

**LAPORAN AKHIR**  
**PENELITIAN INTERNAL PERGURUAN TINGGI**



**ANALISIS BAHU JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN**  
***PAVING BLOCK***

Tim Pelaksana :

<b>Ketua</b>	<b>: Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D</b>	<b>0605016802</b>
<b>Anggota</b>	<b>: Ir. Gata Dian Asfari, MT</b>	<b>0628055801</b>

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**  
**SEMARANG**  
**NOVEMBER 2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN PENELITIAN INTERNAL PERGURUAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)**

Judul : Analisis Bahu Jalan Menggunakan Perkerasan  
*Paving Block*

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D  
NIDN / NIK : 0605016802 / 210293018  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Sipil / Fakultas Teknik  
HP : 085876537771  
Alamat surel (e-mail) : rachmatmudi@yahoo.com

**Anggota (1)**

Nama Lengkap : Ir. Gata Dian Asfari, MT  
NIDN / NIK : 0628055801 / 210288008

**Anggota (2)**

Nama Lengkap : -  
NIDN / NIK : -

**Institusi Mitra (jika ada)**

Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -

Tahun Pelaksanaan : 2019  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 9.000.000

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik,

Semarang, 29 – November – 2019  
Ketua,

**Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT.,**  
**Ph.D**  
**NIK 210293018**

**Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT.,**  
**Ph.D**  
**NIK 210293018**

Menyetujui,  
Kepala LPPM

**Dr. Heru Sulistyono, S.E., M.Si**  
**NIK 210493032**

## RINGKASAN

### ANALISIS BAHU JALAN MENGGUNAKAN PERKERASAN *PAVING BLOCK*

**Abstract.** Pada saat ini angka pengguna kendaraan di Indonesia semakin mengalami kenaikan yang drastis. Dengan jumlah kendaraan yang sangat banyak maka dibutuhkan prasarana yang memadai agar pengemudi bisa berkendara dengan aman dan nyaman. Salah satu fasilitas yaitu bahu jalan, bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang biasanya berada di pinggir sebelah kiri yang berfungsi sebagai tempat berhenti sementara untuk kendaraan yang mengalami keadaan darurat. Banyaknya kebutuhan Bahu Jalan tersebut maka dalam penelitian ini kami membuat Bahu Jalan yang terbuat dari Paving Block yang akan ditinjau dari aspek tebal, bentuk dan pola pemasangannya. Adapun Paving Block yang kami gunakan adalah paving block berbentuk *holland/* bata dengan tebal 6 dan 8 cm. Serta kami akan menghitung Momen, Deformasi dan Penurunan Tanah pada desain Bahu Jalan bermaterial Paving Block dengan software Plaxis dan SAP2000. Desain Bahu Jalan bermaterial Paving Block ini dimaksudkan agar dapat menghasilkan desain Bahu Jalan yang optimal serta Paving Block sendiri bisa untuk mengurangi kecepatan kendaraan sehingga kendaraan yang mengalami keadaan darurat bisa aman.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT kami ucapkan, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Laporan ini merupakan bagian dari penelitian kami terkait dengan “**Analisis Bahu Jalan menggunakan Perkerasan *Paving Block***”.

Besar harapan kami, semoga apa yang telah kami susun dalam laporan akhir penelitian ini sesuai dan tidak menyimpang jauh dari maksud dan tujuan yang telah diterapkan.

Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada pihak UNISSULA khususnya LPPM yang telah membiayai penelitian ini. Dan juga pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, baik dalam hal penyediaan data maupun informasi-informasi penting lainnya. Semoga apa yang telah kami lakukan ini memberikan manfaat yang baik bagi masyarakat luas.

