RUAS JALAN KAWASAN INDUSTRI WIJAYAKUSUMA STA +140 SEMARANG

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh:

Bayu Adi Nugroho
NIM : 30202000249

Iqmal Sazali
NIM : 30202000271

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2022

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DAMPAK BEBAN KENDARAAN TERHADAP LENDUTAN
(*RUTTING*) PADA PERKERASAN JALAN *PAVING BLOCK*

Bayu Adi Nugroho
30202000249

Iqmal Sazali
30202000271

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal: _____

Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D	.....
2. Ari Sentani, S.T., M.Sc.	.....
3. Selvia Agustina S.T., M.Eng.	.....

Disahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil UNISSULA

A/N

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor:

Pada hari ini, _____ tanggal _____ bedasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D
   Jabatan Akademik : Lektor Kepala
2. Nama : Ari Sentani, S.T., M.Sc.
   Jabatan Akademik : Asisten Ahli

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir/Skripsi:

Nama : Bayu Adi Nugroho Nama : Iqmal Sazali
NIM : 30202000249 NIM : 30202000271

Judul: Analisis Dampak Beban Kendaraan Terhadap Lendutan (*Rutting*) Pada Perkerasan Jalan *Paving Block*. Studi Kasus Ruas Jalan Kawasan Industri Wijaya Kusuma STA +140 Semarang. Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	18 Oktober 2021	-
2	Proposal	14 Desember 2021	ACC
3	Pengumpulan data	6 Maret 2022	-
4	Analisis data	27 Maret 2022	-
5	Penyusunan laporan	2 Juni 2022	-
6	Selesai laporan	20 Juli 2022	ACC

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

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Ari Sentani, S.T., M.Sc.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik SIpil

M. Rusli Anyar, S.T., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : 1. Bayu Adi Nugroho
2. Iqmal Sazali

NIM : 1. 30202000249
2. 30202000271

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

Analisis Dampak Beban Kendaraan Terhadap Lendutan (*Rutting*) Pada Perkerasan Jalan *Paving Block*: Studi Kasus Ruas Jalan Kawasan Industri Wijaya Kusuma STA +140 Semarang

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 2022

Yang membuat pernyataan,

Bayu Adi Nugroho

Iqmal Sazali

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : 1. Bayu Adi Nugroho
2. Iqmal Sazali

NIM : 1. 30202000249
2. 30202000271

JUDUL SKRIPSI: ANALISIS DAMPAK BEBAN KENDARAAN TERHADAP LENDUTAN (*RUTTING*) PADA PERKERASAN JALAN *PAVING BLOCK*: STUDI KASUS RUAS JALAN KAWASAN INDUSTRI WIJAYA KUSUMA STA +140 SEMARANG

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 2022

Yang membuat pernyataan,

Bayu Adi Nugroho

Iqmal Sazali

HALAMAN MOTTO

1. “Sesungguhnya orang-orang yang kafir, bagi mereka tidak akan berguna sedikit pun harta benda dan anak-anak mereka terhadap (azab) Allah. Dan mereka itu (menjadi) bahan bakar api neraka.” (Ali ‘Imran: 10);
2. “Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Al-Insyirah: 5-6);
3. Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya. (Mereka berdoa), “Ya Tuhan kami, janganlah Engkau hukum kami jika kami lupa atau kami melakukan kesalahan. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau bebani kami dengan beban yang berat sebagaimana Engkau bebankan kepada orang-orang sebelum kami. Ya Tuhan kami, janganlah Engkau pikulkan kepada kami apa yang tidak sanggup kami memikulnya. Maafkanlah kami, ampunilah kami, dan rahmatilah kami. Engkaulah pelindung kami, maka tolonglah kami menghadapi orang-orang kafir.” (QS. Al-Baqarah: 286).
4. Selesaikan apa yang telah kamu mulai;

UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.Hum., selaku Rektor Univeristas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Univeristas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi dan Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., M.T., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
4. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang penuh keikhlasan berkena memberikan bimbingan, membina, dan mengarahkan penyusun sehingga skirpsi ini dapat selesai;
5. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc., dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini;
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan kepada penyusun hingga saat ini.
7. Kepada Orangtua. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta yang tidak pernah lelah dan terus memberikan doa, restu dan dukungan disetiap langkah selama penyusunan.
8. Iqmal Sazali selaku mitra Tugas Akhir yang mau berjuang bersama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
9. Keluarga besar PT Putra Wijayakusuma Sakti yang telah memberikan dukungan penuh atas berjalannya perkuliahan di lingkungan kerja.
10. Rekan Teknik Sipil Unissula Kelas Transfer angkatan 2019, 2020 & 2021.

11. Semua pihak yang terlibat dan membantu penyusun untuk menyelesaikan skripsi ini.

Bayu Adi Nugroho

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.Hum., selaku Rektor Univeristas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Univeristas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi dan Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., M.T., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
4. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang penuh keikhlasan berkena memberikan bimbingan, membina, dan mengarahkan penyusun sehingga skirpsi ini dapat selesai;
5. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc., dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini;
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan kepada penyusun hingga saat ini.
7. Kepada Orangtua. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta yang tidak pernah lelah dan terus memberikan doa, restu dan dukungan disetiap langkah selama penyusunan.
8. Bayu Adi Nugroho selaku mitra Tugas Akhir yang mau berjuang bersama mengerjakan tugas akhir ini hingga selesai.
9. Keluarga besar PT Murinda Iron Steel yang telah memberikan dukungan penuh atas berjalannya perkuliahan di lingkungan kerja.
10. Rekan Teknik Sipil Unissula Kelas Transfer angkatan 2019, 2020 & 2021.

11. Semua pihak yang terlibat dan membantu penyusun untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna to thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting.*

Iqmal Sazali

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penyusun panjatkan atas kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya sehingga Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisis Dampak Beban Kendaraan Terhadap Penurunan (*Rutting*) Pada Perkerasan Jalan *Paving Block*". Tak lupa shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Nabi Muhammad SAW. Semoga berkah dan rahmat-Nya terlimpahkan kepada beliau Nabi Muhammad SAW, keluarga beserta para sahabatnya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang. Dalam penyusunannya, skripsi ini tidak lepas dari banyak bantuan, petunjuk serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H., M.Hum., selaku Rektor Univeristas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung dan Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.
3. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.
4. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi dan Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., M.T., selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
5. Ibu Selvia Agustina S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembanding Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan arahan, dorongan, kritik dan saran dengan penuh kesabaran.

6. Orang tua, keluarga, serta sahabat - sahabat dari kedua penulis, atas dukungan serta bantuan yang telah diberikan.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, demikian pula dengan apa yang kami kerjakan pun tak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis dengan senang hari akan menerima segala bentuk saran yang bersifat menbangun demi perbaikan dan perkembangan di masa mendatang.

Penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, bagi penyusun, maupun bagi pembaca. Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya kepada kita semua.

Semarang, 2022

Bayu Adi Nugroho

Iqmal Sazali

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR ..... **iv**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ..... **v**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **vi**
HALAMAN MOTTO ..... **vii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **xii**
DAFTAR ISI ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**
DAFTAR TABEL ..... **xx**
ABSTRAK ..... **xxii**
BAB I PENDAHULUAN **2**
1.1. Latar Belakang 2
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 4
1.6. Sistematika Penulisan 4
BAB II STUDI PUSTAKA **6**
2.1. Perkerasan Jalan 6
2.2. Tipe Perkerasan Jalan 6
2.2.1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) 7
2.2.2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) 8
2.2.3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) 8

2.2.4. Perkerasan *Paving Block* 9
2.3. Spesifikasi *Paving Block* 10
2.3.1. Bentuk *Paving Block* 10
2.3.2. Ukuran *Paving Block* 13
2.3.3. Pola Perletakan (*Laying Pattern*) 13
2.3.4. Jarak Sambung *Paving* 14
2.3.5. Kekuatan *Paving Block* 15
2.3.6. Tebal Pasir Alas (*Bedding Sand*) 16
2.4. Lapis Perkerasan Jalan *Paving* 17
2.4.1. Lapisan *Subgrade* 17
2.4.2. Lapisan *Sub-base* 17
2.4.3. *Laying Course* (*Bedding Sand*) 18
2.4.4. *Surface Course* (Lapis Permukaan/*Paving Block*) 19
2.5. Sistem Drainase 19
BAB III METODE PENELITIAN 20
3.1. Diagram Alir 20
3.2. Alat dan Benda Uji 21
3.3. Spesifikasi Perkerasan 24
3.4. Metode Pengumpulan Data 25
3.4.1. Data Primer 25
3.4.2. Data Sekunder 26
3.5. Metode Penelitian 26
3.6. Hasil Perhitungan 29
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 30
4.1. Analisa Pelaksanaan Pekerjaan 30
4.1.1. Persiapan Tanah Dasar 30
4.1.2. Pekerjaan Timbunan 30
4.1.3. Pekerjaan Lapis Pondasi Bawah (LPB) 32

4.1.4. Pekerjaan Lapis Pondasi Atas (LPA) 34
4.1.5. Metode Pelaksanaan Paving 38
4.2. Spesifikasi Material *Paving Block* 38
4.2.1. Panjang 38
4.2.2. Lebar 39
4.2.3. Tebal 40
4.2.4. *Champer* 42
4.2.5. *Nib Space* 43
4.2.6. Berat 44
4.2.7. Kuat Tekan 45
4.3. Langkah-Langkah Penelitian 46
4.4. Monitoring Cuaca 49
4.5. Volume Kendaraan 51
4.6. Visual Perkerasan *Paving Block* 54
4.7. Hasil Analisa Lendutan Yang Terjadi 56
4.7.1. Minggu ke-1 (umur perkerasan 72 hari) 56
4.7.2. Minggu ke-2 (umur perkerasan 79 hari) 60
4.7.3. Minggu ke-3 (umur perkerasan 86 hari) 64
4.7.4. Minggu ke-4 (umur perkerasan 95 hari) 68
4.7.5. Grafik Penurunan Perkerasan *Paving Block* 73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 76
5.1. Kesimpulan 76
5.2. Saran 76
DAFTAR PUSTAKA xxiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Potongan Melintang Perkerasan Lentur *(Flexible Pavement)* 7
Gambar 2.2. Potongan Melintang Perkerasan Kaku *(Rigid Pavement)* 8
Gambar 2.3. Perkerasan Komposit *(Composite Pavement)* 9
Gambar 2.4. Perkerasan *Paving Block* 10
Gambar 2.5. Bentuk-bentuk *paving block* 11
Gambar 2.6. *Stretcher* 14
Gambar 2.7. *Herringbone* 14
Gambar 2.8. *Basket Weave* 14
Gambar 3.1. Diagram alir 20
Gambar 3.2. Potongan melintang perkerasan 25
Gambar 3.3. Tampak atas 25
Gambar 3.4. Lokasi Penelitian 26
Gambar 3.5. Lokasi pengamatan 27
Gambar 3.6. Marking area penelitian 27
Gambar 3.7. Marking elevasi *as built drawing* 28
Gambar 3.8. Pengukuran kedalaman lendutan (*rutting*) 28
Gambar 4.1. Potongan melintang jalan 33
Gambar 4.2. Metode Pelaksanaan Lapis Pondasi Atas 36
Gambar 4.3. Panjang *Paving Block* 39
Gambar 4.4. Lebar Paving 40
Gambar 4.5. Tebal *Paving Block* 41
Gambar 4.6. Detail Pengukuran *Paving Block* 41
Gambar 4.7. Champer *Paving Block* 42
Gambar 4.8. *Nib Space* 43
Gambar 4.9. Persiapan alat 46
Gambar 4.10. Marking Area Penelitian 46
Gambar 4.11. Patok Permanen/*Bench Mark* 47
Gambar 4.12. Pemasangan patok 47
Gambar 4.13. Menghubungkan elevasi antar patok 48
Gambar 4.14. Mengukur kedalaman *rutting* 48
Gambar 4.15. Kendaraan Roda 4 (Penumpang) 53
Gambar 4.16. Kendaraan Roda 4 (Barang) 53
Gambar 4.17. Kendaraan Roda 10 53
Gambar 4.18. Kendaraan Roda >10 54
Gambar 4.19. *Mapping* pengambilan sampel jarak antar paving 54

Gambar 4.20. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 1 55
Gambar 4.21. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 2 55
Gambar 4.22. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 3 56
Gambar 4.23. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 4 56
Gambar 4.24. Potongan melintang As A (minggu ke-1).....57
Gambar 4.25. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-1).....57
Gambar 4.26. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-1).....57
Gambar 4.27. Potongan melintang As B (minggu ke-1).....59
Gambar 4.28. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-1).....59
Gambar 4.29. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-1).....59
Gambar 4.30. Potongan melintang As A (minggu ke-2).....61
Gambar 4.31. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-2).....61
Gambar 4.32. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-2).....61
Gambar 4.33. Potongan melintang As B (minggu ke-2).....63
Gambar 4.34. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-2).....63
Gambar 4.35. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-2).....63
Gambar 4.36. Potongan melintang As A (minggu ke-3).....65
Gambar 4.37. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-3).....65
Gambar 4.38. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-3).....65
Gambar 4.39. Potongan melintang As B (minggu ke-3).....67
Gambar 4.40. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-3).....67
Gambar 4.41. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-3).....67
Gambar 4.42. Potongan melintang As A (minggu ke-4).....69
Gambar 4.43. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-4).....69

Gambar 4.44. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-4).....69
Gambar 4.45. Potongan melintang As B (minggu ke-4).....71
Gambar 4.46. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-4).....71
Gambar 4.47. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-4).....71
Gambar 4.48. Ilustrasi data.....73
Gambar 4.49. Grafik Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block*.....74
Gambar 4.50. Grafik Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block* Mingguan 75

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kekuatan Fisik *Paving Block* 15
Tabel 2.2. Tabel ukuran saringan *bedding sand* 16
Tabel 2.3. Tabel ukuran saringan *joint filling sand* 17
Tabel 3.1. Daftar alat 22
Tabel 4.1. Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Tanah Timbunan 31
Tabel 4.2. Hasil Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Lapis Pondasi Bawah 32
Tabel 4.3. *Sieve Sieze Analysis* Sirtu dari *Quarry* Kalikangkung Ngaliyan Semarang 33
Tabel 4.4. *Sieve Sieze Analysis* Sirtu dari *Quarry* Karangjati Kabupaten Semarang 37
Tabel 4.5. Hasil Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Lapis Pondasi Atas 37
Tabel 4.6. Panjang *Paving Block* 39
Tabel 4.7. Lebar *Paving Block* 40
Tabel 4.8. Tebal *Paving Block* 41
Tabel 4.9. Dimensi Champer *Paving Block* 43
Tabel 4.10. Dimensi *Nib Space* 44
Tabel 4.11. Kuat tekan *Paving Block* 45
Tabel 4.12. Monitoring cuaca bulan Desember 49
Tabel 4.13. Monitoring cuaca bulan Januari 49
Tabel 4.14. Monitoring cuaca bulan Februari 50
Tabel 4.15. Monitoring cuaca bulan Maret 50
Tabel 4.16. Rekapitulasi Intensitas Hujan 51
Tabel 4.17. Data lalu lintas pada hari kerja (Senin) 51
Tabel 4.18. Data lalu lintas pada hari kerja (Kamis) 52
Tabel 4.19. Data lalu lintas pada hari kerja (Minggu) 52
Tabel 4.20. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-1) 58
Tabel 4.21. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-1) 60
Tabel 4.22. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-2) 62
Tabel 4.23. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-2) 64
Tabel 4.24. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-3) 66
Tabel 4.25. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-3) 68
Tabel 4.26. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-4) 70
Tabel 4.27. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-4) 72

Tabel 4.28. Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block*.....73
Tabel 4.29. Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block* Mingguan 75

ABSTRAK

ANALISIS DAMPAK BEBAN KENDARAAN TERHADAP LENDUTAN (*RUTTING*) PADA PERKERASAN JALAN *PAVING BLOCK*: STUDI KASUS RUAS JALAN KAWASAN INDUSTRI WIJAYA KUSUMA STA +140 SEMARANG

Oleh:
Bayu Adi Nugroho[1)], Iqmal Sazali[1)], Rachmat Mudiyono[2)], Ari Sentani[2)]

[1]Mahasiswa/Program Sarjana/Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung
[2]Dosen/Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang-50112, Jawa Tengah

Paving block merupakan salah satu material utama konstruksi jalan raya yang banyak digunakan di negara berkembang karena kemampuan adaptasi kemampuan ekonominya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan karakteristik dari lendutan perkerasan *paving block*.

Untuk mengetahui lendutan dilakukan pengamatan langsung pada perkerasan *paving block*. Metode penelitian dilakukan menggunakan tarikan benang yang mewakili elevasi permukaan *paving block* mula-mula yang didapatkan dari data *as built drawing*, perbedaan elevasi antara benang dan kondisi *existing* menunjukan angka penurunan yang terjadi.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, lendutan pada paving disebabkan oleh bentuk paving yang tidak seragam, sehingga *interlocking* antar *paving block* tidak maksimal. Faktor cuaca mampu mempengaruhi penurunan perkerasan, pada minggu ke-2 memiliki angka penurunan tertinggi karena dalam periode tersebut terdapat intensitas yang tinggi dibandingkan dengan minggu yang lain. Tanah timbunan (*sumgrade*) memiliki harga CBR sebesar 13,47%; Lapis Pondasi Bawah memiliki harga CBR sebesar 46,68%; dan Lapis Pondasi Atas memiliki harga CBR sebesar 84,39%. Titik penurunan terbesar terletak pada sumbu roda. Pada ruas jalur masuk kawasan memiliki angka penurunan lebih besar daripada ruas jalur keluar kawasan karena kendaraan logistik yang berat yang masuk berupa *truck trailer* berisi muatan penuh dan keluar dengan keadaan tanpa muatan.

Kata kunci: Alur, Beban Kendaraan, Lendutan, Perkerasan *Paving Block*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Paving block (bata beton) merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton (Badan Standarisasi Nasional, 1996).

Paving block merupakan salah satu material utama konstruksi jalan raya yang banyak digunakan di negara berkembang karena kemampuan adaptasi kemampuan ekonominya. Metode ini muncul menjadi pilihan sebagai konstruksi jalan raya yang hemat biaya.

Perkerasan paving berbeda dari perkerasan beton atau perkerasan aspal pada umumnya. Perkerasan paving dibangun dengan menggunakan blok beton individu dengan pola konstruksi yang unik membentuk lapisan permukaan deskret untuk menanggung beban lalu lintas. Balok beton tersebut membentuk struktur menerus yang terikat dengan *bedding sand* untuk meminimalkan perputaran dan pergerakan balok sehingga stabilitas struktur dapat terbentuk (Lin et al., 2016).

Sejak masuk ke Indonesia pada 1978, *paving block* masih menjadi material yang sering digunakan dalam pembangunan trotoar dan jalan raya karena memiliki nilai estetika dan perawatannya yang mudah. Masyarakat Indonesia beranggapan bahwa *paving block* juga dapat menjadi solusi dalam menangani banjir yang dalam hal ini *paving block* berperan sebagai area resapan air hujan karena curah hujan tahunan di Indonesia tergolong tinggi yaitu berkisar antara 2.000-3.000 mm per tahun pada tahun 2020.

Pada beberapa studi *paving block* terdahulu (Knapton, 1976) menjelaskan bahwa pola peletakan bata beton tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persebaran

beban lalu lintas. Miura dkk. (1984) dan Shackel dkk. (1993) pernah melaporkan bahwa peletakan bata beton dengan pola *herringbone bond* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan peletakan bata dengan pola stretcher bond. Panda dan Ghosh (2002a) juga menemukan tidak adanya pengaruh dalam kekuatan struktural dari perbedaan pola susun perkerasan bata beton. Ada beberapa kontradiksi dalam temuan masa lalu tentang pola peletakan yang efektif. Tak satu pun dari studi telah mempertimbangkan kinerja relatif dari empat pola peletakan yang berbeda (*basket wave*, *hering bond*, *stack*, dan *structure*) dan respons perkerasan untuk beban pengereman. Oleh karena itu, efektivitas pola peletakan blok di bawah beban vertikal beban lalu lintas dan aksi pengereman perlu diselidiki perkerasan blok beton yang lebih stabil. (Mampearachchi & Gunarathna, 2010)

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Bagaimana menganalisis penyebab lendutan perkerasan jalan *paving block*?
b. Bagaimana komposisi struktur bawah perkerasan *paving* yang tepat?
c. Bagaimana cara mengetahui lendutan *paving* akibat beban lalu lintas yang mengakibatkan *rutting*/alur?

1.3. Tujuan Penelitian

Tuiuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

a. Mengetahui penyebab lendutan perkerasan jalan *paving block*.
b. Mengetahui komposisi stuktur bawah perkerasan jalan *paving block*.
c. Mengetahui lendutan perkerasan jalan *paving block* akibat beban lalu lintas yang menyebabkan kerusakan *rutting*/alur.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Penelitian ini hanya dilakukan di Fakultas Teknik UNISSULA
b. Tinjauan struktur merupakan sampel dari kondisi aktual perkerasan jalan *paving block* pada ruas jalan Kawasan Industri Wijaya Kusuma.
c. *Paving block* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah concrete block (block beton) pada blok beton mutu A sesuai SNI 03-0691-1996.
d. Bentuk *paving block* yang akan digunakan adalah berbentuk balok.
e. Perkerasan jalan *paving block* yang digunakan dalam penelitian memiliki pola susun *herringbone* 45^{o}.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Memberikan pengetahuan mengenai permodelan struktur perkerasan *paving block*.
b. Memberikan informasi mengenai lendutan yang terjadi pada perkerasan *paving block*.
c. Memberikan informasi mengenai pengaruh beban lalu lintas terhadap kelendutan *paving block*.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun membagi menjadi lima bab dengan sistematikaa sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan.

BAB II : STUDI PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai penjelasan karakteristik pada perkerasan jalan dan *paving block* secara umum, karakteristik *paving block*, detail lapisan perkerasan *paving block*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai tentang penjelasan jenis penelitian yang dilakukan serta menganalisis kelendutan yang terjadi pada *paving block*, jenis data, sumber data, teknik pengumpulan data, dan diagram alur analisis.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai hasil penelitian yang terjadi yaitu hasil analisa pengujian lendutan pada *paving block* yang berbentuk balok dengan pola penataan *herringbone*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini menyimpulkan hasil dari analisis serta memberikan saran mengenai analisis.

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan bukan hanya sekadar memberi permukaan yang rata pada sebuah ruas jalan, lebih dari itu perkerasan jalan harus mampu melayani beban kendaraan yang melintas sehingga sebuah perkerasan jalan memerlukan kekuatan, kekakuan, dan daya tahan yang memadai. Sebuah konsep daya tahan dalam kenyataannya tidaklah mudah untuk diterapkan dan memerlukan perawatan yang berkesinambungan. Idealnya untuk merencanakan sebuah perkerasan jalan harus memperhitungkan pemeliharaan jangka panjang.

Sebuah perkerasan jalan memerlukan tiga komponen dasar. Lapisan pertama merupakan lapisan terluar yang menerima beban langsung dari kendaraan yang melintas dan melindungi lapisan di bawahnya dari cuaca. Penentuan lapisan terluar perkerasan ditentuka oleh alinyemen jalan yang diperlukan. Pada lapisan kedua terdapat *basecourse* yang memberikan kekuatan dan kekakuan yang dibutuhkan untuk memikul beban roda lalu lintas sepanjang umur perkerasan. *Subgrade* berada pada lapisan ketiga atau sebagai lapisan terbawah dari suatu perkerasan. *Subgrade* menopang konstruksi *basecourse* dan lapisan selanjutnya dibawah lalu lintas. Jika kondisi tanah asli buruk maka harus diganti dengan kualitas tanah yang lebih baik (Lay et al., 2020).

2.2. Tipe Perkerasan Jalan

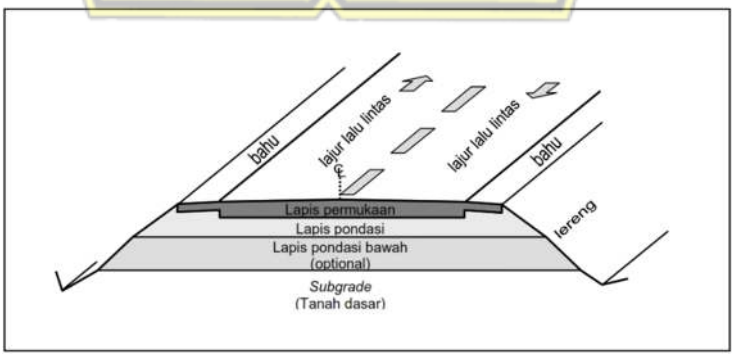
Konstruksi perkerasan jalan secara umum terbagi menjadi tiga tipe antara lain perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Perkerasan lentur biasanya terdiri dari beton aspal yang ditempatkan di atas lapisan granular yang ditopang secara langsung oleh tanah yang telah dipadatkan yang selanjutnya disebut dengan tanah dasar. Perkerasan kaku biasanya terdiri dari lapisan beton portland yang terletak di atas tanah

dasar dengan atau tanpa lapisan tengah. Perkerasan komposit merupakan perkerasan hasil dari perbaikan perkerasan, dimana beton portland digunakan untuk menutupi perkerasan aspal yang rusak ataupun sebaliknya. (Papagiannakis & Masad, 2008).

Beban kendaraan ditransmisikan ke perkerasan jalan melalui roda terhadap muka jalan dimana berat kendaraan sebagai beban vertikal, gaya rem pada kendaraan sebagai beban horizontal, dan pergerakan roda sebagai getaran. Beban berpindah dari permukaan jalan ke lapisan di bawahnya. Model distribusi muatan dipengaruhi oleh kekakuan sifat penerima muatan. Pelat beton dengan nilai kekakuan tinggi mendistribusikan beban kendaraan pada bidang dengan luas yang sama dengan pelat beton, sehingga beban per satuan luas yang didistribusikan ke lapisan di bawah pelat menjadi kecil. Perkerasan lentur memiliki perkerasan yang lebih rendah, sehingga beban yang disalurkan ke lapisan bawah dapat didistribusikan ke area yang lebih sempit (Sukirman, 2010)

2.2.1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

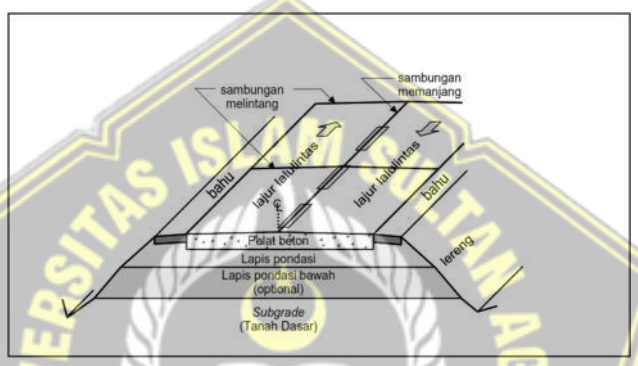
Pada kondisi jalan yang melayani beban lalu lintas ringan hingga sedang direkomendasikan untuk menggunakan desain perkerasan lentur seperti pada jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas di bawah permukaan jalan, perkerasan bahu jalan, ataupun konstruksi bertahap (Sukirman, 2010). Ilustrasi potongan melintang perkerasan lentur dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**



Gambar 2.1. Potongan Melintang Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
Sumber: (Sukirman, 2010)

2.2.2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Desain perkerasan kaku tepat diaplikan pada kondisi jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi, didominasi oleh kendaraan berat seperti di sekitar gerbang tol, jalan yang dilalui kendaraan berat dengan laju kecepatan yang rendah atau di daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat (Sukirman, 2010). Ilustrasi potongan melintang perkerasan kaku dapat dilihat pada **Gambar 2.2.**



Gambar 2.2. Potongan Melintang Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
Sumber: (Sukirman, 2010)

2.2.3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

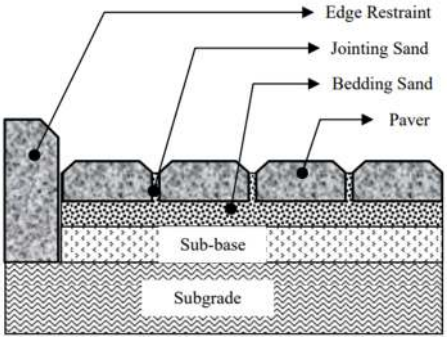
Komposisi perkerasan komposit terdiri dari lapis pondasi berupa perkerasan kaku dengan pelat beton semen dan lapis permukaan berupa aspal beton. Pekerkerasan jenis ini sering digunakan dalam desain konstruksi *runway* lapangan terbang (Puro et al., 2014). Potongan melintang perkerasan komposit diilustrasikan pada **Gambar 2.3.** berikut.

Gambar 2.3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
Sumber: (Putra & Adha, 2018)

2.2.4. Perkerasan *Paving Block*

Paving block merupakan blok beton pracetak dengan ukuran sama dengan batu bata merah yang digunakan untuk membangun rumah. *Paving block* diproduksi secara masif dengan toleransi ukurang yang kecil dengan berbagai macam bentuk. Perkerasan *paving block* terdiri atas balok beton individu yang disusun dengan pola tertentu tanpa sambungan mortar di atas *bedding sand* yang saling mengunci satu sama lain.

Struktur perkerasan di bawah lapis permukaan mirip dengan struktur yang digunakan untuk perkerasan lentur dengan material aspal. Perkerasan ini dirancang dan bangun secara umum sebagai perkerasan lentur konvensional dimana balok-balok tersebut dengan pola perletakannya menggantikan permukaan aspal (Hainin et al., 2007). **Gambar 2.4.** menunjukkan ilustrasi potongan melintang perkerasan *paving block.*



Gambar 2.4. Perkerasan *Paving Block*
Sumber: (Hainin et al., 2007)

2.3. Spesifikasi *Paving Block*

Paving block biasanya memiliki kuat tekan rata-rata 25 MPa dalam kondisi basah. Kekuatan tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan batu bata (7 MPa). Alasan dibalik pemilihan material *paving block* sebagai perkerasan yaitu *paving block* memiliki ketahanan yang cukup tinggi dalam melayani kemacetan lalu lintas dan daya tahan terhadap goresan terhadap lalu lintas idantaranya mobil maupun pejalan kaki. Penelitian yang dilakukan oleh CSIR *Road Research* menunjukan bahwa dengan struktur yang minim yang dimiliki perkerasan jenis ini mampu meningkatkan kekuatan secara efektif lebih dari 25 MPa (*Concrete Manufacturers Association*, 2004).

2.3.1. Bentuk *Paving Block*

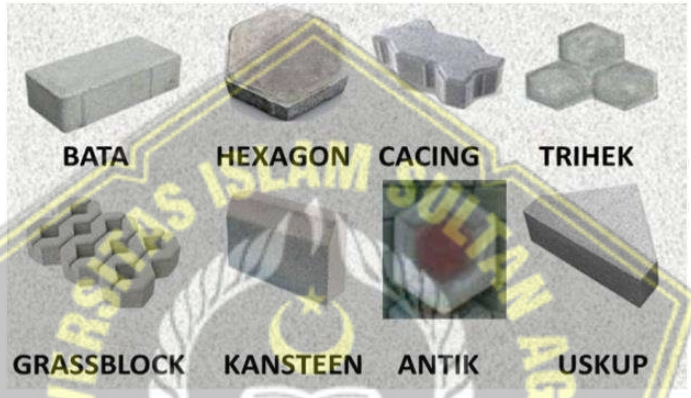
Secara umum bentuk *paving block* dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. *Paving block* segi empat (*rectangular*)
2. *Paving block* segi banyak (*hexagon*, cacing, *grass block*, *cansteen*, topi uskup, antik, trihek)

Penggunaan macam-macam bentuk *paving block* disesuai dengan tujuan penggunaan. Contoh dari penerapan *paving block* dapat diterapkan untuk bangunan jalan raya, kawasan industry dan jalan umum lain. (Kuipers, 1984) dalam (Putra & Adha, 2018) melakukan penelitian dan menyimpulkan bahwa pemakain bentuk *paving block* segi empat lebih cocok diaplikasikan dalam desain jalan dengan lalu lingas

sedang kerena memiliki sifat menguncian yang konstan dan lebih mudah dalam pemeliharaan. Sedangkan untuk kondisi lalu lintas ringan seperti trotoar, tempat parkir atau jalan kampung lebih baik menggunakan bentuk *paving block* segi empat maupun segi banyak.

Berikut ini merupakan ragam rupa bentuk *paving block* yang beredar luas di pasaran yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5.**



Gambar 2.5. Bentuk-bentuk *paving block*
Sumber: (Putra & Adha, 2018)

2.3.1.1. *Paving Block* Persegi Panjang (Bata)

Bentuk *paving block* ini paling sering ditemukan karena modelnya yang sederhana sehingga sangat mudah untuk diaplikasikan.

Kekurangan dari *Paving block* jenis ini adalah tidak adanya *interlock* geometris antar paving sehingga sangat bergantung pada akurasi dimensi dan perletakan agar kekuatan perkerasan dapat meningkat (*Concrete Manufacturers Association*, 2009).

2.3.1.2. *Paving Block* Cacing (Zig-zag)

Memiliki nama lain interpave dan menjadi salah satu tipe *paving block* yang cukup popular. Bentuk ini sering kita temui pada ruas jalan di area

perumahan, mampu melayani beban lalu lintas yang berat. Pemilihan bentuk ini biasanya atas dasar aspek keindahan karena bentuknya yang unik.

Susunan perkerasan menggunakan *paving block* berbentuk cacing bersatu membentuk *interlock* antar *paving block*. Saat dikunci secara bersamaan, balok-balok tersebut mampu menahan dan menyebarkan beban secara merata (*Concrete Manufacturers Association*, 2009).

2.3.1.3. *Paving Block* Segi Enam (*Hexagon*)

Paving block berbentuk segi enam dengan keunikannya memiliki kekuatan yang lebih besar untuk menerima beban dibandingkan dengan *paving block* dengan bentuk lain. Bentuk *paving block* ini sering digunakan untuk material trotoar, sehingga *paving block* segi enam memberikan kesan cantik dan kokoh.

2.3.1.4. *Paving Block* Trihek

Bentuk ini merupakan desain *paving block* tingkat lanjut dari bentuk *hexagin*. *Paving block* dengan bentuk Trihek kerap kali kita lihat sebagai material untuk halaman rumah. Pemilihan bentuk ini juga menjadi opsi sebagai material trotoar dengan kekuatan yang cukup tinggi.

2.3.1.5. *Paving Block* Persegi

Material dengan berat yang tergolong ringan, bentuk *paving block* ini biasanya digunakan pada jalan sempit di area pemukiman warga. Karena memiliki kuat tekan rendah, sehingga material ini tidak direkomendasikan digunakan pada jalan dengan lalu lintas berat, penggunaan untuk menutupi pekarangan rumah huni sangat direkomendasikan untuk menambah keindahan.

2.3.1.6. *Paving Block* Topi Uskup

Desain dari *paving block* ini berbentuk setengah bidang dari bentuk *hexagon*. Sering digunakan sebagai penutup atau sisi terluar untuk menbentuk

garis lurus pada suatu perkerasan. *Paving block* topi uskup memiliki fungsi lain sebagai hiasan pada pinggiran rumah atau sebagai pagar tanaman.

2.3.2. Ukuran *Paving Block*

Tebal *paving block* bervariasi antara 50 – 80 mm. Semakin tebal *paving block* semakin baik suatu perkerasan dalam menahan deformasi vertikal dan rambatan horizontal. Namun, untuk menentukan ketebalan material *paving block* yang dipakai harus sesuai kebutuhan dalam hal ini mempengaruhi biaya yang akan dikeluarkan. Pemakaian umum dalam skala kecil dapat menggunakan *paving block* dengan ketebalan 50 – 60 mm, untuk keperluan industri diperlukan minimal ketebalan 80 mm.

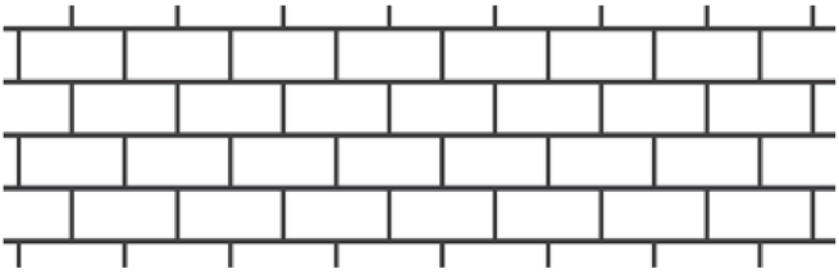
Penting sebuah *paving block* memenuhi ketentuan atau spesifikasi sebelum diaplikasikan. Toleransi ukuran *paving block* yaitu ±2mm dan ±3mm ketebalan. Hal ini untuk memastikan permukaan perkerasan yang rata dan mendapatkan kemampuan *interlock* antar paving yang bagus.

Dimensi *chamfer* juga sangat berpengaruh, *chamfer* pada *paving block* dapat meningkatkan kinerja suatu perkerasan, hampir semua bentuk paving didesain memiliki *chamfer* pada setiap sisi (*Concrete Manufacturers Association*, 2004).

2.3.3. Pola Perletakan (*Laying Pattern*)

Pola perletakan akan menentukan performa dan segi keindahan dari perkerasan *paving block*. Terdapat tiga pola perletakan dasar yang paling umum digunakan antara lain *stretcher* (**Gambar 2.6.)**, *herringbone* (**Gambar 2.7.**), dan *basket wave* (**Gambar 2.8.**). Namun sangat memungkinkan jika pengaplikasian menggunakan pola perlatakan lain.

Dari ketiga dasar pola perletakan perkerasan *paving block* di atas, pola perletakan *herringbone* merupakan pola perletakan yang paling ideal karena memiliki daya tahan yang paling baik dan paling direkomendasikan untuk diterapkan pada sebuah kawasan industri (*Concrete Manufacturers Association*, 2004).



Gambar 2.6. *Stretcher*

Sumber: (Concrete Manufacturers Association, 2004)

Gambar 2.7. *Herringbone*

Sumber: (Concrete Manufacturers Association, 2004)

Gambar 2.8. *Basket Weave*

Sumber: (Concrete Manufacturers Association, 2004)

2.3.4. Jarak Sambung *Paving*

Sambungan antar *paving block* tidak boleh memiliki kontak langsung, jarak ideal antar *paving block* yaitu 2 – 3 mm yang nantinya akan diisi oleh *joint filler*. Profil melintang maksimal 4% dan sekurang-kurangnya 2% apabila tidak disebutkan lain dalam spesifikasi teknis. Toleransi kemiringan melintang 10mm untuk setiap jarak 3 meter dan 20mm untuk jarak 10 meter garis lurus. Defiasi maksimum kerataan antar

paving block tidak boleh lebih dari 3mm. Pengisian *joint filler* harus segera dilakukan untuk selanjutnya dilakukan pemadatan.

2.3.5. Kekuatan *Paving Block*

Kuatan *paving block* diantara 250 kg/cm^2 hingga 450 kg/cm^2 tergantung dari lapis perkerasaan yang dipakai. *Paving block* yang di Indonesia pada umumnya memiliki kuat tekan karakteristik 300 – 350 kg/cm^2.

Paving block berdasarkan mutu betonnya dapat diklasifikasikan menjadi 3, antara lain:

1. Mutu beton I dengan nilai f'c 34 – 40 MPa;
2. Mutu beton II dengan nilai f'c 25,5 – 30 MPa;
3. Mutu beton III dengan nilai f'c 17 – 20 MPa.