Semarang / 29 November 2019

Ketua Peneliti

Ir. H. Rachmat Mudiyyono, MT.,

Ph.D

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTARTABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Pembatasan Masalah.....	5
1.7 Originalitas dan Pembaruan .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1 Sistem Jaringan Jalan.....	7
2.2 Fungsi Jalan .....	8
2.3 Status Jalan .....	8
2.4 Kelas Jalan .....	9
2.5 Trase Jalan .....	10
2.6 Alinyemen Horizontal.....	10
2.7 Lengkung Peralihan .....	11
2.8 Alinyemen Vertikal.....	11

2.9	Profil Memanjang .....	11
2.10	Profil Melintang .....	12
2.11	Kendaraan Rencana .....	13
2.12	Lalu Lintas .....	14
2.13	Jarak Pandang .....	14
2.14	Badan Jalan .....	16
2.15	Bahu Jalan.....	17
2.15.1	Dimensi.....	18
2.15.2	Konstruksi Bahu .....	18
2.15.3	Kemiringan .....	19
2.15.4	Jenis Bahu.....	19
2.15.5	Lebar Bahu Jalan .....	20
2.15.6	Lereng Melintang Bahu Jalan .....	21
2.16	Satuan Mobil Penumpang.....	21
2.17	Formula Daya Rusak .....	22
2.18	Waktu Tempuh .....	24
2.19	Paving Block.....	31
2.19.1	Struktur dan Komponen Perkerasan Blok Beton.....	34
2.19.2	Pengangkut Blok Beton .....	37
2.19.3	Pengaruh Bentuk Blok.....	37
2.19.4	Pengaruh Ketebalan Blok .....	38
2.19.5	Pengaruh Pola Peletakan .....	40
2.19.6	Pilihan Optimal Bentuk Paving dan Pola Berbaring .....	41
2.19.7	Tempat Tidur dan Pasir Bersatu .....	41
2.19.8	Pengaruh Ketebalan Pasir Tempat Tidur.....	44
2.19.9	Grading Efek Pasir.....	45
2.19.10	Pengaruh Kadar Kelembapan Pasir Seperai .....	46
2.19.11	Lebar Sambungan Pasir .....	47
2.19.12	Mengisi Pasir Gabungan .....	49
2.19.13	Pengekangan Tepi.....	50
2.19.14	Base Course .....	51
2.19.15	Sub-grade .....	52
2.20	Pemadatan.....	52
2.21	Perilaku Beban-Defleksi.....	53
2.22	Efek Pengulangan Beban.....	56
2.23	Mekanisme Interlock Paving .....	57
2.24	<i>Plaxis</i> .....	59
2.25	Pemodelan Material .....	59

<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
----------------	------------------------------------	-----------

3.1 Diagram Alir .....	39
3.2 Jenis Penelitian .....	41
3.3 Studi Literatur .....	41
3.3.1 Aspal .....	41
3.3.2 Beton.....	41
3.3.3 Paver .....	41
3.3.4 <i>Jointing dan Bedding Sand</i> .....	42
3.3.5 <i>Base Course</i> .....	42
3.3.6 <i>Subgrade</i> .....	42
3.3.7 <i>Rutting (Alur)</i> .....	42
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	43
3.4.1 Data Primer .....	43
3.4.2 Data Sekunder.....	44
3.5 Metode Analisis dan Pembahasan .....	46
3.6 Hasil Perhitungan ( <i>Output</i> ).....	48
3.7 Kesimpulan .....	48
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>49</b>
4.1 Analisa Interlocking (Program Sketchup) .....	49
4.2 Analisa Momen (SAP2000).....	100
4.3 Analisa Deformasi (PLAXIS).....	101
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>139</b>
5.1 Kesimpulan .....	139
5.2 Saran .....	141