Standar mutu kekuatan *paving block* dalam SNI 03-0691-1996 yang harus dipenuhi dapat dilihat pada **Tabel 2.1.** sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kekuatan Fisik *Paving Block*

Mutu	**Kegunaan**	**Kuat Tekan (kg/cm^2)**		**Ketahanan Aus (mm/menit)**		**Penyerapan air rata-rata maks. (%)**
		Rata-rata	**Min.**	**Rata-rata**	**Min.**	
A	Perkerasan Jalan	400	350	0,009	0,103	3
B	Parkir Mobil	200	170	0,13	1,149	6
C	Pejalan Kaki	150	125	0,16	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,219	0,215	10

Sumber: SNI 03-0691-1996

2.3.6. Tebal Pasir Alas (*Bedding Sand*)

Peran dari pasir alas adalah sebagai lapis perantara (*platform*) untuk memposisikan *paving block* sesuai dengan sandar pengaplikasian, pasir alas juga berperan dalam memaksimalkan *interlocking* dari sebuah perkerasan. Partikel pasir berbentuk tidak bulat atau tajam, memiliki kadar air kurang dari 10% dan kadar lempung kurang dari 3%.

Selain *bedding sand*, terdapat komponen penting lain yaitu *joint filling sand* yang mengisi celah diantara *paving block*. *Joint filling sand* diharuskan tidak memiliki kadar air lebih dari sama dengan 5% dan kadar lempung kurang dari 10% serta tidak menggunakan bahan pengikat seperti semen. Distribusi lolos saringan harus memenuhi ketentuan pada **Tabel 2.2.** dan **Tabel 2.3.** sesuai dengan tujuan pemakaian.

Tabel 2.2. Tabel ukuran saringan *bedding sand*

Ukuran Saringan	%Lolos Saringan
9,52 mm	100
4,75 mm	95 – 100
2,36 mm	80 – 100
1,18 mm	50 – 85
0,60 mm	25 – 60
0,30 mm	10 – 30
0,15 mm	5 – 15
0,075 mm	0 – 10

Sumber: (Putra & Adha, 2018)

Tabel 2.3. Tabel ukuran saringan *joint filling sand*

Ukuran Saringan	%Lolos Saringan
2,36 mm	100
1,18 mm	90 – 100
0,60 mm	60 – 90
0,30 mm	30 – 65
0,15 mm	15 – 30
0,075 mm	5 – 10

Sumber: (Putra & Adha, 2018)

2.4. Lapis Perkerasan Jalan *Paving*

2.4.1. Lapisan *Subgrade*

Subgrade atau tanah dasar merupakan bagian terpenting dari sebuah konstruksi jalan raya karena pada lapisan ini menyokong seluruh konstruksi jalan termasuk muatan lalu lintas di atasnya.

Tanah dasar bisa menjadi faktor penentu besar kecilnya biaya yang dihabiskan untuk membangun sebuah jalan karena kekuatan tanah dasar menentukan tebal atau tipisnya lapis perkerasan (Tonny & Kurniawan, 2000).

Konstruksi *subgrade* harus memiliki kemiringan sekurang-kurangnya 1,5% untuk keperluan *drainage* (*water run off*) dan memiliki kepadatan minimal 90% MDD (*Modified Max Dry Density*) sebelum *subbase* dilaksanakan.

2.4.2. Lapisan *Sub-base*

Perencanaan desain lapis *sub-base* harus perhitungkan dengan baik agar lapis perkerasan dapat bekerja dengan maksimal. Lapisan setidaknya memiliki nilai CBR 20% dengan Indeks Plastisitas (PI) kurang dari 10%.

Menurut Shackel (1980) dalam (Sri Wati, 2000) melaporkan penelitiannya pada tahun 1979 mengenai pengaruh perubahan ketebalan *sub-base* dan lapis perkerasan

terhadap deformasi, defleksi, dan tegangan. Penambahan tebal *sub-base* mampu mengurangi nilai deformasi, defleksi, dan tekanan pada tanah dasar. Didapatkan pula hasil penelitian bahwa perubahan ketebalan *sub-base* mempunyai pengaruh kecil terhadap performa lapis perkerasan.

Shackel (1980) dalam penelitiannya menemukan penggunaan material *sub-base* dari batu alam menghasilkan deformasi empat kali lebih besar dari deformasi *sub-base* yang dihasilkan menggunakan material batu pecah.

2.4.3. *Laying Course* (*Bedding Sand*)

Di atas lapisan *sub-base* terdapat lapisan pasir yang dipadatkan dengan ketebalan 40 – 50 mm. Lapisan pasir ini berperan sebagai lapisan penyetelan (*regulating layer*) yang berfungsi menutupi permukaan *sub-base* dan sebagai alas *paving block*. Menurut Shackel (1980) dalam (Sri Wati, 2000) *bedding sand* hanya berfungsi agar konstruksi lebih berdaya guna. *Bedding sand* mampu menurunkan tegangan yang diterima oleh perkerasan *paving block*.

Shackel (1980) dalam (Sri Wati, 2000) melaporkan bahwa perkerasan *paving block* yang menggunakan *bedding sand* dengan gradasi sesuai spesifikasi akan memberikan pelayanan maksimal, depormasi (*rutting*) yang terjadi 10.000 kali lintasan roda yang berbobot 40 kN berkisar antara 1,5 – 4 mm (percobaan dengan gradasi lain menghasilkan *rutting* sebesar 30 mm). Idealnya semakin tinggi sudut tahanan geser pada pasir maka deformasi pada perkerasan semakin kecil.

Pemadatan *bedding sand* akan menunjukkan hasil yang baik apabila jumlah kadar air 4 – 6% dengan catatan gradasi material pasir untuk *bedding sand* telah memenuhi standar. Yang perlu diwaspadai dari pengaruh kadar air dalam material pasir adalah kandungan butir halus yang plastis di dalamnya. Bila material pasir yang akan digunakan mengandung lempung lebih dari 15% maka penambahan air akan meningkatkan angka deformasi, yang selanjutnya diikuti dengan pumping.

2.4.4. *Surface Course* (Lapis Permukaan/*Paving Block*)

Lapis permukaan merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas, kumpulan dari individu *paving block* dengan bentuk yang seragam yang disusun dalam pola perletakan tertentu.

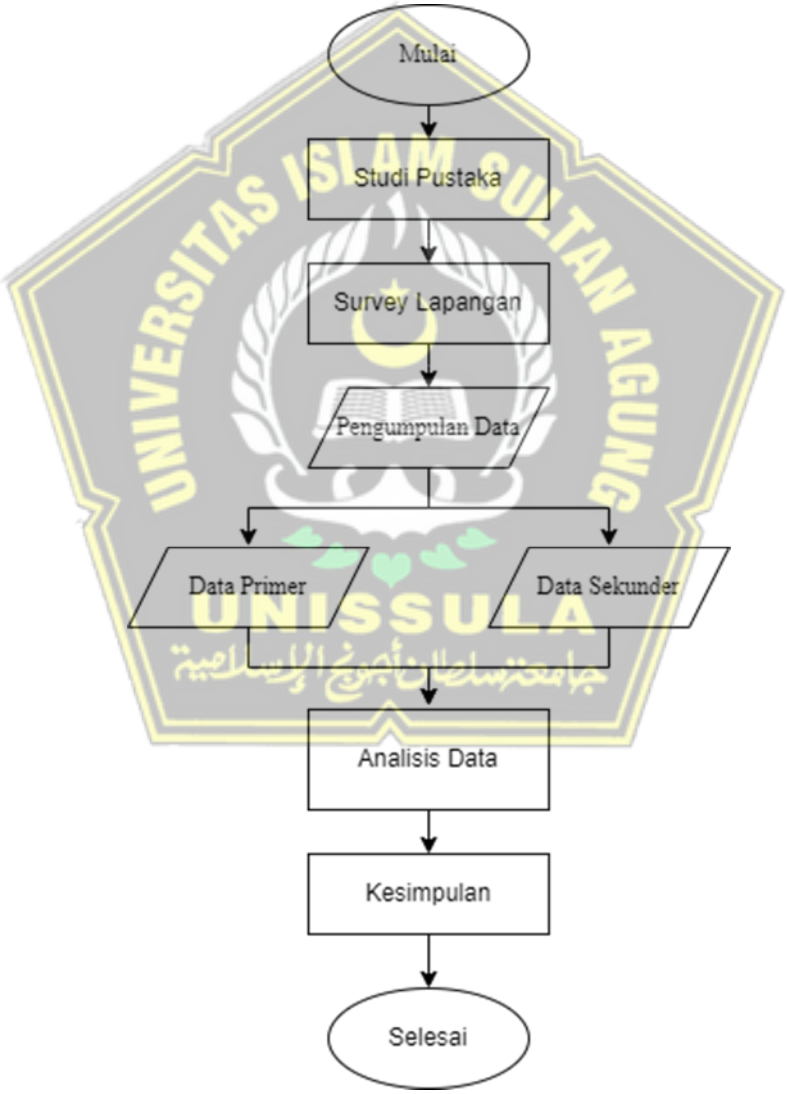
2.5. Sistem Drainase

Banyak ditemukan gagal bangun pada perkerasan *paving block* merupakan akibat dari masuknya air ke dalam lapis perkerasan. Untuk mencegah hal itu terjadi, perlu dijadikan perhatian lebih pada perencanan drainase permukaan dan drainase bawah tanah jika diperlukan. Ketahanan terhadap penurunan setempat dan cacat gelombang diperlukan untuk mencegah timbulnya genangan dan infiltrasi air ke dalam lapis perkerasan terutama pada awal umur perkerasan. Penting untuk memastikan *paving block* sudah ditempatkan pada posisi yang kokoh (yaitu 5 – 10 mm lebih tinggi dari) struktur saluran air hujan. Jika *paving* diletakkan pada suatu lereng, air yang menembus paving dapat terakumulasi di lapisan pasir pada titik terendah. Jika terdapat muka air yang tinggi, drainase bawah harus dibuat.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Metodologi penelitian merupakan langkah yang harus dilalui peneliti dalam mengumpulkan data atau informasi. Bagan alir metodologi penelitian dari mulai hingga selesai penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**



Gambar 3.1. Diagram alir

Terdapat 3 tahapan utama dalam penelitian, yaitu tahap identifikasi, tahap pengumpulan dan pengolahan data, serta tahapan analisa dan kesimpulan.

1. Tahap Identifikasi

   Pada tahap awal dilakukan perumusan masalah dari latar belakang yang telah dijabarkan, selanjutnya menentukan topik penelitian yang akan dibahas untuk kemudian mencari dasar teori dengan melakukan studi pustaka yang berkaitan dengan topik penelitian yang telah ditentukan.

2. Tahap pengumpulan dan pengolahan data

   Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengambilan data langsung di lapangan oleh peneliti, sedangkan data sekunder diperoleh dari lembaga tertentu yang merupakan data pendukung dari sebuah penelitian untuk memenuhi parameter terkait.

3. Tahap analisis dan kesimpulan

   Dari hasil data yang diperoleh untuk mengetahui penurunan (*rutting*) terdalam serta mencari tahu penyebab dari penurunan setempat dari sebuah perkerasan *paving block*. Sehingga dapat ditari kesimpulan untuk mencegah permasalah terjadi pada suatu perencanaan perkerasan *paving block* di masa mendatang.

3.2. Alat dan Benda Uji

Dalam penelitian ini terdapat beberapa jenis peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian untuk mengetahui besaran penurunan sebuah perkerasan *paving block*. Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1.** antara lain:

1. *Waterpass*
2. Tripod
3. Bak ukur
4. *Paving block* 8 x 10,5 x 21 cm

5. Patok
6. Palu
7. Benang nilon
8. Meteran
9. Timbangan
10. Jangka Sorong

Tabel 3.1. Daftar alat

No	Nama alat	Gambar	Sumber gambar
1.	*Waterpass*		*bukalapak.com*
2.	*Tripod*		*blibli.com*
3.	Bak ukur		*bukalapak.com*

Tabel 3.1. Daftar alat (lanjutan)

No	Nama alat	Gambar	Sumber gambar
4.	*Paving block* 8 x 10,5 x 21 cm		*tokopedia.com*
5.	Patok		*youtube.com*
6.	Palu		*tokopedia.com*
7.	Benang nilon		*tokopedia.com*

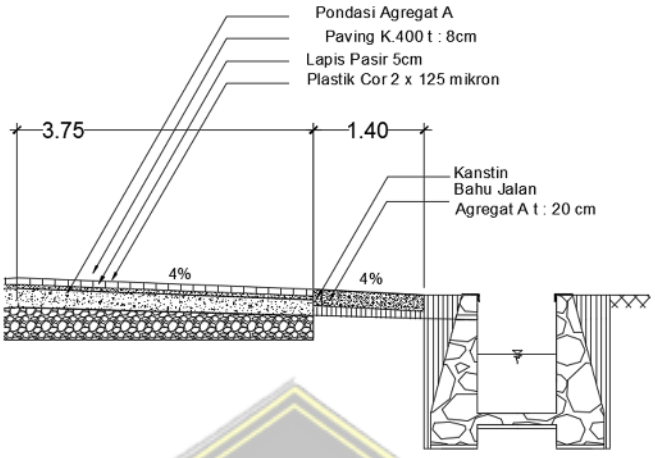
Tabel 3.1. Daftar alat (lanjutan)

No	Nama alat	Gambar	Sumber gambar
8.	Meteran		*blibli.com*
9.	Timbangan		*iprice.co.id*
10.	Jangka sorong		*tokopedia.com*

3.3. Spesifikasi Perkerasan

Penelitian ini dilakukan pada perkerasan existing suatu ruas jalan yang menggunakan pola susun *herringbone 45^o*. Disusun diatas *bedding sand* setebal 5 cm dan memiliki lapis pondasi (*basecourse*) kelas A dengan tebal 20 cm. Profil melintang perkerasan dapat dilihat pada gambar berikut.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA



Gambar 3.2. Potongan melintang perkerasan

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Gambar 3.3. Tampak atas

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

3.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi menjadi dua macap, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari wawancara maupun pengamatan langsung. Sedangkan data sekunder didapatkan dari sumber lain yang sudah ada.

3.4.1. Data Primer

Pada penelitian ini data primer yang didapatkan dari peneliti secara langsung melalui pengamatan di lapangan antara lain:

1. Dimensi actual material sampel *paving block*;
2. Jarak antar *paving block*;

3. Volume lalu lintas harian.
4. Elevasi perkerasan existing.

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder yang dihasilkan dari data yang sudah ada merupakan data dari lembaga terkait antara lain:

1. *As Built Drawing*;
2. Uji kuat tekan material *paving block*;
3. Uji kepadatan lapis tanah dasar;
4. Uji kepadatan lapis pondasi atas (*base course*);

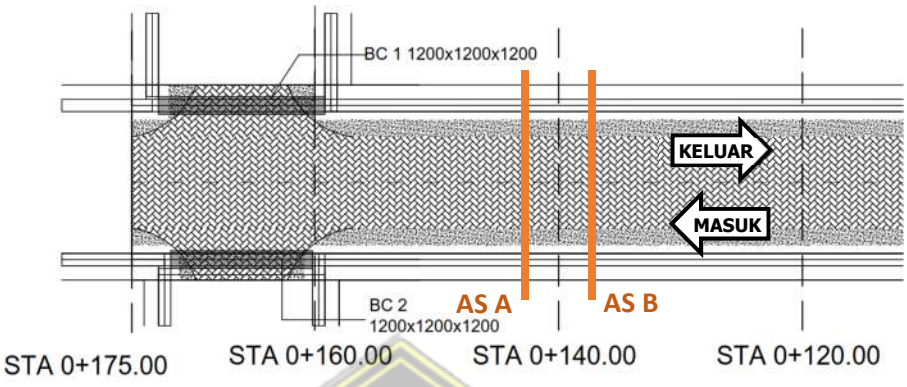
3.5. Metode Penelitian

Penelitian tugas akhir ini untuk mendapatkan proyeksi lendutan/penurunan (*rutting*) yang diakibatkan oleh beban lalu lintas pada ruas jalan area Kawasan Industri Wijaya Kusuma, Tugu, Kota Semarang dengan metode peninjauan langsung di lapangan. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Survei lokasi penelitian

   Lokasi penelitian berada di satu ruas jalan di dalam Area Kawasan Industri Wijaya Kusuma STA +140 dimana jalan tersebut bukan merupakan jalan umum melainkan jalan khusus yang dibangun untuk melayani dua *tenant* yang berada di area tersebut yaitu PT Mestindo dan PT Tri Eka Investama.

Gambar 3.4. Lokasi Penelitian
Sumber: Google maps



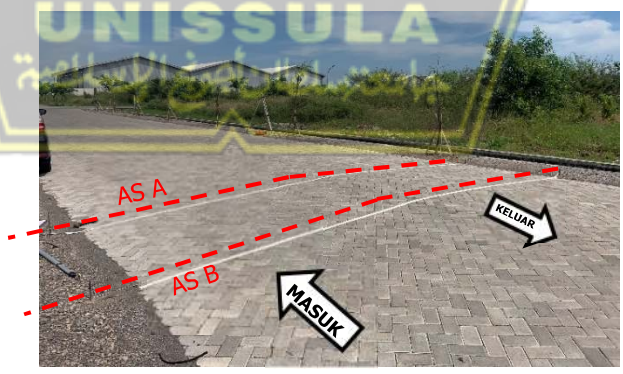
Gambar 3.5. Lokasi pengamatan

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Gambar 3.4. merupakan area pengambilan data penelitian yang didapat dari tangkapan satelit, sedangkan ilustrasi metode penggambilan data ditunjukkan pada **Gambar 3.5.**

2. *Marking* area penelitian

Hal ini dimaksudkan agar batasan pengambilan data di area penelitian menjadi jelas dan untuk mempermudah dalam melakukan pengamatan. *Marking* area penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.6.** berikut.



Gambar 3.6. *Marking* area penelitian

3. Marking elevasi sesuai dengan *as built drawing*

Karena tujuan dalam penelitian untuk mencari nilai penurunan yang terjadi maka kita memerlukan data *as built drawing* sebagai representasi dari elevasi perkerasan sebelum dilalui lalu lintas. Elevasi *existing* diwakili dengan bentangan benang yang terhubung antar patok seperti pada **Gambar 3.7.**

Gambar 3.7. *Marking* elevasi *as built drawing*

4. Pengukuran kedalaman lendutan (*rutting*)

Setelah ditarik benang sesuai dengan elevasi *as built drawing*, maka akan terlihat beda elevasi antara *as built drawing* dengan kondisi akstual lapangan setelah dilalui kendaraan selama kurang lebih 6 bulan. Angka lendutan dapat dilihat pada meteran yang berhimpit dengan benang seperti pada **Gambar 3.8.**

Gambar 3.8. Pengukuran kedalaman lendutan (*rutting*)
Sumber: Pengamatan lapangan

3.6. Hasil Perhitungan

Setelah semua data didapatkan, maka selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dapat ditarik kesimpulan dengan hasil akhir berupa besar lendutan (*rutting*) pada suatu perkerasan. Dengan mengetahi lendutan di titik tertentu diharapkan akan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencaan pembangunan dengan model konstruksi perkerasan *paving block*.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Pelaksanaan Pekerjaan

4.1.1. Persiapan Tanah Dasar

Pada tahap ini terdapat beberapa pekerjaan sebagai berikut:

1. Pembersihan Daerah Milik Jalan (DMJ)

   Pekerjaan ini meliputi pembersihan segala macam tumbuhan, pohon-pohon, semak-semak, sampah, akar-akar dengan menggunakan *bulldozer*.

2. Pembuangan Lapisan Tanah Lapisan Atas (*Top Soil*)

   Pada umumnya, pekerjaan ini meliputi pembuangan lapisan tanah humus, dan akar-akar yang ketebalannya tidak boleh kurang dari 30 cm dari permukaan tanah asli. Pekerjaan ini dilakukan pada daerah galian dan timbunan. Setelah itu, baru dilakukan pemadatan sampai mencapai tingkat pemadatan yang disyaratkan. Pada tempat yang tanahnya lembek harus diadakan perbaikan tanah terlebih dahulu dengan membuang tanah yang lembek dan diganti dengan tanah yang baru.

4.1.2. Pekerjaan Timbunan

Setelah badan jalan terbentuk, maka tahap selanjutnya adalah melakukan penimbunan pada bagian jalan yang ketinggiannya rendah sehingga diperoleh ketinggian badan jalan yang sama (rata). Penimbunan juga dilakukan untuk mendapatkan lebar jalan sesuai dengan rencana.

Pada proses penimbunan, hal pertama yang dilakukan adalah menghamparkan tanah timbunan pada daerah yang akan di timbun, setelah itu tanah dasar tersebut diratakan dengan menggunakan *bulldozer*. Selain meratakan tanah, *bulldozer* juga berfungsi membentuk kemiringan melintang jalan. Setelah diratakan lapisan tanah dipadatkan dengan menggunakan *vibratory roller* yang dilakukan minimal 12 lintasan sampai padat.

Pada penggunaaan *vibratory roller* selain dapat memadatkan tanah juga dapat memberikan tekanan dan getaran terhadap material yang dipadatkan sehingga gelembung udara yang masih terperangkap di dalam tanah dapat keluar secara berangsur-angsur. Selain itu pemadataan juga bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dan menghindarkan pergeseran yang dapat menyebabkan keretakan serta dapat menaikkan daya tahan tanah terhadap perubahan cuaca.

Pekerjaaan tanah dasar harus diselesaikan sepenuhnya terlebih dahulu, setelah itu baru dilanjutkan dengan pekerjaan perkerasan lapis pondasi bawah (*sub base*). Pada pengerjaan lapisan pondasi bawah, lapis pondasi tersebut tidak boleh ditempatkan, dihamparkan, atau dipadatkan sewaktu turun hujan dan pemadatan tidak boleh dilakukan setelah hujan.

Lapis pondasi dari bahan sirtu dibawa menggunakan *dump truck* ke badan jalan, kemudian dihamparkan menggunakan *bulldozer*. Selanjutnya dirapikan secara manual oleh pekerja. Setelah itu lapisan pondasi tersebut dipadatkan dengan *vibratory roller* agar bahan sirtu tertanam kuat pada tanah dasar dan tingkat kepadatan yang sesuai dapat tercapai.

Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada tanah timbunan dilakukan dengan hasil pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4.1. Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Tanah Timbunan

No	Lokasi Sample	Harga CBR	
		0,1 “	0,2 “
1	P.1 (*Sub Grade*) STA 0+080	18,85	23,94
2	P.2 (*Sub Grade*) STA 0+100	8,98	10,17
3	P.3 (*Sub Grade*) STA 0+160	13,47	17,96
4	P.4 (*Sub Grade*) STA 0+200	25,14	29,93
5	P.5 (*Sub Grade*) STA 0+220	13,47	12,57

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

4.1.3. Pekerjaan Lapis Pondasi Bawah (LPB)

Setelah lapisan pondasi dihampar dan dipadatkan, maka proses selanjutnya adalah penghamparan batu pokok ukuran 3 – 5 cm sebagai lapis pondasi (*base*). Sebelum batu pokok dihampar, permukaan pondasi bawah dibersihkan dari kotoran dan debu dengan sapu lidi dan diratakan. Kemudian Batu Pokok disebar/dihampar secara merata di atas permukaan lapis pondasi bawah.

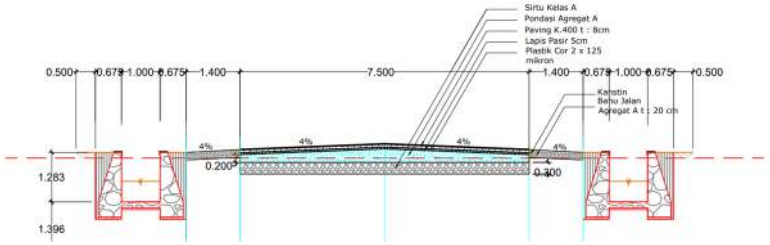
Sebelum dipadatkan dengan *vibrating compactor*, lapisan pondasi tersebut disiram dengan air agar mudah dalam pemadatan dan batu pokok dapat melekat dengan lapisan pondasi bawah sehingga tidak mudah lepas. Penyiraman dengan air ini tentunya tetap memperhatikan kadar air yang tepat. Selanjutnya baru dilakukan pemadatan dengan vibrating compactor yang dimulai dari tepi dan bergeser ke tengah/as jalan sampai padat dan dari hasil tes *California Bearing Ratio (CBR)* didapatkan hasil pada **Tabel 4.2.**

Tabel 4.2. Hasil Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Lapis Pondasi Bawah

No	Lokasi Sample	Harga CBR	
		0,1 “	0,2 “
1	P.1 (Sirtu) STA 0+000	43,09	42,49
2	P.2 (Sirtu) STA 0+040	49,38	52,07
3	P.3 (Sirtu) STA 0+060	41,30	41,30
4	P.4 (Sirtu) STA 0+080	47,58	44,89
5	P.5 (Sirtu) STA 0+120	43,99	41,90
6	P.6 (Sirtu) STA 0+140	46,68	47,28
7	P.7 (Sirtu) STA 0+160	45,79	45,49
8	P.8 (Sirtu) STA 0+200	44,89	44,29

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Gambar 4.1. merupakan hasil visualisasi dari potongan perkerasan *paving block* di lapangan yang selanjutnya disebut dengan *as built drawing*.



Gambar 4.1. Potongan melintang jalan

Sumber: PT Kawasan Industri Wijaya Kusuma

Hasil pengujian analisa ayakan material yang digunakan untuk Lapis Pondasi Bawah (LPB) dapat dilihat pada **Tabel 4.3.**

Tabel 4.3. *Sieve Sieze Analysis* Sirtu dari *Quarry* Kalikangkung Ngaliyan Semarang

ASTM	Dia Saringan (mm)	Berat Cawan (gr)	Berat Sample + cawan (gr)	Berat Sample yang tertinggal di saringan	Prosentase Sample (%)	Prosentase Komulatif Sample (%)	Percent Finest
3”	125.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2”	100.00	65.89	265.99	200.10	1.43	1.43	100.00
1 ½”	37.50	68.89	1381.76	1313.50	9.37	10.80	89.20
1”	25.00	105.16	2059.36	1954.20	13.94	24.74	75.26
¾”	7.50	105.25	3786.57	3681.32	26.27	51.01	48.99
No.4	4.75	105.28	1645.56	1540.28	10.99	62.00	38.00
No.8	2.38	105.65	2826.6	2720.95	19.42	81.42	18.58
No.200	0.075	104.07	2527.18	2423.11	17.28	98.71	1.29
Alas	0	65.34	245.96	180.62	1.29	100.00	0.00

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

4.1.4. Pekerjaan Lapis Pondasi Atas (LPA)

Pekerjaan yang dilaksanakan adalah pekerjaan agregat kelas B dahulu setelah itu dilaksankan agregate kelas A yang dilaksanakan sesuai dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengangkutan material

   Pengangkutan material dari *crusher* plan ke lokasi timbunan dengan menggunakan *dump truck* yang dimuat dengan menggunakan *whell loader*. Pengecekan dan pencatatan volume material dilaksankan pada saat tiba di proyek sebelum muatan dituangkan.

2. Penurunan material

   Material diturunkan sesuai jarak yang ditentukan agar penghamparan tidak mengalami banyak kesulitan (tidak kekurangan atau kelebihan material).

3. Penghamparan material

   Penghamparan material dilaksanakan dengan menggunakan *Motor Grader*. Dalam penghamparan material ini yang perlu diperhatikan adalah:

   a. Kondisi cuaca yang memungkinkan;
   b. Panjang hamparan dalam setiap *section* yang akan dipadatkan disesuaikan dengan kondisi lapangan (biasanya maksimum 50 m), lebar disesuaikan dengan kondisi lapangan dengan ketebalan hamparan sesuai dengan spesifikasi;
   c. Pisahkan material tidak terpakai yang tercampur pada material yang telah dihampar (batu *bolder*) dan tempatkan pada lokasi yang telah ditetapkan.

4. Penghamparan material

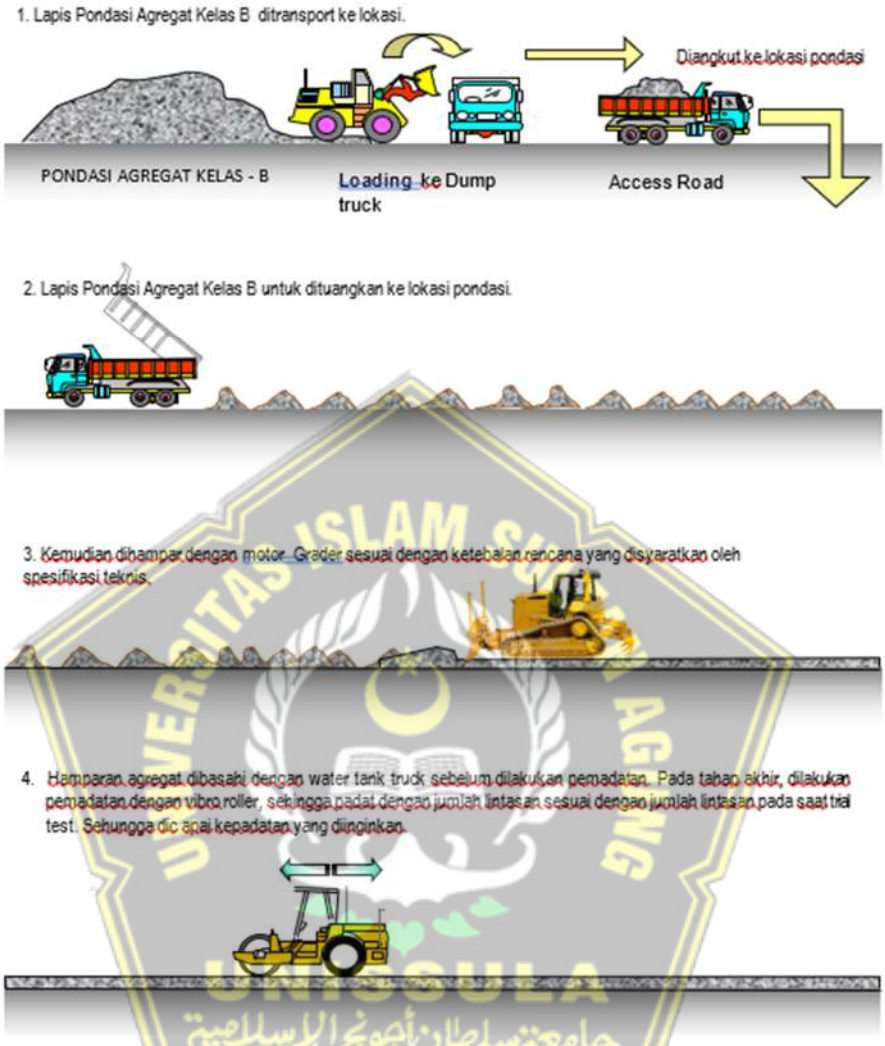
   Pemadatan (*compaction*) dilaksanakan dengan menggunakan *Vibro Roller* dimulai dari bagian tepi. Setelah pemadatan satu pas selesai, alat pemadat dipindahkan ke sebelahnya dengan overlapping 1/8 lebar lintasan dan seterusnya hingga mencakup seluruh area pemadatan. Langkah tersebut diulang kembali

hingga jumlah passing pemadatan setiap lintasan mencapai jumlah passing seperti yang dilaksanakan pada saat *Trial Embankment*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada tahap ini adalah:

a. Lapis agregat paling atas yang diselesaikan setiap section pemadatan harus dibuat sedemikian rupa sehingga memiliki kemiringan sesuai spesifikasi. Hal ini dimaksudkan agar air hujan cepat terbuang keluar area agregate dan tidak meninggalkan genangan yang dapat mengganggu pekerjaan pada lapis diatasnya.
b. Penyemprotan air dilakukan pada saat jumlah passing telah mencapai 2/3 dari yang direncanakan. Hal ini dimaksudkan agar ikatan antar material tidak lepas sehingga kapadatan yang dicapai dapat maksimum.
c. Untuk lokasi agregate yang tidak dapat dijangkau dengan *Vibro Roller*, digunakan *Baby Roller* atau Stamper disesuaikan dengan kondisi lapangan, misalnya pada pertemuan timbunan dengan struktur jembatan, *box culvert*, dan lain-lain.
d. Pada lokasi agregat harus dibuatkan *temporary drain* sedemikian rupa sehingga setiap terjadi hujan saluran tersebut dapat menapung air dan berfungsi dengan baik sehingga tidak mengakibatkan genangan atau kelongsoran yang dapat menghambat pelaksanaan pekerjaan.

Ilustrasi metode pekerjaan Lapis Pondasi Atas (LPA) dapa dilihat pada **Gambar 4.2.** di bawah.



Gambar 4.2. Metode Pelaksanaan Lapis Pondasi Atas

Sumber: PT Kawasan Industri Wijaya Kusuma

Hasil pengujian analisa ayakan material yang digunakan untuk Lapis Pondasi Bawah (LPB) dapat dilihat pada **Tabel 4.3.** dan hasil pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* dapat dilihat pada **Tabel 4.5.**

Tabel 4.4. *Sieve Sieze Analysis* Sirtu dari *Quarry* Karangjati Kabupaten Semarang

ASTM	Dia Saringan (mm)	Berat Cawan (gr)	Berat Sample + cawan (gr)	Berat Sample yang tertinggal di saringan	Prosentase Sample (%)	Prosentase Komulatif Sample (%)	Percent Finest
3”	125.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2”	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½”	37.50	100.28	1912.54	1812.26	21.59	21.59	78.41
1”	25.00	100.5	931.52	831.02	9.90	31.49	68.51
¾”	7.50	101.23	406.36	305.13	3.64	35.13	64.87
No.4	4.75	100.25	1963.69	1863.44	22.20	57.33	42.67
No.8	2.38	105.65	1285.37	1179.72	14.06	71.38	28.62
No.200	0.075	104.07	2450.45	2346.38	27.96	99.34	0.66
Alas	0	105.15	160.54	55.39	0.66	100.00	0.00

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Tabel 4.5. Hasil Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* pada Lapis Pondasi Atas

No	Lokasi Sample	Harga CBR	
		0,1 “	0,2 “
1	P.1 (LPA) STA 0+160	85,59	83,19
2	P.2 (LPA) STA 0+140	84,39	84,39
3	P.3 (LPA) STA 0+080	81,70	82,59
4	P.4 (LPA) STA 0+060	87,98	85,59
5	P.5 (LPA) STA 0+040	85,29	83,79
6	P.6 (LPA) STA 0+000	87,08	87,38

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

4.1.5. Metode Pelaksanaan Paving

Secara umum metode pelaksanaan perkerasan *paving block* dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pertama dilakukan pemeriksaan kepadatan tanah dasar, baik galian/timbunan, sebagai dasar perletakan lapisan pondasi.
2. Pasang pasir alas/*bedding sand* dg ketebalan 5 cm, ratakan dengan jidar kayu (Pasir alas / bedding sand adalah pasir dengan ketebalan tertentu sebagai alas perletakan *paving block*).
3. Pasang benang pembantu searah & tegak lurus/45° terhadap jalan/area kerja.
4. Pemasangan *paving block* dilakukan setelah penentuan arah dan bentuk pola dengan menggunakan benang pembantu, pemasangan *paving block* dimulai dari satu arah.
5. Lakukan pemadatan dengan plat getar/*stamper plate*/*vibro*, supaya terjadi penguncian akibat pengisian celah dari pasir alas yang terdesak ke atas & pasir pengisi yang dipasang bersamaan dengan *vibro*.
6. Pasang pasir pengisi, ratakan dengan sikat ijuk dan penggetar/*vibro* secara bersamaan.
7. Pemasangan paving dilakukan secara diagonal dari pinggir, setelah 3–4 baris dapat dilakukan simultan di beberapa bagian.

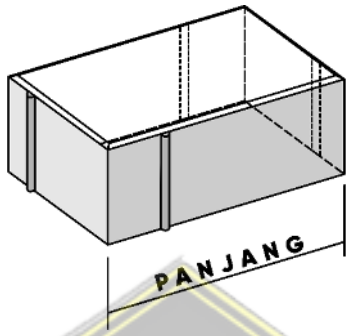
4.2. Spesifikasi Material *Paving Block*

Spesifikasi material yang digunakan dalam pekerjaan perkerasan paving yaitu *paving block* dengan bentuk bata dengan yang memiliki panjang 21 cm, lebar 8 cm serta tebal 10,5 cm. Material yang digunakan merupakan produk dari PT Prokon Concrete Industry dengan kuat tekan 300 kg/cm^2. Pengukuran sampel material secara langsung terhadap 20 sampel sebagai berikut:

4.2.1. Panjang

Rectangular paving block memiliki beberapa sisi yang presisi, namun dalam proses produksi tidak jarang produk yang dihasilkan tidak sempurna. Hal demikian

sedikit berpengaruh terhadap kekuatan suatu perkerasan *paving block*. Dimensi Panjang sebuah *paving block* dapat dilihat pada **Gambar 4.3.**



Gambar 4.3. Panjang *Paving Block*

Tabel 4.6. Panjang *Paving Block*

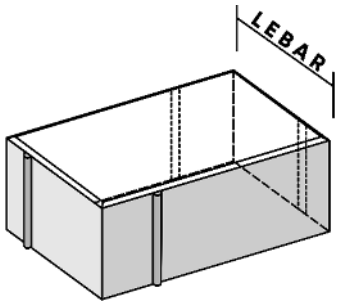
SAMPEL	Panjang (cm)	SAMPEL	Panjang (cm)
1	21,180	**11**	21,195
2	21,380	**12**	21,350
3	21,250	**13**	21,000
4	21,390	**14**	21,280
5	21,100	**15**	21,180
6	21,000	**16**	21,130
7	21,257	**17**	21,140
8	21,391	**18**	21,100
9	21,290	**19**	21,120
10	21,392	**20**	21,100

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.6. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel paving memiliki panjang rata-rata 21,211cm dan memiliki standar deviasi sebesar 0,127cm.

4.2.2. Lebar

Ilustrasi pengukuran dimensi lebar sebuah *paving block* dapat dilihat pada **Gambar 4.4.**



Gambar 4.4. Lebar Paving

Tabel 4.7. Lebar *Paving Block*

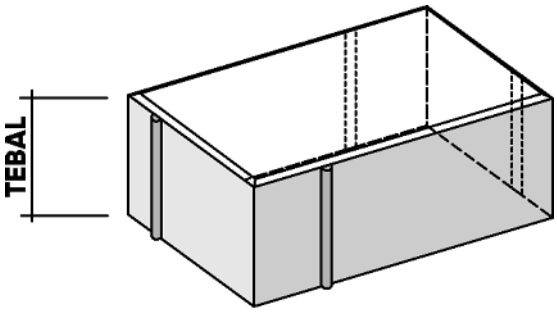
SAMPEL	Lebar (cm)	SAMPEL	Lebar (cm)
1	10,780	**11**	10,673
2	10,786	**12**	10,650
3	10,890	**13**	11,000
4	10,800	**14**	10,730
5	10,750	**15**	10,622
6	10,604	**16**	10,800
7	10,677	**17**	10,784
8	10,690	**18**	10,602
9	10,650	**19**	10,792
10	10,604	**20**	10,786

Sumber: Pengamatan lapangan

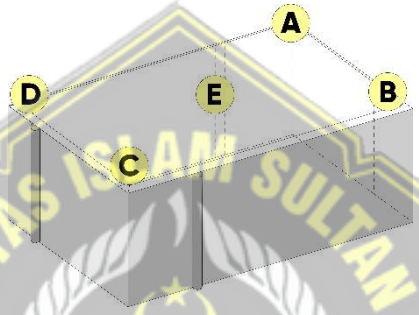
Tabel 4.7. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel paving memiliki lebar rata-rata 10,374cm dan memiliki standar deviasi sebesar 0,104cm.