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kekuatan Fisik Bata Beton ( <i>Paving Block</i> ) .....	23
Tabel 2.2 Prosentase Lolos Pasir Pengisi Sambungan dan Alas Paving.....	25
Tabel 2.3 Gradasi <i>Agregate</i> Campuran .....	29
Tabel 2.4 Persyaratan Lapis Pondasi <i>Agregate</i> .....	29
Tabel 2.5 Kelas Jalan Menurut Tekanan Gandar .....	36
Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan .....	37
Tabel 3.1 Parameter Perkerasan Paving .....	44
Tabel 3.2 Kelas Jalan Menurut Tekanan Gandar .....	44
Tabel 3.3 Kombinasi Pola Pemasangan, Mutu dan Tebal <i>Paving Block</i> .....	45
Tabel 3.4 Parameter Perkerasan <i>Rigid</i> .....	46
Tabel 3.5 Parameter Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	46
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan <i>Proctor</i> .....	50
Tabel 4.2 Data Hasil Percobaan <i>Proctor</i> .....	52
Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan <i>Specific Grafity</i> .....	54
Tabel 4.4 Harga Air <i>Picnometer</i> .....	55
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan <i>Specific Garafity</i> .....	56
Tabel 4.6 Data Hasil Percobaan Uji <i>Grain Size</i> Kedalaman 1,50 m.....	56
Tabel 4.7 Data Hasil Percobaan Uji <i>Grain Size</i> Tanah Kedalaman 3,00 m.....	57
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Grain Size Analysis</i> Tanah Kedalaman 1,50 m .....	58
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Grain Size Analysis</i> Tanah Kedalaman 3,00 m .....	60
Tabel 4.10 Data Hidrometer Tanah Boor 1,50 m.....	60
Tabel 4.11 Data Hidrometer Tanah Boor 3,00 m.....	61
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Hidrometer Tanah Booring 1,50 m .....	62
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Hidrometer Tanah Booring 3,00 m .....	63
Tabel 4.14 Data Hasil <i>Direct Shear Test</i> .....	64
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan <i>Direct Shear Test</i> .....	65
Tabel 4.16 Permeabilitas <i>Subgrade</i> .....	67
Tabel 4.17 <i>Poisson Ratio</i> Jenis Tanah .....	68
Tabel 4.18 Parameter Tanah <i>Subgrade</i> .....	69



Tabel 4.19 Data Hasil Percobaan <i>Proctor</i> .....	70
Tabel 4.20 Data Hasil Percobaan <i>Proctor</i> .....	72
Tabel 4.21 Hasil Percobaan <i>Specific Grafity</i> .....	73
Tabel 4.22 Harga Air <i>Picnometer</i> .....	73
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan <i>Specific Grafity</i> .....	75
Tabel 4.24 Data Hasil Percobaan Uji <i>Grain Size</i> .....	76
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan <i>Grain Size</i> .....	77
Tabel 4.26 Data <i>Hidrometer Base Course</i> .....	78
Tabel 4.27 Hasil Perhitungan <i>Hidrometer Base Course</i> .....	79
Tabel 4.28 Data Hasil Uji <i>Direct Shear Test</i> .....	79
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan <i>Direct Shear Test</i> .....	80
Tabel 4.30 <i>Permeabilitas Base Course</i> .....	82
Tabel 4.31 <i>Poisson Ratio Base Course</i> .....	82
Tabel 4.32 Parameter Tanah <i>Base Course</i> .....	83
Tabel 4.33 Data Hasil Percobaan <i>Proctor Bedding Sand</i> .....	84
Tabel 4.34 Hasil Percobaan <i>Proctor Bedding Sand</i> .....	87
Tabel 4.35 Data Hasil Percobaan <i>Specific Grafity</i> .....	88
Tabel 4.36 Harga Air <i>Picnometer Bedding Sand</i> .....	89
Tabel 4.37 Hasil Perhitungan <i>Specific Grafity</i> .....	90
Tabel 4.38 Hasil Percobaan Uji <i>Grain Size Bedding Sand</i> .....	90
Tabel 4.39 Hasil Perhitungan <i>Grain Size Bedding Sand</i> .....	92
Tabel 4.40 Data <i>Hidrometer Bedding Sand</i> .....	92
Tabel 4.41 Hasil Perhitungan <i>Hidrometer Bedding Sand</i> .....	94
Tabel 4.42 Data Hasil <i>Direct Shear Test</i> .....	94
Tabel 4.43 Hasil Perhitungan <i>Direct Shear Test</i> .....	95
Tabel 4.44 <i>Permeabilitas Bedding Sand</i> .....	97
Tabel 4.45 <i>Poisson Ratio Bedding Sand</i> .....	97
Tabel 4.46 Parameter Tanah <i>Bedding Sand</i> .....	98

Tabel 4.47 Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium UNISSULA .....	99
Tabel 4.48 Parameter Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	99
Tabel 4.49 Parameter Perkerasan <i>Rigid</i> .....	99
Tabel 4.50 Parameter Tanah <i>Subgrade</i> .....	106
Tabel 4.51 Parameter Tanah <i>Subgrade</i> .....	106
Tabel 4.52 Parameter Tanah <i>Base Course</i> .....	108
Tabel 4.53 Parameter Tanah <i>Base Course</i> .....	108
Tabel 4.54 Parameter Tanah <i>Bedding Sand</i> .....	110
Tabel 4.55 Parameter Tanah <i>Bedding Sand</i> .....	110
Tabel 4.56 Parameter Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	112
Tabel 4.57 Parameter Perkerasan <i>Rigid</i> .....	112
Tabel 4.58 Parameter Perkerasan <i>Rigid</i> .....	123
Tabel 4.59 Parameter Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	123
Tabel 4.60 <i>Displacement Asphalt</i> dan <i>Rigid</i> .....	124
Tabel 4.61 <i>Trial and Error</i> Parameter <i>Paving Block</i> .....	125
Tabel 4.62 Parameter Perkerasan <i>Paving Block</i> .....	126
Tabel 4.63 <i>Output Curva</i> Penurunan pada Perkerasan <i>Asphalt, Rigid</i> dan <i>Paving Block</i> .....	128
Tabel 4.64 Perbandingan Penurunan Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan Menggunakan <i>Base Course</i> dan Tanpa Menggunakan <i>Base</i> <i>Couse</i> .....	133

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Paving Block</i> .....	11
Gambar 2.2 Grafik Perbandingan Kekuatan dengan Penurunan <i>Paving Block</i> Terhadap Ketebalan yang Berbeda (Rahmat Mudiyono, 2006).....	13
Gambar 2.3 <i>Paving Block</i> Tipe <i>Unipave</i> .....	15
Gambar 2.4 <i>Paving Block</i> Tipe <i>Unidecor</i> .....	16
Gambar 2.5 <i>Paving Block</i> Tipe <i>Quadpave</i> .....	17
Gambar 2.6 <i>Paving Block</i> Tipe X .....	17
Gambar 2.7 <i>Paving Block</i> Saling Mengunci Arah Melintang.....	19
Gambar 2.8 <i>Paving Block</i> Jenis <i>Grid</i> .....	20
Gambar 2.9 Jenis-jenis Penataan <i>Paving Block</i> .....	21
Gambar 2.10 Grafik Perbandingan Jarak Sambungan dengan Penurunan Antar <i>Paving Block</i> (Mudiyono and Hasanah, 2004) .....	22
Gambar 2.11 Struktur Perkerasan <i>Paving Block</i> .....	32
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	40
Gambar 3.2 Bagan Alir <i>Software</i> PLAXIS .....	47
Gambar 4.1 Grafik Kadar Air Optimum <i>Subgrade</i> .....	53
Gambar 4.2 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Tanah Boor 1,50 m .....	66
Gambar 4.3 Grafik <i>Direct Shear Test</i> Tanah Boor 3,00 m .....	66
Gambar 4.4 Grafik Kadar Air Optimum <i>Base Course</i> .....	73
Gambar 4.5 Grafik <i>Direct Shear Test</i> <i>Base Course</i> .....	81
Gambar 4.6 Grafik Kadar Air Optimum <i>Bedding Sand</i> .....	87
Gambar 4.7 Grafik <i>Direct Shear Test</i> <i>Bedding Sand</i> .....	96
Gambar 4.8 General Setting-Tab Project .....	102
Gambar 4.9 General Setting-Tab Dimension.....	103
Gambar 4.10 Model 1 Geometri Penampang Melintang .....	104
Gambar 4.11 Model 2 Geometri Penampang Melintang .....	104
Gambar 4.12 Model 3 Geometri Penampang Melintang .....	105