4.2.3. Tebal

Pengukuran tinggi dilakukan terhadap 5 titik yang berbeda di setiap sampel, yaitu di sisi sudut dan di as/tengah bagian *paving block*. Ilustrasi pengukuran dimensi tebal sebuah *paving block* dapat dilihat pada **Gambar 4.5.** dan **Gambar 4.6.**



Gambar 4.5. Tebal *Paving Block*



Gambar 4.6. Detail Pengukuran *Paving Block*

Tabel 4.8. Tebal *Paving Block*

SAMPEL	TEBAL (cm)				
	A	B	C	D	E
1	7,876	7,844	7,776	7,802	7,854
2	7,892	7,910	7,870	7,854	7,910
3	7,802	7,720	7,912	7,806	7,890
4	7,930	7,912	7,922	7,720	7,840
5	7,810	7,918	7,950	7,922	7,890
6	7,758	7,706	7,648	7,706	7,706
7	7,822	7,826	7,634	7,740	7,826
8	7,726	7,726	7,901	7,842	7,782
9	7,736	7,750	7,600	7,662	7,692
10	7,920	7,952	7,764	7,688	7,776
11	7,810	7,766	7,790	7,810	7,720
12	7,634	7,574	7,786	7,844	7,766
13	8,020	7,944	7,896	8,020	8,080

Tabel 4.8. Tebal *Paving Block* (lanjutan)

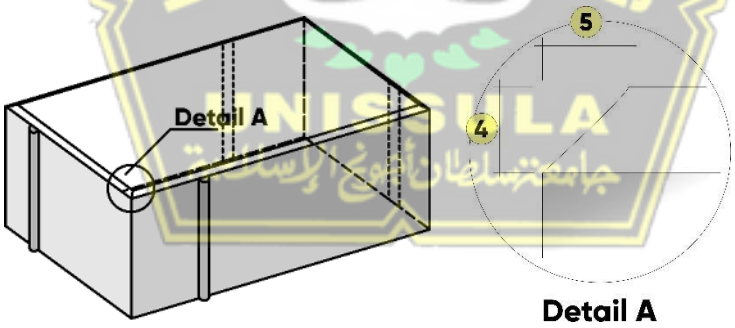
SAMPEL	TEBAL (cm)				
	A	B	C	D	E
14	7,700	7,746	7,844	7,786	7,706
15	7,680	7,720	7,822	7,822	7,766
16	7,766	7,688	7,792	7,790	7,710
17	7,786	7,684	7,226	7,854	7,790
18	7,800	7,814	7,702	7,730	7,766
19	7,894	7,842	7,716	7,872	7,896
20	7,824	7,526	8,000	8,021	7,940

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.8. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel paving memiliki tebal rata-rata 7,799cm dan memiliki standar deviasi sebesar 0,118cm.

4.2.4. *Champer*

Ilustrasi pengukuran dimensi tebal sebuah *paving block* dapat dilihat pada **Gambar 4.7.**



Gambar 4.7. Champer *Paving Block*

Tabel 4.9. Dimensi Champer *Paving Block*

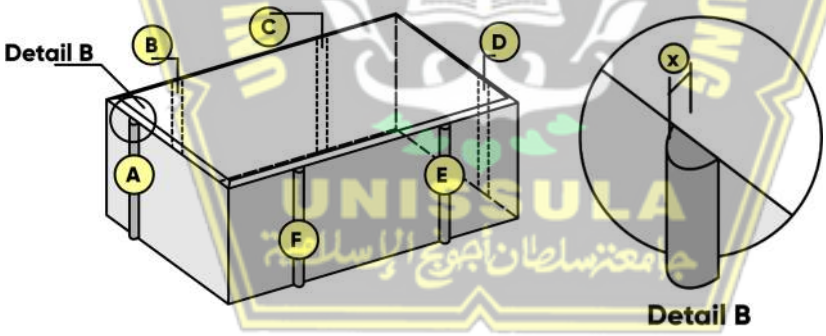
4	Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0,250	0,256	0,168	0,236	0,200	0,230	0,270	0,254	0,240	0,172
	Sampel	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		0,236	0,236	0,216	0,126	0,148	0,256	0,268	0,240	0,210	0,962
5	Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0,722	1,100	0,664	0,980	0,734	0,744	0,800	0,716	0,800	0,916
	Sampel	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		0,888	0,884	0,724	0,618	0,854	0,844	0,158	0,992	0,215	0,226

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.9. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel, paving memiliki tinggi *champer* rata-rata 0,259cm dan memiliki standar deviasi sebesar 0,170cm. Sedangkan lebar *champer* paving memiliki rata-rata 0,729cm dengan standar deviasi 0,257cm.

4.2.5. *Nib Space*

Sebuah *paving block* biasanya memiliki 6 buah *nibspace* untuk mengatur jarak antar *paving block*. Ilustrasi pengukuran dimensi tebal sebuah *paving block* dapat dilihat pada **Gambar 4.8.**



Gambar 4.8. *Nib Space*

Tabel 4.10. Dimensi *Nib Space*

SAMPEL	*Nibs Space* (cm)			
	A	B	C	D
1	0,162	0,120	0,152	0,182
2	0,158	0,128	0,164	0,138
3	0,158	0,160	0,140	0,120
4	0,162	0,128	0,190	0,260
5	0,178	0,132	0,210	0,212
6	0,164	0,120	0,116	0,080
7	0,138	0,160	0,960	0,138
8	0,138	0,120	0,150	0,182
9	0,120	0,160	0,122	0,176
10	0,178	0,136	0,154	0,178
11	0,180	0,178	0,152	0,260
12	0,168	0,138	0,176	0,212
13	0,138	0,120	0,182	0,210
14	0,120	0,138	0,176	0,160
15	0,196	0,144	0,128	0,110
16	0,156	0,210	0,176	0,170
17	0,126	0,236	0,160	0,210
18	0,152	0,170	0,226	0,168
19	0,160	0,210	0,172	0,188
20	0,156	0,320	0,212	0,172

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.10. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel paving memiliki dimensi *nib space* rata-rata 0,168cm dan memiliki standar deviasi sebesar 0,034cm.

4.2.6. Berat

Pengujian berat *paving block* menggunakan timbangan dengan ketelitian dag (dekagram). Semua sampel yang berjumlah 20 buah memiliki berat yang sama yaitu 3.90 kg. Keseragaman tersebut mengisyaratkan bahwa material *paving block* memiliki konsistensi yang baik dan bersifat homogen.

4.2.7. Kuat Tekan

Tabel 4.11. Kuat tekan *Paving Block*

No	Kode	Umur	Berat	Panjang	Lebar	Tinggi	Sec. Area	Gaya	Kuat Tekan	
		hari	kg	cm	cm	cm	cm²	Kn	Mpa	Kg/cm²
1	PW1	28	2.04	10	10	8	80	398.347	43.320	441.590
2	PW2	28	1.92	10	10	8	80	359.540	39.100	398.572
3	PW3	28	1.92	10	10	8	80	404.026	43.938	447.889
4	PW4	28	1.96	10	10	8	80	329.979	35.885	365.800
5	PW5	28	2.06	10	10	8	80	425.039	46.223	471.182
6	PW6	28	1.92	10	10	8	80	352.043	38.285	390.265
7	PW7	28	2.00	10	10	8	80	454.712	49.450	504.077
8	PW8	28	2.04	10	10	8	80	538.290	58.539	596.727
9	PW9	28	1.92	10	10	8	80	488.834	53.161	541.906
10	PW10	28	2.16	10	10	8	80	417.704	45.425	463.047
11	PW11	28	1.88	10	10	8	80	442.88	48.163	490.958
12	PW12	28	1.90	10	10	8	80	476.577	51.828	528.318
13	PW13	28	2.02	10	10	8	80	491.958	53.500	545.361
14	PW14	28	2.12	10	10	8	80	512.489	56.712	578.103
15	PW15	28	2.12	10	10	8	80	439.757	47.824	487.502
16	PW16	28	1.98	10	10	8	80	388.484	42.248	430.662
17	PW17	28	2.02	10	10	8	80	564.980	61.442	626.320
18	PW18	28	1.9	10	10	8	80	419.880	45.662	465.463
19	PW19	28	2.08	10	10	8	80	538.053	58.513	596.462
20	PW20	28	1.82	10	10	8	80	363.762	39.559	403.257

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.11. di atas menjelaskan bahwa dari 20 sampel paving memiliki kuat tekan rata-rata 488,673kg/cm^2 dan memiliki standar deviasi sebesar 75,059kg/cm^2.

Angka standar deviasi yang dihasilkan mengidentifikasikan bahwa tingkat variasi material *paving block* yang cukup tinggi.

4.3. Langkah-Langkah Penelitian

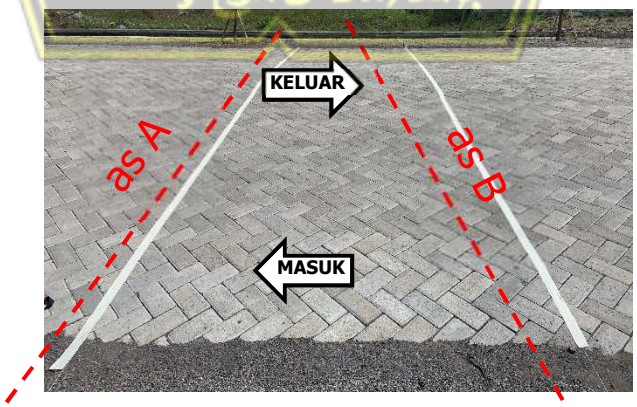
Dalam melakukan penelitian, langkah-langkah yang akan dijalankan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat

Gambar 4.9. *Persiapan alat*

Persiapan alat-alat yang akan digunakan dalam pengambilan data penelitian seperti alat tulis, *waterpass* (**Gambar 4.9.**), *tripod*, *roll meter*, palu, benang, dll. Pastikan semua alat dalam kondisi baik untuk meningkatkan akurasi data.

2. Marking area penelitian



Gambar 4.10. Marking Area Penelitian
Sumber: Pengamatan lapangan

Melakukan marking pada area kerja yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10.** bertujuan untuk pemberian batas area pengambilan data. Dengan menandai area kerja, kegiatan penelitian diharapkan akan semakin mudah.

3. Membuat patok elevasi *as built drawing*

Gambar 4.11. Patok Permanen/*Bench Mark*
Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.12. Pemasangan patok
Sumber: Pengamatan lapangan

Pemasangan patok (**Gambar 4.12.**) bertujuan untuk memberi tanda elevasi *as built drawing* dalam rangka untuk mengetahui kedalaman lendutan yang

terjadi dari suatu perkerasan. Elevasi didapatkan dari peminjaman *Bench Mark* (**Gambar 4.11.)** yang ada di sekitar lokasi.

4. Menghubungkan patok dengan benang

Gambar 4.13. Menghubungkan elevasi antar patok
Sumber: Pengamatan lapangan

Setelah dilakukan pemasangan patok pada kedua tepi dan as pada ruas jalan, yang selanjutnya dilakukan adalah dengan menghubungkan ketiga patok dengan benang seperti pada **Gambar 4.13.**

5. Mengukur kedalaman lendutan (*rutting*)

Gambar 4.14. Mengukur kedalaman *rutting*
Sumber: Pengamatan lapangan

Benang yang terhubung antar patok merepresentasikan elevasi *as built drawing* atau elevasi teratas dari perkerasan sebelum dibuka untuk lalu lintas. Penurunan dapat diukur menggunakan meteran dengan ketelitian millimeter (**Gambar 4.14**). Catat hasil pengukuran dengan interval 0,5 meter.

4.4. Monitoring Cuaca

Melakukan monitoring cuaca dilakukan untuk memeriksa apakah kondisi cuaca memiliki pengaruh terhadap penurunan perkerasan *paving block* di lapangan.

Monitoring cuaca yang dimulai dari hari pertama jalan dibuka untuk kendaraan melintas hingga pengamatan dilakukan. Distribusi data disajikan dalam sakala bulanan yaitu pada bulan Desember (**Tabel 4.12.**), Januari (**Tabel 4.13.**), Februari (**Tabel 4.14.**), dan Maret (**Gambar 4.15**).

Tabel 4.12. Monitoring cuaca bulan Desember

Periode : DESEMBER

No	Tanggal	PUKUL																							
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	25/12/2021	START																			START				
2	26/12/2021																								
3	27/12/2021																								
4	28/12/2021																								
5	29/12/2021																								
6	30/12/2021																								
7	31/12/2021																								

Hari ke-1 jalan digunakan

Pengambilan data penelitian

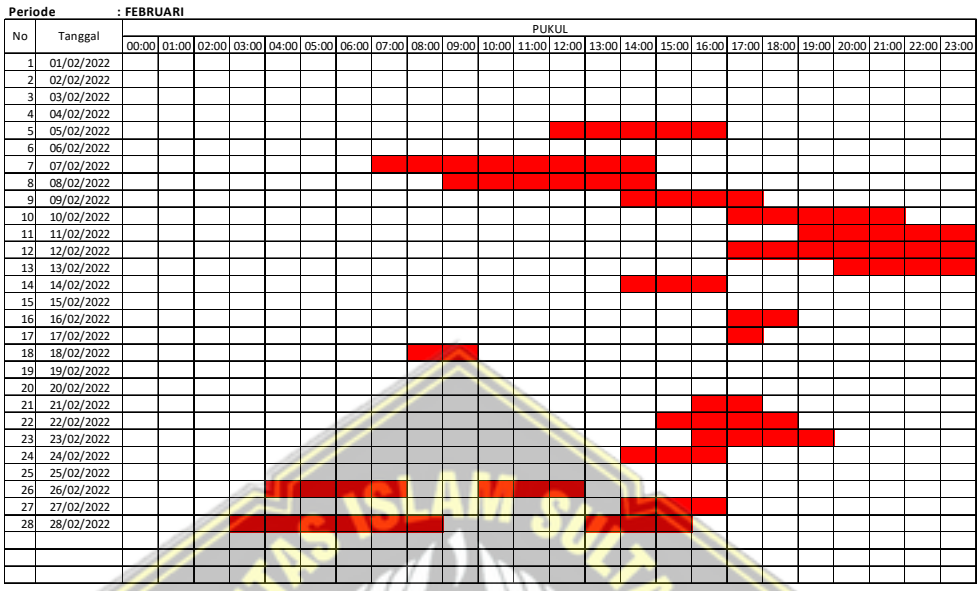
Hujan

Tabel 4.13. Monitoring cuaca bulan Januari

Periode : JANUARI

No	Tanggal	PUKUL																							
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	01/01/2022																								
2	02/01/2022																								
3	03/01/2022																								
4	04/01/2022																								
5	05/01/2022																								
6	06/01/2022																								
7	07/01/2022																								
8	08/01/2022																								
9	09/01/2022																								
10	10/01/2022																								
11	11/01/2022																								
12	12/01/2022																								
13	13/01/2022																								
14	14/01/2022																								
15	15/01/2022																								
16	16/01/2022																								
17	17/01/2022																								
18	18/01/2022																								
19	19/01/2022																								
20	20/01/2022																								
21	21/01/2022																								
22	22/01/2022																								
23	23/01/2022																								
24	24/01/2022																								
25	25/01/2022																								
26	26/01/2022																								
27	27/01/2022																								
28	28/01/2022																								
29	29/01/2022																								
30	30/01/2022																								
31	31/01/2022																								

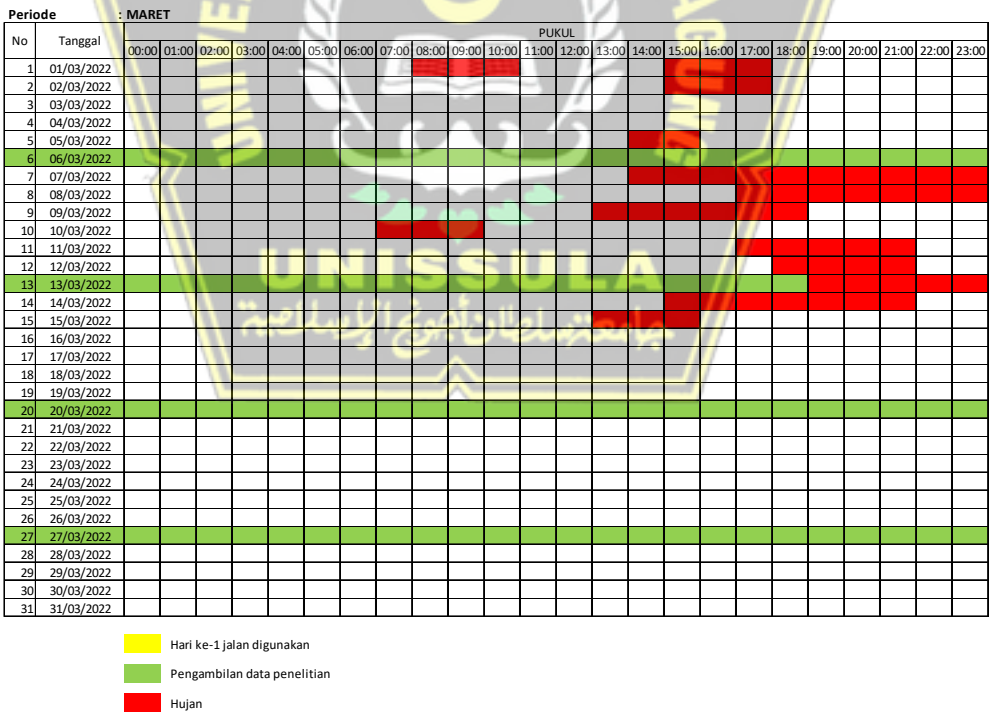
Tabel 4.14. Monitoring cuaca bulan Februari



Periode : FEBRUARI

No	Tanggal	PUKUL																							
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	01/02/2022																								
2	02/02/2022																								
3	03/02/2022																								
4	04/02/2022																								
5	05/02/2022																								
6	06/02/2022																								
7	07/02/2022																								
8	08/02/2022																								
9	09/02/2022																								
10	10/02/2022																								
11	11/02/2022																								
12	12/02/2022																								
13	13/02/2022																								
14	14/02/2022																								
15	15/02/2022																								
16	16/02/2022																								
17	17/02/2022																								
18	18/02/2022																								
19	19/02/2022																								
20	20/02/2022																								
21	21/02/2022																								
22	22/02/2022																								
23	23/02/2022																								
24	24/02/2022																								
25	25/02/2022																								
26	26/02/2022																								
27	27/02/2022																								
28	28/02/2022																								

Tabel 4.15. Monitoring cuaca bulan Maret



Periode : MARET

No	Tanggal	PUKUL																							
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	01/03/2022																								
2	02/03/2022																								
3	03/03/2022																								
4	04/03/2022																								
5	05/03/2022																								
6	06/03/2022																								
7	07/03/2022																								
8	08/03/2022																								
9	09/03/2022																								
10	10/03/2022																								
11	11/03/2022																								
12	12/03/2022																								
13	13/03/2022																								
14	14/03/2022																								
15	15/03/2022																								
16	16/03/2022																								
17	17/03/2022																								
18	18/03/2022																								
19	19/03/2022																								
20	20/03/2022																								
21	21/03/2022																								
22	22/03/2022																								
23	23/03/2022																								
24	24/03/2022																								
25	25/03/2022																								
26	26/03/2022																								
27	27/03/2022																								
28	28/03/2022																								
29	29/03/2022																								
30	30/03/2022																								
31	31/03/2022																								

Hari ke-1 jalan digunakan

Pengambilan data penelitian

Hujan

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Rekapitulasi data monitoring cuaca di atas dapat dilihat dalam **Tabel 4.16.**

Tabel 4.16. Rekapitulasi Intensitas Hujan

Bulan	Intensitas hujan
Desember (25/12/21 - 31/12/21)	30 jam
Januari	37 jam
Februari	84 jam
Maret (01/03/22 - 06/03/22)	11 jam
Maret (06/03/22 - 13/03/22)	35 jam
Maret (14/03/22 - 20/03/22)	15 jam
Maret (21/03/22 - 20/03/22)	0 jam

Sumber: PT Putra Wijayakusuma Sakti

Total intensitas hujan selama perkerasan *paving block* dibuka sebelum penelitian dilakukan yaitu 132 jam, intensitas hujan tertinggi terdapat di bulan Februari sebesar 84 jam.