Gambar 4.13 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Subgrade</i> (1) .....	106
Gambar 4.14 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Subgrade</i> (2) .....	107
Gambar 4.15 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Subgrade</i> (3) .....	107
Gambar 4.16 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Base Course</i> (1) .....	108
Gambar 4.17 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Base Course</i> (2) .....	109
Gambar 4.18 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Base Course</i> (3) .....	109
Gambar 4.19 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Bedding Sand</i> (1) ....	110
Gambar 4.20 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Bedding Sand</i> (2) ....	111
Gambar 4.21 Properties Tanah pada <i>Tab General</i> Lapisan <i>Bedding Sand</i> (3) ....	111
Gambar 4.22 Properties Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	112
Gambar 4.23 Properties Perkerasan <i>Rigid</i> .....	113
Gambar 4.24 Penginputan Beban Lalu Lintas .....	113
Gambar 4.25 Pengaplikasian Material Sets pada Permodelan.....	114
Gambar 4.26 <i>Mesh Generation</i> Penampang Melintang Perkerasan .....	114
Gambar 4.27 Tinggi Muka Air dalam Permodelan.....	115
Gambar 4.28 <i>Phreatic Leve</i> .....	115
Gambar 4.29 Tekanan Air Pori Aktif.....	116
Gambar 4.30 Tekanan Air Pori Awal .....	116
Gambar 4.31 Menonaktifkan Timbunan Tanah .....	117
Gambar 4.32 Ko-prosedur.....	117
Gambar 4.33 Tegangan Efektif Tanah .....	117
Gambar 4.34 Tahapan Menentukan Berat Tanah .....	118
Gambar 4.35 Membuat Timbunan Base Course .....	119
Gambar 4.36 Membuat Timbunan Pasir .....	119
Gambar 4.37 Penginputan Perkerasan .....	120
Gambar 4.38 <i>Displacement</i> Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	124
Gambar 4.39 <i>Displacement</i> Perkerasan <i>Rigid</i> .....	124
Gambar 4.40 Grafik <i>Trial and Error</i> Parameter <i>Paving Block</i> .....	126
Gambar 4.41 <i>Curva</i> Perkerasan <i>Asphalt</i> .....	127
Gambar 4.42 <i>Curva</i> Perkerasan <i>Rigid</i> .....	127

Gambar 4.43 <i>Curva</i> Perkerasan <i>Paving Block</i> .....	128
Gambar 4.44 Grafik <i>Output Curva</i> Penurunan .....	129
Gambar 4.45 Permodelan Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan <i>Base Course</i> .....	131
Gambar 4.46 Permodelan Perkerasan <i>Paving Block</i> Tanpa <i>Base Course</i> .....	132
Gambar 4.47 <i>Curva</i> Perkerasan <i>Paving Block</i> Tanpa <i>Base Course</i> .....	132
Gambar 4.48 <i>Curva</i> Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan <i>Base Course</i> .....	133
Gambar 4.49 Grafik Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan Menggunakan <i>Base Course</i> dan Tanpa Menggunakan <i>Base Course</i> .....	134
Gambar 4.50 Deformasi Perkerasan <i>Paving Block</i> Tanpa Menggunakan <i>Base Course</i> .....	135
Gambar 4.51 Deformasi Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan Menggunakan <i>Base Course</i> .....	135
Gambar 4.52 Prosentase Penurunan Perkerasan <i>Paving Block</i> dengan <i>Base Course</i> .....	137
Gambar 4.53 Prosentase Penurunan Perkerasan <i>Paving Block</i> tanpa <i>Base Course</i> .....	137