4.5. Volume Kendaraan

Pengamatan volume kendaraan dilakukan dalam tiga hari antara lain dua hari di hari kerja dan satu hari di akhir pekan. Data volume lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 4.17.**, **Tabel 4.18.** dan **Tabel 4.19.**

Tabel 4.17. Data lalu lintas pada hari kerja (Senin)

Hari : Senin

No	Jam	Jenis Kendaraan			
		Kendaraan Roda 4 (Penumpang)	Kendaraan Roda 4 (Barang)	Kendaraan Roda 6 s/d 10	Kendaraan Roda >10
1	08.00 - 09.00	20	3	1	0
2	09.00 - 10.00	4	2	2	2
3	10.00 - 11.00	3	1	1	6
4	11.00 - 12.00	12	4	0	4
5	12.00 - 13.00	10	1	0	2
6	13.00 - 14.00	7	5	2	4
7	14.00 - 15.00	5	2	1	6
8	15.00 - 16.00	5	1	1	2
9	16.00 - 17.00	14	3	0	2
10	17.00 - 18.00	2	4	0	0

Tabel 4.18. Data lalu lintas pada hari kerja (Kamis)

Hari : Kamis

No	Jam	Jenis Kendaraan			
		Kendaraan Roda 4 (Penumpang)	Kendaraan Roda 4 (Barang)	Kendaraan Roda 6 s/d 10	Kendaraan Roda >10
1	08.00 - 09.00	24	5	0	0
2	09.00 - 10.00	6	3	4	3
3	10.00 - 11.00	4	0	6	2
4	11.00 - 12.00	13	3	2	4
5	12.00 - 13.00	9	0	1	0
6	13.00 - 14.00	8	4	3	6
7	14.00 - 15.00	6	3	2	5
8	15.00 - 16.00	4	2	1	3
9	16.00 - 17.00	18	1	1	0
10	17.00 - 18.00	3	2	0	0

Tabel 4.19. Data lalu lintas pada hari kerja (Minggu)

Hari : Minggu

No	Jam	Jenis Kendaraan			
		Kendaraan Roda 4 (Penumpang)	Kendaraan Roda 4 (Barang)	Kendaraan Roda 6 s/d 10	Kendaraan Roda >10
1	08.00 - 09.00	4	0	0	0
2	09.00 - 10.00	1	0	0	0
3	10.00 - 11.00	3	1	0	0
4	11.00 - 12.00	2	0	0	0
5	12.00 - 13.00	1	2	0	0
6	13.00 - 14.00	4	0	0	0
7	14.00 - 15.00	2	1	0	0
8	15.00 - 16.00	1	0	0	0
9	16.00 - 17.00	4	0	0	0
10	17.00 - 18.00	0	0	0	0

Sumber: Pengamatan lapangan

Dari data tabel diatas didapatkan hasil rata-rata volume harian kendaraan antara lain mobil penumpang (**Gambar 4.15**) 89 unit/hari, mobil angkutan barang roda empat (**Gambar 4.16.**) 25 unit/hari, mobil angkutan barang roda sepuluh (**Gambar 4.17**) 14 unit/hari, dan mobil angkutan roda lebih dari sepuluh sebanyak (**Gambar 4.18**) 26 unit/hari. Seksi jalan yang dilakukan pengamatan bukan merupakan jalan umum, kendaraan yang melintas hanya kendaraan yang memiliki kepentingan dengan dua perusahaan setempat. Dengan kata lain, jalan tersebut merupakan akses satu-satunya dimana kendaraan akan masuk dan keluar pada jalan yang sama.

Tenant atau gedung dari dua perusahaan tersebut difungsikan sebagai gudang ataupun workshop. Dari fungsi bangunan tersebut, maka kendaraan yang melintas didominasi oleh kendaraan logistik berupa *truck trailer* yang sangat berpengaruh terhadap ketahanan sebuah perkerasan *paving block*.

Gambar 4.15. Kendaraan Roda 4 (Penumpang)

Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.16. Kendaraan Roda 4 (Barang)

Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.17. Kendaraan Roda 10

Sumber: Pengamatan lapangan

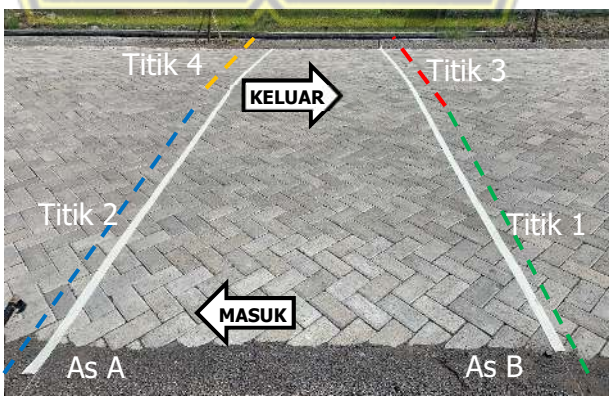
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Gambar 4.18. Kendaraan Roda >10
Sumber: Pengamatan lapangan

4.6. Visual Perkerasan *Paving Block*

Dalam suatu perkerasan *paving block* idealnya memiliki kondisi yang presisi seperti jarak antar balok yang seragam. Saat pekerjaan perkerasan selesai, sangat mungkin susunan perkerasan dalam keadaan mendekati ideal. Namun setelah jalan dibuka dan dilalui berbagai macam kendaraan yang melintas, kondisi mendekati ideal tersebut dapat berubah yang disebabkan oleh beberapa faktor, mulai dari desakan roda kendaraan hingga tampungan air hujan.

Berikut merupakan beberapa visualisasi dari beberapa kondisi jarak antar individu *paving block* dengan umur perkerasan 72 hari yang dapat dilihat pada **Gambar 4.19. – Gambar 4.23.**

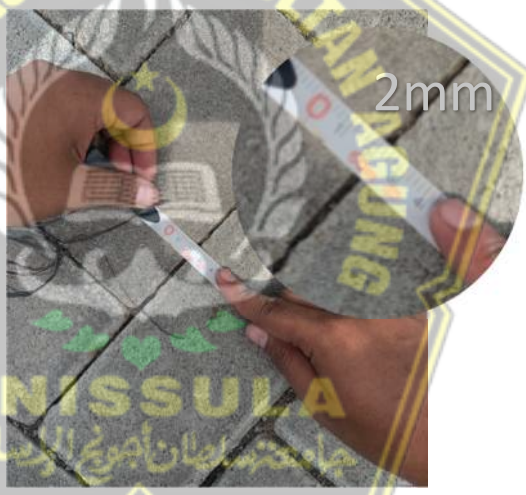


Gambar 4. 19. *Mapping* pengambilan sampel jarak antar paving
Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.20. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 1
Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.21. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 2
Sumber: Pengamatan lapangan

Gambar 4.22. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 3
Sumber: Pengamatan lapangan

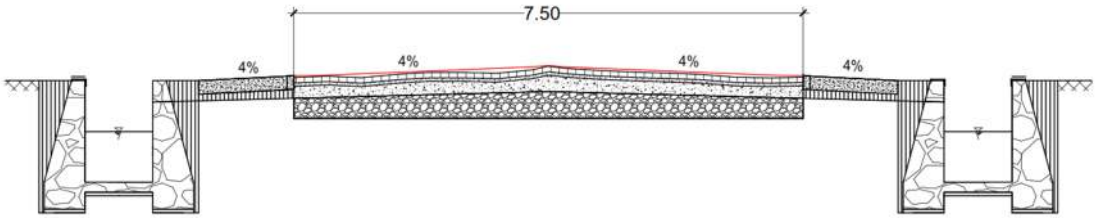


Gambar 4.23. Jarak antar *paving block* akibat lendutan di titik 4
Sumber: Pengamatan lapangan

4.7. Hasil Analisa Lendutan Yang Terjadi

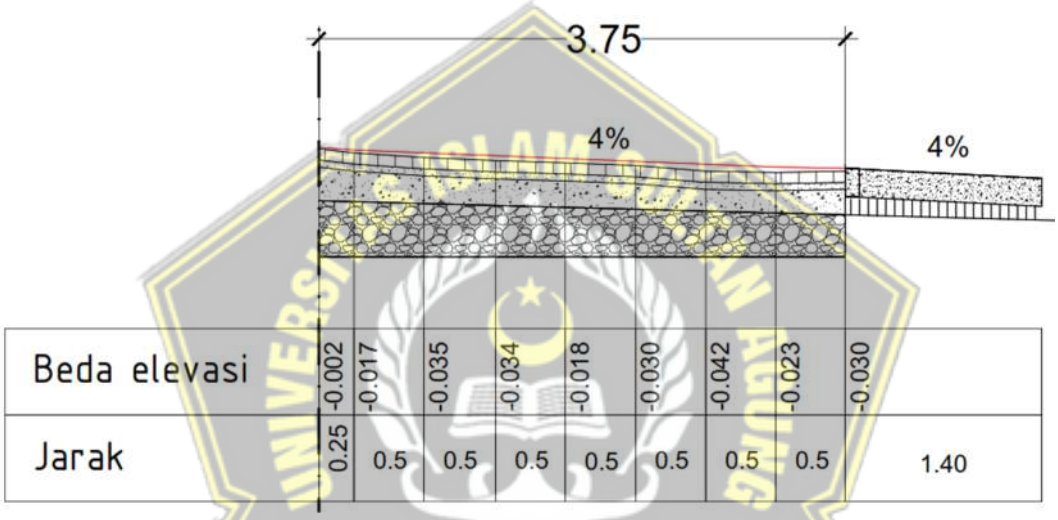
4.7.1. Minggu ke-1 (umur perkerasan 72 hari)

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-1 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As A dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.24. – Gambar 4.26.**



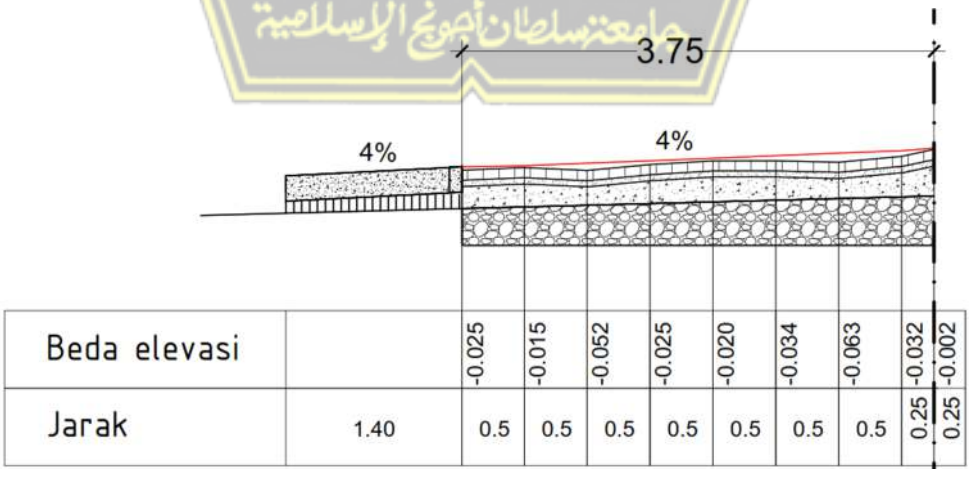
Gambar 4.24. Potongan melintang As A (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.25. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.26. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.20. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-1)

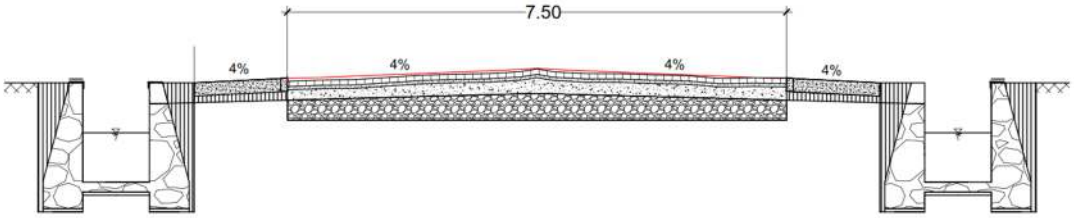
No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
A	1	2.345	2.370	(0.025)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.365	2.380	(0.015)	
	3	2.348	2.400	(0.052)	
	4	2.395	2.420	(0.025)	
	5	2.420	2.440	(0.020)	
	6	2.426	2.460	(0.034)	
	7	2.417	2.480	(0.063)	
	8	2.468	2.500	(0.032)	
	9	2.518	2.520	(0.002)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	10	2.483	2.500	(0.017)	
	11	2.445	2.480	(0.035)	
	12	2.426	2.460	(0.034)	
	13	2.422	2.440	(0.018)	
	14	2.390	2.420	(0.030)	
	15	2.358	2.400	(0.042)	
	16	2.357	2.380	(0.023)	
	17	2.340	2.370	(0.030)	

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.20. merupakan hasil pengamatan pada perkerasan *paving block* berumur 72 hari pada hari pertama dilakukannya pengamatan. Didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As A pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,030m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,026m.

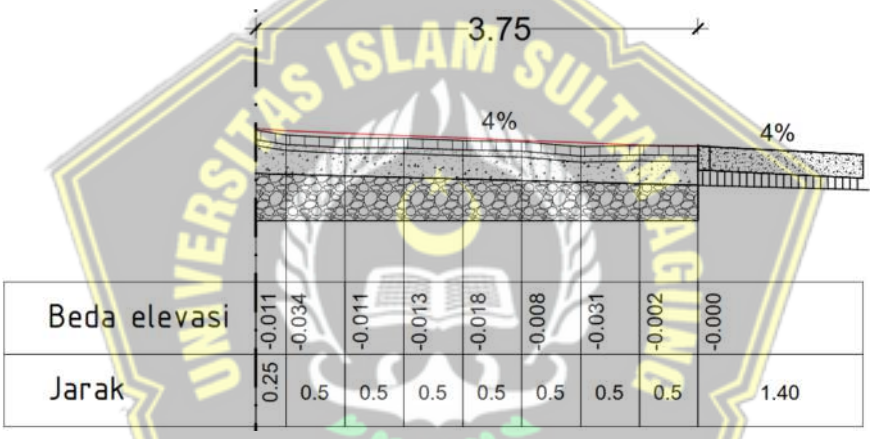
Jika berasumsi bahwa volume lalu lintas yang melewati jalan tersebut bersifat konstan setiap harinya dan mengabaikan faktor lain seperti cuaca, kondisi drainase, dan sebagainya maka dapat disimpulkan penurunan yang terjadi tiap minggu sebelum dilakukan pengamatan sebesar 0,0029m di As A pada ruas arah masuk area kawasan, sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,0025m.

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-1 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As B dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.27. – Gambar 4.29.**



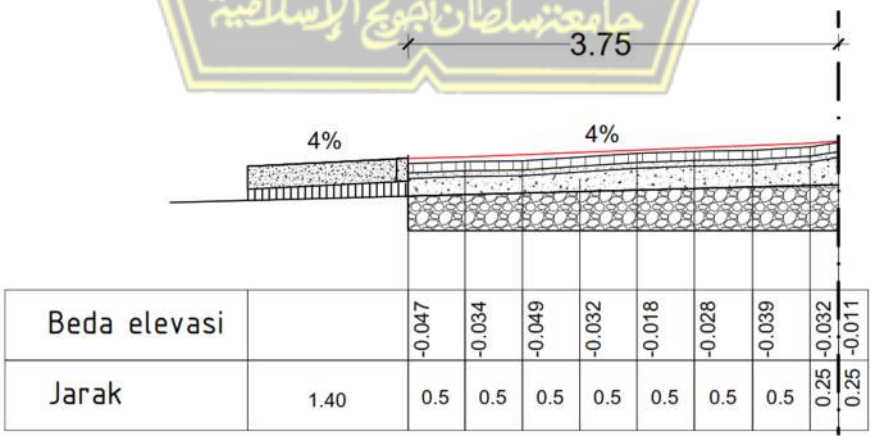
Gambar 4.27. Potongan melintang As B (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.28. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.29. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-1)

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.21. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-1)

No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
B	1	2.323	2.370	(0.047)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.346	2.380	(0.034)	
	3	2.351	2.400	(0.049)	
	4	2.388	2.420	(0.032)	
	5	2.422	2.440	(0.018)	
	6	2.432	2.460	(0.028)	
	7	2.441	2.480	(0.039)	
	8	2.468	2.500	(0.032)	
	9	2.509	2.520	(0.011)	
	10	2.466	2.500	(0.034)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2.469	2.480	(0.011)	
	12	2.447	2.460	(0.013)	
	13	2.422	2.440	(0.018)	
	14	2.412	2.420	(0.008)	
	15	2.369	2.400	(0.031)	
	16	2.378	2.380	(0.002)	
	17	2.370	2.370	-	

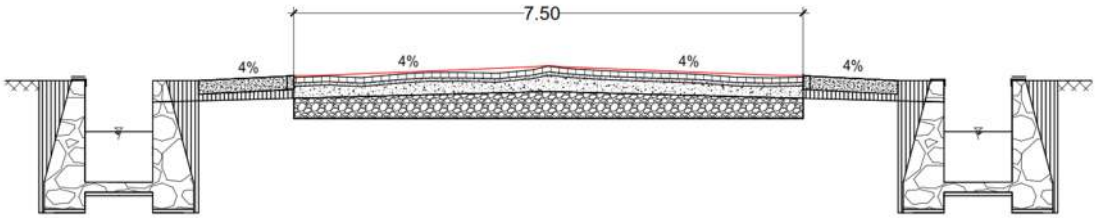
Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.21. merupakan hasil pengamatan di lapangan, didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As B pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,032m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,014m.

Dapat disimpulkan penurunan yang terjadi tiap minggu sebelum dilakukan pengamatan sebesar 0,0031m di As B pada ruas arah masuk area kawasan, sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,0014m. Hasil tersebut didapatkan dengan asumsi volume kendaraan bersifat konstan dan mengabaikan kondisi cuaca.