## DAFTAR SIMBOL

$\gamma_b$  = Berat volume tanah basah  
( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  $\gamma_k$  = Berat volume tanah  
kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  $\gamma_w$  = Berat jenis air  
( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  
 $\gamma_{\text{unsat}}$  = Berat jenis tanah kering ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )  
 $\gamma_{\text{sat}}$  = Berat jenis tanah basah  
( $\text{kN}/\text{m}^3$ )  $w$  = Kadar air (%)  
 $w_{\text{opt}}$  = Kadar air  
optimum(%)  $n$  = Kadar pori  
(%)  
 $e$  = Angka pori (%)  
 $Z_{\text{AV}}$  = Zero air void  
( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  $D$  = Diameter  
partikel (mm)  
 $Z$  = Titik berat kepermukaan  
air  $\sigma_n$  = Tegangan normal  
( $\text{cm}^2$ )  $\sigma_s$  = Tegangan geser  
( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  $c_{\text{ref}}$  (cu) = kohesi  
( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
 $\Phi$  = Sudut friksi ( $^{\circ}$ )  
 $E_{\text{ref}}$  = Modulus young (Psi)  
 $k_x$  = Permeabilitas horizontal  
(m/day)  $k_y$  = Permeabilitas vertikal  
(m/day)  
 $V$  = Poisson's Ratio  
 $\Psi$  = Sudut geser dalam  
( $^{\circ}$ )  $T$  = suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $t$  = Korelasi suhu  
 $\emptyset$  = Diameter (mm)  
 $a$  = Berat tanah yang tertinggal  
(gr)  $\text{KL}$  = Kadar lumpur (%)  
 $f$  = sudut geser dalam ( $^{\circ}$ )

$u$  = tekanan air pori

$z_w$  = tinggi muka air

tanah  $F$  = Faktor

Keamanan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada saat ini angka pengguna kendaraan di Indonesia semakin mengalami kenaikan yang drastis. Dengan jumlah kendaraan yang sangat banyak maka dibutuhkan prasarana yang memadai agar pengemudi bisa berkendara dengan aman dan nyaman. Pada saat berkendara terdapat keadaan darurat yang tak terduga seperti pecahnya ban kendaraan, kerusakan mesin, dan hal lainnya. Hal-hal tak terduga tersebut bisa menyebabkan kecelakaan, menurut PT Jasa Marga kecelakaan yang terjadi di jalan tol mencapai 337 dengan 67 diantaranya adalah karena pecahnya ban kendaraan.

Karena adanya keadaan darurat tersebut sangat dibutuhkan prasarana jalan yang memadai yaitu Bahu Jalan. Bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang biasanya berada di pinggir sebelah kiri yang berfungsi sebagai tempat berhenti sementara untuk kendaraan yang mengalami kerusakan atau keadaan darurat. Kendaraan darurat yaitu adalah kendaraan ambulans, pemadam kebakaran dan mobil polisi yang sedang dalam keadaan darurat menuju ke suatu tempat di saat keadaan jalan mengalami tingkat kepadatan atau macet yang tinggi.

Tetapi penggunaan Bahu Jalan tidak sembarangan, maka diatur dengan Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 dengan keadaan dimana bahu jalan digunakan arus lalu lintas pada kondisi darurat, bahu jalan diperuntukan bagi kendaraan yang berhenti darurat, bahu jalan tidak digunakan untuk menarik/menderek/ mendorong kendaraan, bahu jalan tidak digunakan untuk keperluan menaikkan atau menurunkan penumpang dan bahu jalan tidak digunakan untuk mendahului kendaraan.

Pentingnya Bahu Jalan tersebut maka dalam Penelitian ini kami membuat Bahu Jalan dengan 5 segmen yang terbuat dari Paving Block yang akan ditinjau dari aspek tebal, bentuk dan pola pemasangannya. Serta kami akan menghitung Momen, Deformasi dan Penurunan Tanah pada desain Bahu Jalan bermaterial Paving Block dengan software Plaxis dan SAP2000.



Desain Bahu Jalan bermaterial Paving Block ini dimaksudkan agar dapat menghasilkan desain Bahu Jalan yang optimal serta Paving Block sendiri bisa untuk mengurangi kecepatan kendaraan sehingga kendaraan yang mengalami keadaan darurat bisa aman.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan masalah pada latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana desain Bahu Jalan dengan bahan Paving Block?
2. Manakah material Paving Block yang paling optimal digunakan untuk bahu jalan berdasarkan tebal, bentuk dan pola pemasangannya ?
3. Bagaimana momen, deformasi serta penurunan tanah bahu jalan yang dihitung menggunakan software Plaxis dan SAP2000?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun uraian dari tujuan analisis diatas, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui desain Bahu Jalan berbahan Paving Block.
2. Mengetahui Paving Block yang paling optimal untuk digunakan sebagai material Bahu Jalan.
3. Mengetahui momen, deformasi dan penurunan tanah pada Bahu Jalan berbahan Paving Block.

## **1.4. Batasan Masalah**

Parameter pengujian dalam penelitian ini adalah :

1. Objek yang di analisis oleh peneliti mengambil contoh di Jalan
2. Menganalisa Bahu Jalan berbahan Paving Block dengan batasan tebal, bentuk dan pola pemasangan yang dihitung momen, deformasi dan penurunan tanahnya dengan software Plaxis dan SAP2000

## **1.5. Sistematika Penelitian**

Sistematika laporan analisis ini dibagi menjadi lima bab yaitu :

**Bab I Pendahuluan**

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

**Bab II Tinjauan Pustaka**

Dalam bab ini membahas mengenai uraian umum yang didapatkan dari literatur, pendapat para ahli maupun hasil pengamatan

**Bab III Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Dalam bab ini berisi tentang lokasi dan prosedur atau langkah kerja yang akan di analisis dalam pemecahan masalah

**Bab IV Metode Penelitian**

Dalam bab ini berisi tentang lokasi dan prosedur atau langkah kerja yang akan di analisis dalam pemecahan masalah

**Bab V Hasil dan Luaran yang Dicapai**

Dalam bab ini berisi tentang pembahasan data dan hasil analisis.

**Bab VI Rencana Tahapan Berikutnya**

Dalam bab ini berisi rencana penelitian yang dapat dilakukan pada tahap berikutnya.

**Bab V Kesimpulan dan Saran**

Dalam bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran mengenai hasil-hasil analisis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Ruas Jalan**

Jalan adalah prasarana transportasi darat meliputi bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan air, serta di atas permukaan air, kecuali kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.(Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Standardisasi Jalan Provinsi Jawa Tengah).

Pengertian jalan meliputi badan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan yang terkait seperti rambu lalu lintas, lampu penerangan, marka jalan, dan lain-lain. Jalan mempunyai empat fungsi :

- 1) Melayani kendaraan yang bergerak
- 2) Melayani kendaraan yang parker
- 3) Melayani perjalan kaki dan kendaraan tak bermotor
- 4) Pengembangan wilayah dan akses ke daerah pemilikan.

Dari semua jalan melayani dua,tiga fungsi dari empat fungsi yang ada, tetapi ada juga jalan yang hanya melayani satu fungsi dari empat fungsi yang ada(contoh, jalan bebas hambatan hanya melayani kendaraan bergerak). Adapun karakteristik geometri jalan terdiri dari :

- 1) Tipe Jalan

Banyak tipe jalan yang akan menunjukkan kinerja yang berbeda-beda baik dilihat secara pembebanan lalu lintas tertentu. Contoh, jalan terbagi dan jalan tak terbagi,jalan satu arah.

- 2) Lebar Jalur Lalu Lintas

Kecepatan arus bebas dan kapasitas meningkat dengan penambahan lebar jalur lalu lintas.

3) Bahu Jalan