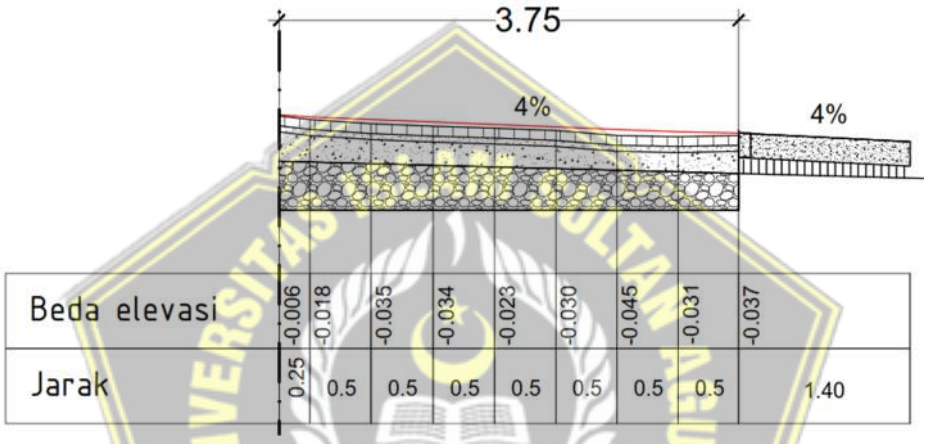
4.7.2. Minggu ke-2 (umur perkerasan 79 hari)

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-2 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As A dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.30. – Gambar 4.32.**



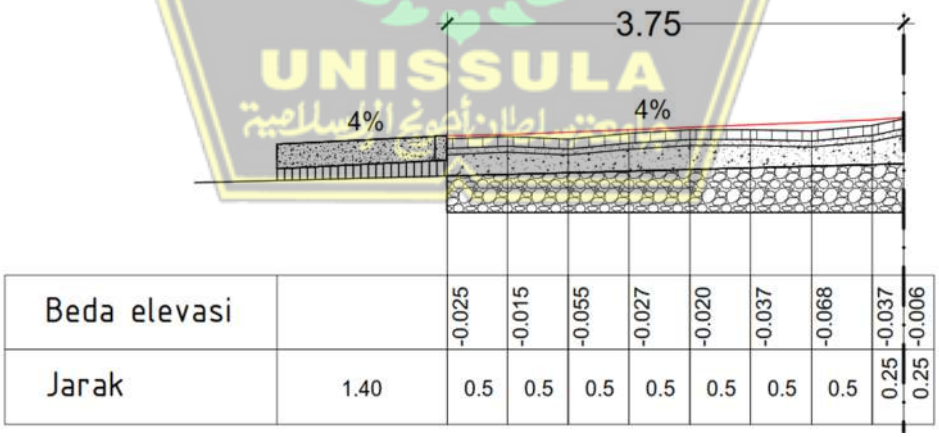
Gambar 4.30. Potongan melintang As A (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.31. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.32. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan

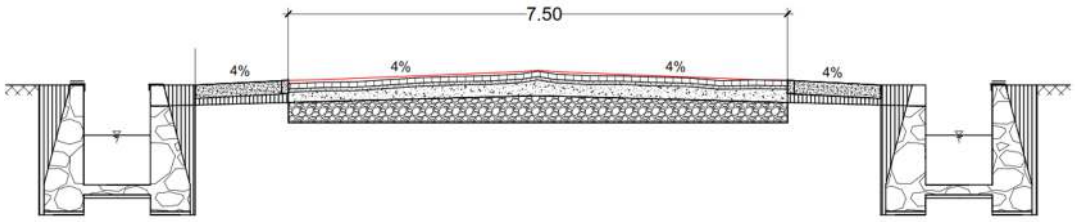
Tabel 4.22. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-2)

No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
A	1	2.345	2.370	(0.025)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.365	2.380	(0.015)	
	3	2.345	2.400	(0.055)	
	4	2.393	2.420	(0.027)	
	5	2.420	2.440	(0.020)	
	6	2.423	2.460	(0.037)	
	7	2.412	2.480	(0.068)	
	8	2.463	2.500	(0.037)	
	9	2.514	2.520	(0.006)	
	10	2.482	2.500	(0.018)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2.445	2.480	(0.035)	
	12	2.426	2.460	(0.034)	
	13	2.417	2.440	(0.023)	
	14	2.390	2.420	(0.030)	
	15	2.355	2.400	(0.045)	
	16	2.349	2.380	(0.031)	
	17	2.333	2.370	(0.037)	

Sumber: Pengamatan lapangan

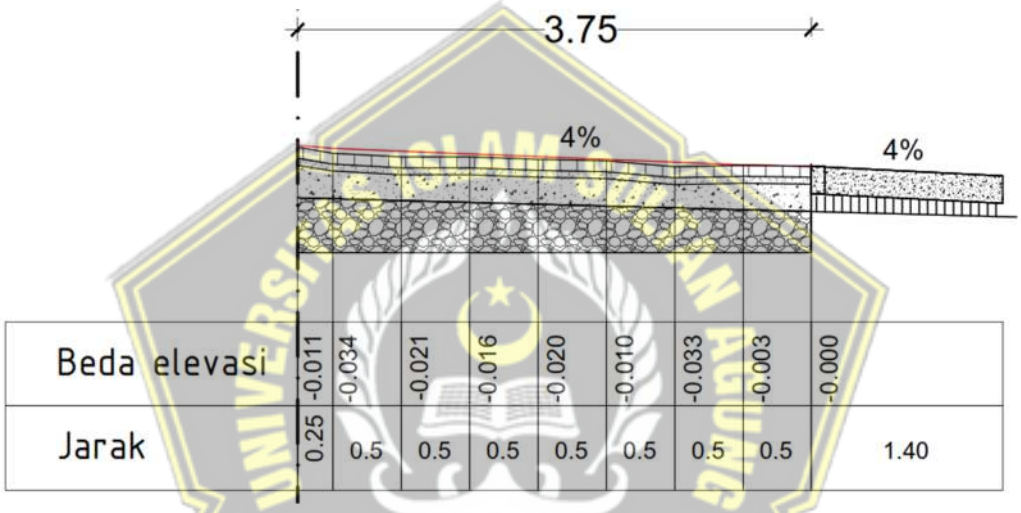
Tabel 4.22. menjelaskan pada umur 79 hari perkerasan didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As A pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,032m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,029m.

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-2 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As B dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.33. – Gambar 4.35.**



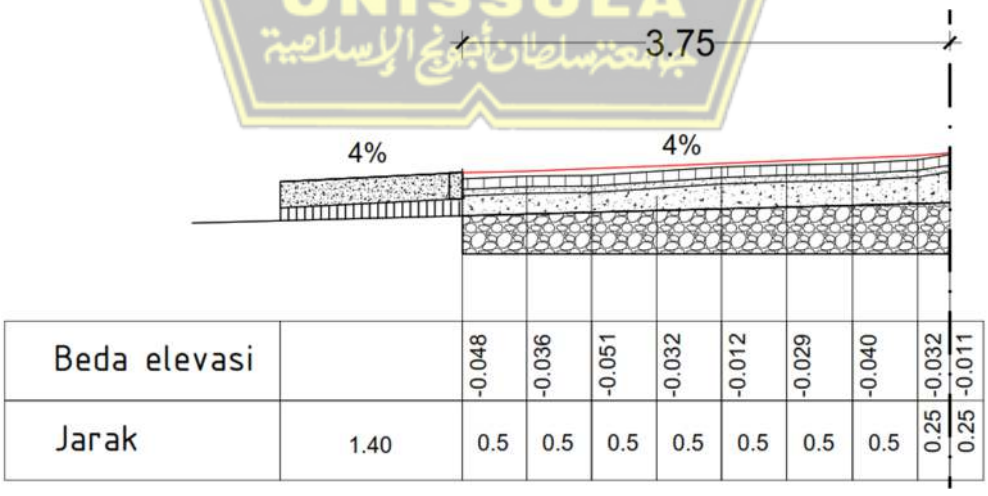
Gambar 4.33. Potongan melintang As B (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.34. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.35. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-2)

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.23. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-2)

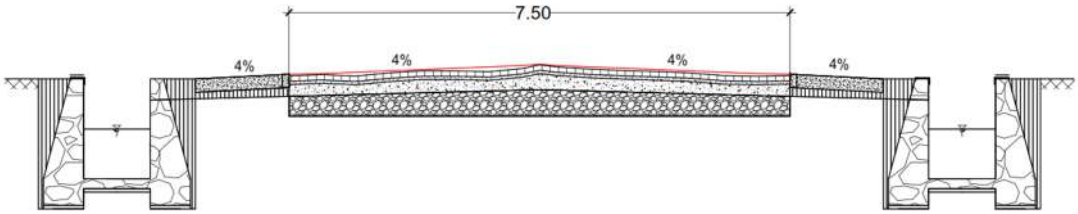
No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
B	1	2.322	2.370	(0.048)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.344	2.380	(0.036)	
	3	2.349	2.400	(0.051)	
	4	2.388	2.420	(0.032)	
	5	2.418	2.440	(0.022)	
	6	2.431	2.460	(0.029)	
	7	2.440	2.480	(0.040)	
	8	2.468	2.500	(0.032)	
	9	2.509	2.520	(0.011)	
	10	2.466	2.500	(0.034)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2.459	2.480	(0.021)	
	12	2.444	2.460	(0.016)	
	13	2.420	2.440	(0.020)	
	14	2.410	2.420	(0.010)	
	15	2.367	2.400	(0.033)	
	16	2.377	2.380	(0.003)	
	17	2.370	2.370	-	

Sumber: Pengamatan lapangan

Hasil pengamatan pada umur 79 hari perkerasan yang dapat dilihat pada **Tabel 4.23.** didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As B pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,033m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,016m.

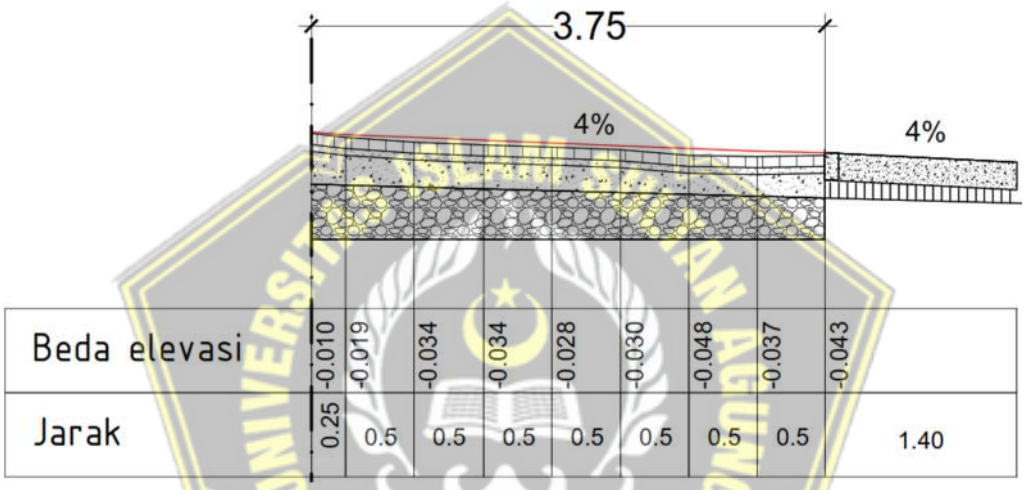
4.7.3. Minggu ke-3 (umur perkerasan 86 hari)

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-3 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As A dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.36. – Gambar 4.38.**



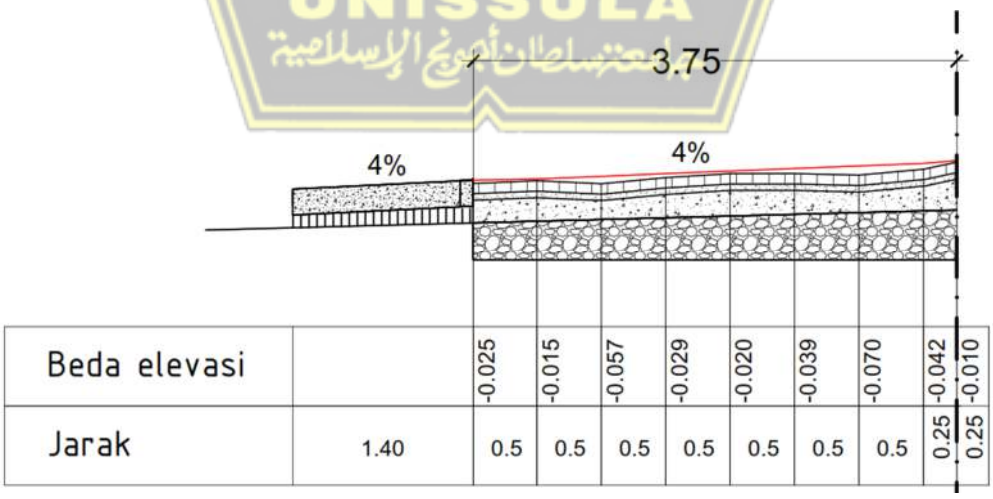
Gambar 4.36. Potongan melintang As A (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.37. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.38. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan

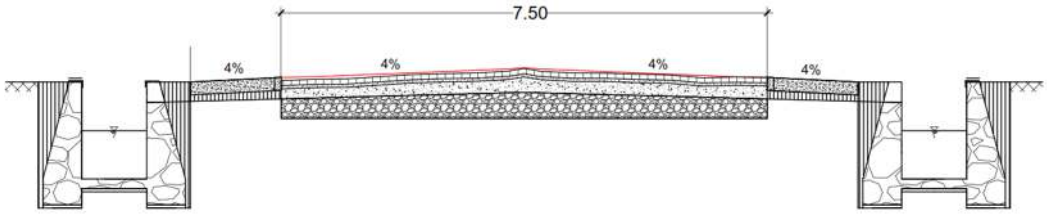
Tabel 4.24. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-3)

No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
A	1	2.345	2.370	(0.025)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.365	2.380	(0.015)	
	3	2.343	2.400	(0.057)	
	4	2.391	2.420	(0.029)	
	5	2.420	2.440	(0.020)	
	6	2.421	2.460	(0.039)	
	7	2.410	2.480	(0.070)	
	8	2.458	2.500	(0.042)	
	9	2.510	2.520	(0.010)	
	10	2.481	2.500	(0.019)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2.446	2.480	(0.034)	
	12	2.426	2.460	(0.034)	
	13	2.412	2.440	(0.028)	
	14	2.390	2.420	(0.030)	
	15	2.352	2.400	(0.048)	
	16	2.343	2.380	(0.037)	
	17	2.327	2.370	(0.043)	

Sumber: Pengamatan lapangan

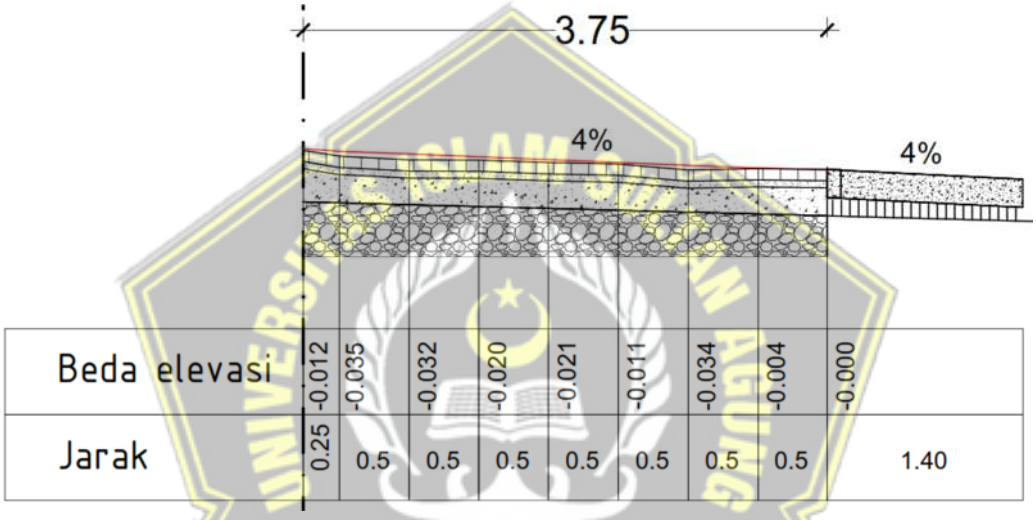
Tabel 4.24. merupakan hasil pengamatan pada umur 86 hari perkerasan didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As A pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,034m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,031m.

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-3 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As B dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.39. – Gambar 4.41.**



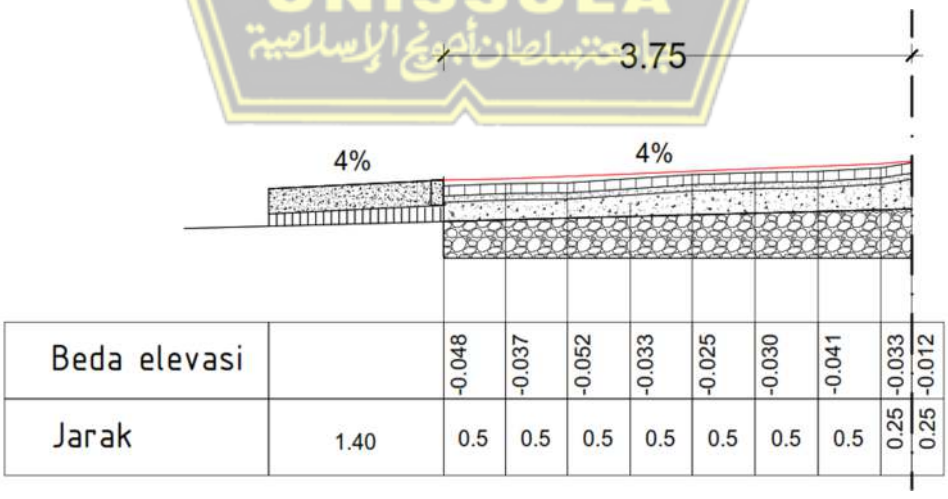
Gambar 4.39. Potongan melintang As B (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.40. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.41. Potongan melintang As B ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-3)

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.25. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-3)

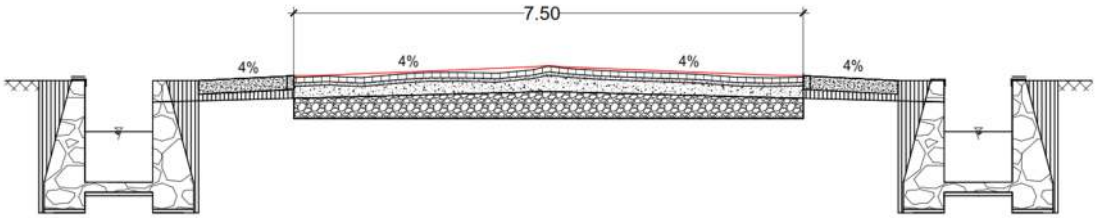
No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
B	1	2.322	2.370	(0.048)	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2.343	2.380	(0.037)	
	3	2.348	2.400	(0.052)	
	4	2.387	2.420	(0.033)	
	5	2.415	2.440	(0.025)	
	6	2.430	2.460	(0.030)	
	7	2.439	2.480	(0.041)	
	8	2.467	2.500	(0.033)	
	9	2.508	2.520	(0.012)	Arah Keluar ke Area Kawasan
	10	2.465	2.500	(0.035)	
	11	2.448	2.480	(0.032)	
	12	2.440	2.460	(0.020)	
	13	2.419	2.440	(0.021)	
	14	2.409	2.420	(0.011)	
	15	2.366	2.400	(0.034)	
	16	2.376	2.380	(0.004)	
	17	2.370	2.370	-	

Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.25. merupakan hasil pengamatan pada umur 86 hari perkerasan didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi di As B pada ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,035m sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,019m.

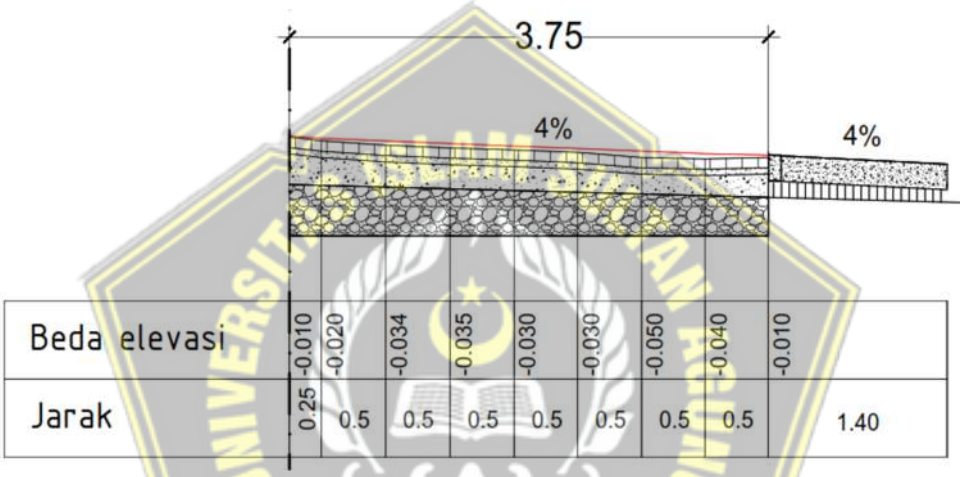
4.7.4. Minggu ke-4 (umur perkerasan 95 hari)

Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-4 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As A dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.42. – Gambar 4.44.**



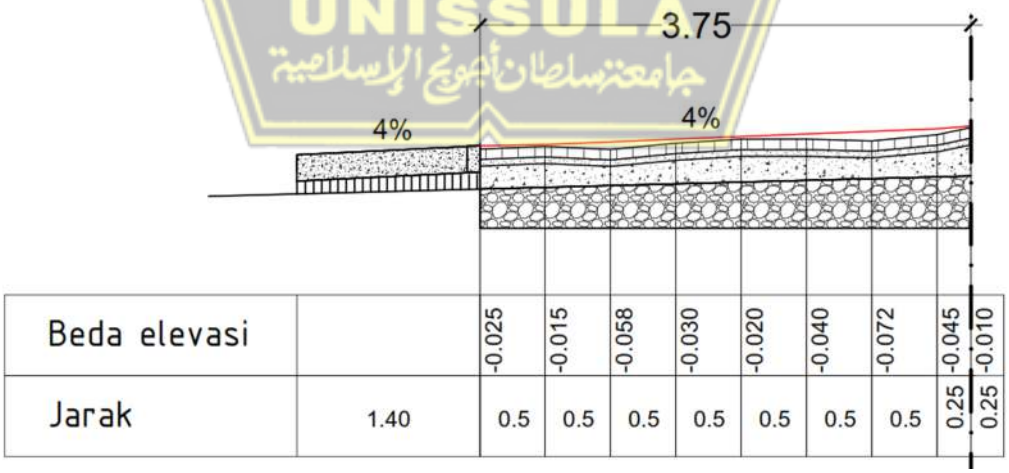
Gambar 4.42. Potongan melintang As A (minggu ke-4)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.43. Potongan melintang As A ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-4)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.44. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-4)

Sumber: Pengamatan lapangan

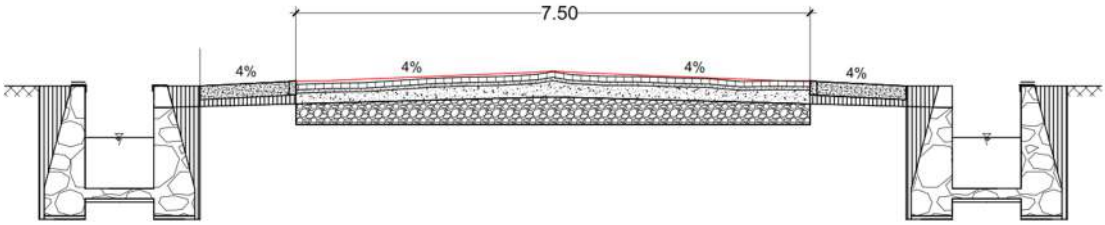
Tabel 4.26. Tabel pengukuran penurunan pada As A (minggu ke-4)

No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
A	1	2,345	2,370	0,025	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2,365	2,380	0,015	
	3	2,342	2,400	0,058	
	4	2,390	2,420	0,030	
	5	2,420	2,440	0,020	
	6	2,420	2,460	0,040	
	7	2,408	2,480	0,072	
	8	2,455	2,500	0,045	
	9	2,510	2,520	0,010	
	10	2,480	2,500	0,020	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2,446	2,480	0,034	
	12	2,425	2,460	0,035	
	13	2,410	2,440	0,030	
	14	2,390	2,420	0,030	
	15	2,350	2,400	0,050	
	16	2,340	2,380	0,040	
	17	2,325	2,370	0,045	

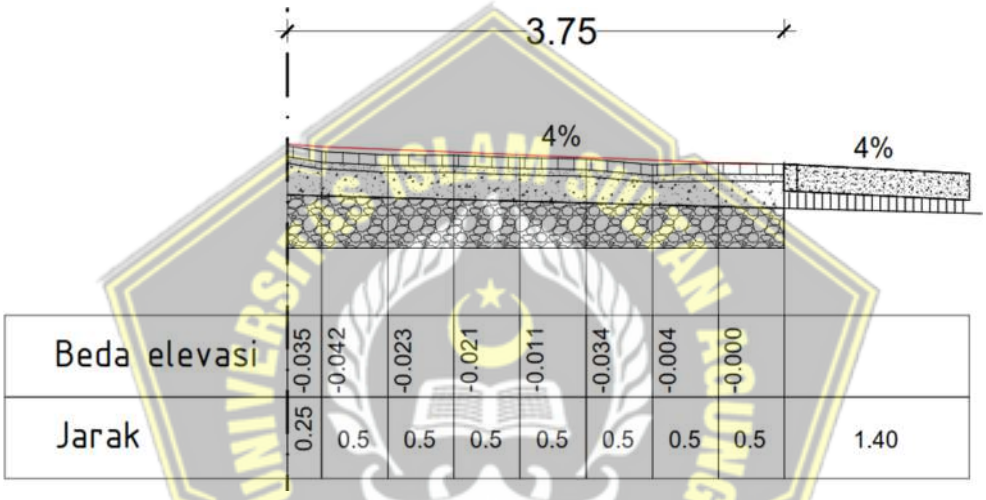
Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.26. merupakan hasil pengamatan di lapangan didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi pada As A ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,035cm sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,33cm.

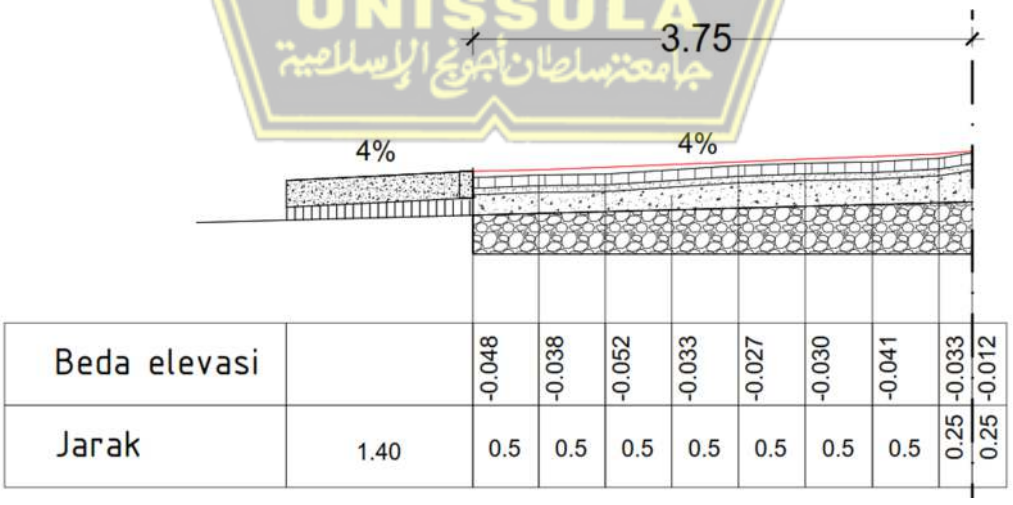
Perbandingan hasil pengamatan pada minggu ke-4 terhadap elevasi mula-mula perkerasan pada As B dapat diilustrasikan pada **Gambar 4.45. – Gambar 4.47.**



Gambar 4.45. Potongan melintang As B (minggu ke-4)
Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.46. Potongan melintang As B ruas arah keluar area kawasan (minggu ke-4)
Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.47. Potongan melintang As A ruas arah masuk area kawasan (minggu ke-4)
Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.27. Tabel pengukuran penurunan pada As B (minggu ke-4)

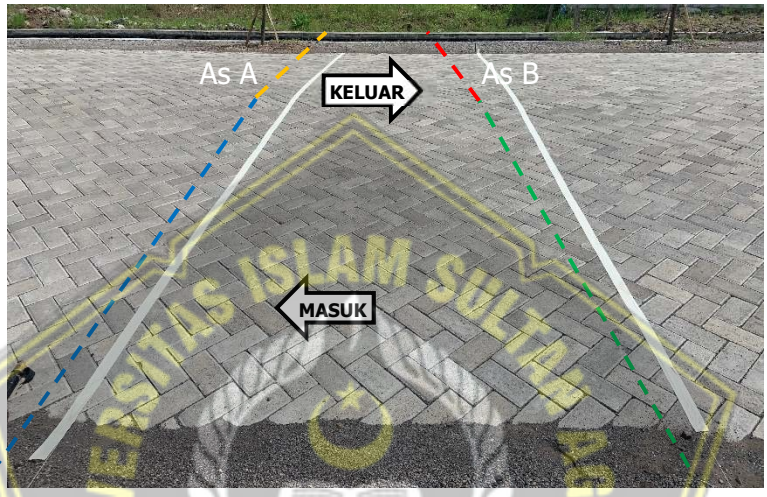
No	Titik	Elevasi	Elevasi As-Built Drawing	Penurunan (m)	Keterangan
B	1	2,322	2,370	0,048	Arah Masuk ke Area Kawasan
	2	2,342	2,380	0,038	
	3	2,348	2,400	0,052	
	4	2,387	2,420	0,033	
	5	2,413	2,440	0,027	
	6	2,430	2,460	0,030	
	7	2,439	2,480	0,041	
	8	2,467	2,500	0,033	
	9	2,508	2,520	0,012	
	10	2,465	2,500	0,035	Arah Keluar ke Area Kawasan
	11	2,438	2,480	0,042	
	12	2,437	2,460	0,023	
	13	2,419	2,440	0,021	
	14	2,409	2,420	0,011	
	15	2,366	2,400	0,034	
	16	2,376	2,380	0,004	
	17	2,370	2,370	-	

Sumber: Pengamatan lapangan

Hasil pengamatan di lapangan dapat dilihat pada **Tabel 4.27.** didapatkan rata-rata penurunan yang terjadi pada As B ruas arah masuk area kawasan sebesar 0,035cm sedangkan pada ruas arah keluar kawasan sebesar 0,020 cm.

4.7.5. Grafik Penurunan Perkerasan *Paving Block*

Dari semua data yang ada dapat diviasualisasikan kedalam bentuk grafik untuk mengetahui pergerakan lendutan dari sebuah perkerasan *paving block*. Untuk memudahkan dalam pembacaan data lendutan mingguan pada **Tabel 4.28.** bisa dilihat *mapping* pemetaan data pada **Gambar 4.48.**

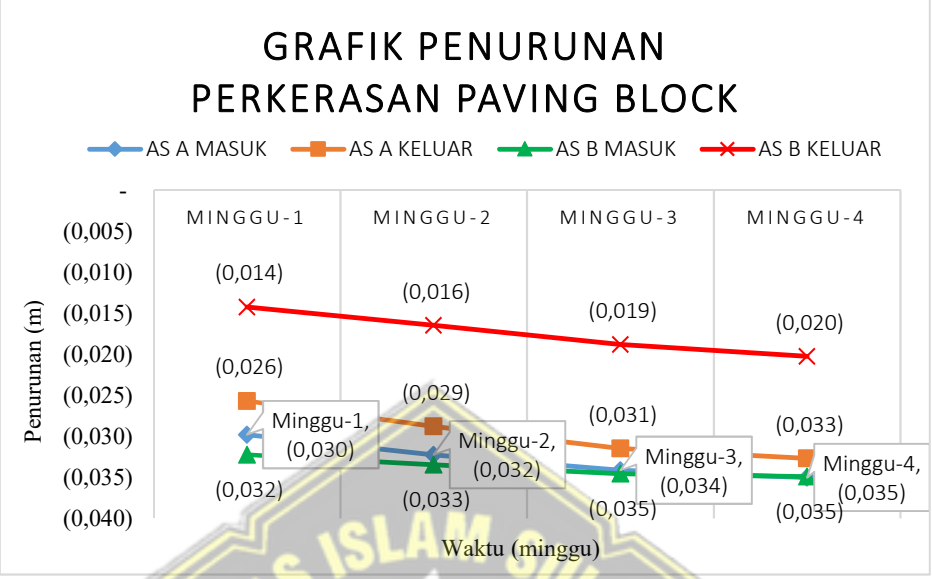


Gambar 4.48. Ilustrasi data
Sumber: Pengamatan lapangan

Tabel 4.28. Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block*

Seksi		Minggu-1 (m)	Minggu-2 (m)	Minggu-3 (m)	Minggu-4 (m)
As A	MASUK	(0.030)	(0.032)	(0.034)	(0.035)
	KELUAR	(0.026)	(0.029)	(0.031)	(0.033)
As B	MASUK	(0.032)	(0.033)	(0.035)	(0.035)
	KELUAR	(0.014)	(0.016)	(0.019)	(0.020)

Sumber: Pengamatan lapangan



Gambar 4.49. Grafik Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block*

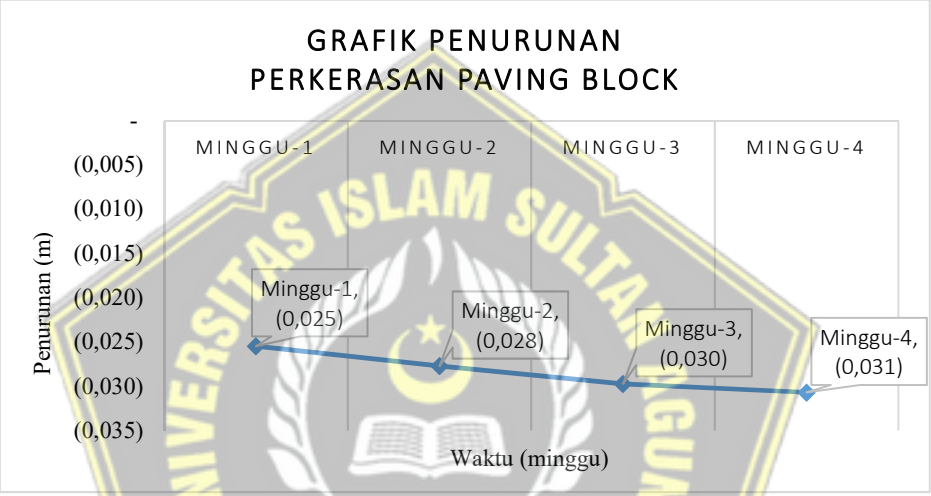
Sumber: Pengamatan lapangan

Dengan grafik pada **Gambar 4.49.** di atas kita dapat mengetahui perbedaan dan pergerakan penurunan paving masing-masing ruas pada masing-masing As. Dari potongan melintang perkerasan pada subbab sebelumnya dapat dilihat bahwa penurunan terbesar terletak pada sumbu roda kendaraan roda 4 keatas, hal itu yang membuat angka penurunan rata-rata menjadi besar yang sebenarnya di luar sumbu roda kendaraan mengalami penurunan yang kecil.

Dari grafik juga dapat menjelaskan bahwa angka penurunan rata-rata pada ruas arah masuk area kawasan memiliki angka penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan ruas arah keluar area kawasan karena perbedaan muatan dari kendaraan *truck trailer* atau kendaraan *logistik* lainnya. Kendaraan logistik pada ruas arah masuk area kawasan melintas dalam kondisi dengan muatan sedangkan kendaraan logistik pada ruas arah keluar area kawasan sudah dalam keadaan kosong.

Tabel 4.29. Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block* mingguan

Seksi		Minggu-1 (m)	Minggu-2 (m)	Minggu-3 (m)	Minggu-4 (m)
As A	MASUK	(0,025)	(0,028)	(0,030)	(0,031)
	KELUAR				
As B	MASUK				
	KELUAR				



Gambar 4.50. Grafik Rata-rata Penurunan Perkerasan *Paving Block* Mingguan

Tabel 4.29. merupakan hasil rata-rata gabungan mingguan. Dari grafik pada **Gambar 4.50.** dapat dilihat deviasi terbesar terdapat pada minggu ke-2 terhadap minggu ke-1. Jika dihubungkan dengan kondisi cuaca, intensitas hujan pada waktu tersebut memiliki intensitas tertinggi diantara minggu minggu yang lain. Jadi, sangat mungkin kondisi cuaca dapat mempengaruhi penurunan perkerasan *paving block*.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil Analisis Studi Penelitian dalam bab-bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lendutan pada paving disebabkan oleh bentuk paving yang tidak seragam, sehingga menyebabkan *interlocking* antar *paving block* tidak maksimal. Penyebab lain dari lendutan yaitu curah hujan yang tinggi, terbukti dari hasil pengamatan penurunan perkerasan *paving block* pada minggu ke-2 terhadap minggu ke-1 memiliki deviasi lendutan terbesar.
2. Pada struktur bawah perkerasan *paving block*, tanah timbunan (*subgrade)* memiliki harga CBR sebesar 13,47%; Lapis Pondasi Bawah memiliki harga CBR sebesar 46,68%; dan pada Lapis Pondasi Atas memiliki harga CBR sebesar 84,39%.
3. Lendutan pada perkerasan *paving block* akan membentuk alur sumbu roda karena sering dilalui kendaraan logistik. Lendutan alur pada ruas jalur masuk area kawasan memiliki angka penurunan lebih besar daripada ruas jalur keluar kawasan karena kendaraan logistik yang masuk berisi muatan penuh dan keluar dengan keadaan tanpa muatan.

5.2. Saran

Dari hasil Analisis Studi Penelitian dalam bab-bab sebelumnya maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Diperlukan lebih banyak titik dan melakukan pengamatan harian agar hasil penelitian lebih akurat.
2. Melakukan pengamatan langsung setelah jalan dibuka agar angka lendutan yang didapatkan lebih representatif.
3. Mengetahui detail beban kendaraan dan beban muatan tiap-tiap kendaraan untuk mengetahui besar lendutan yang akibat berat kendaraan tertentu.

4. Menggunakan data curah hujan harian dengan satuan mm/hari dari penakar hujan setempat.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI 03-0691-1996 Bata beton (Paving block)*.

Concrete Manufacturers Association. (2004). *Concrete Block Paving Book 2: Design Aspects*. Midrand: *Concrete Manufacturers Association*.

Concrete Manufacturers Association. (2009). *Concrete Block Paving Book 3: Specification and Installation*. Midrand: *Concrete Manufacturers Association*.

Hainin, M. R., Ling, T.-C., Mudiyono, R., & Md Nor, H. (2007). *PERFORMANCE OF CONCRETE BLOCK PAVEMENT ON SLOPED ROAD SECTION*. Johor: Universiti Teknologi Malaysia

Lay, M. G. (Maxwell G.), Metcalf, J. B., & Sharp, K. G. (Kieran G.). (2020). *Paving our ways : a history of the world's roads and pavements*. Abingdon: *CRC Press.*

Lin, W., Cho, Y. H., & Kim, I. T. (2016). Development of Deflection Prediction Model for Concrete Block Pavement Considering the Block Shapes and Construction Patterns. *Advances in Materials Science and Engineering*.

Mampearachchi, W. K., & Gunarathna, W. P. H. (2010). Finite-Element Model Approach to Determine Support Conditions and Effective Layout for Concrete Block Paving. *Journal of Materials in Civil Engineering*.

Papagiannakis, A. T., & Masad, Eyad. (2008). *Pavement design and materials*. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.

Puro, S., Atmiwyastuti, N., & Restina, N. (2014). *Criticism and Troubleshooting Using Cast in Concrete Construction Engineering Road in Effort to Build Sustainable Road Construction*. Jakarta: Universitas Bung Karno

Putra, A. P., & Adha, K. M. (2018). *ANALISIS PENGARUH BENTUK PAVING BLOCK*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung.

Sri Wati, S. (2000). *Penggunaan Paving Block Sebagai Lapis Permukaan Perkerasan Pada Persimpangan Dalam Kota Surabaya: Studi Kasus Persimpangan Kalianyar-Ngaglik-Kapasari-Kusuma Bangsa*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Penerbit NOVA.

Tonny, & Kurniawan, S. E. (2000). *Perancangan lapis perkerasan paving blok dan drainase di sekitar gedung P Universitas Kristen Petra*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية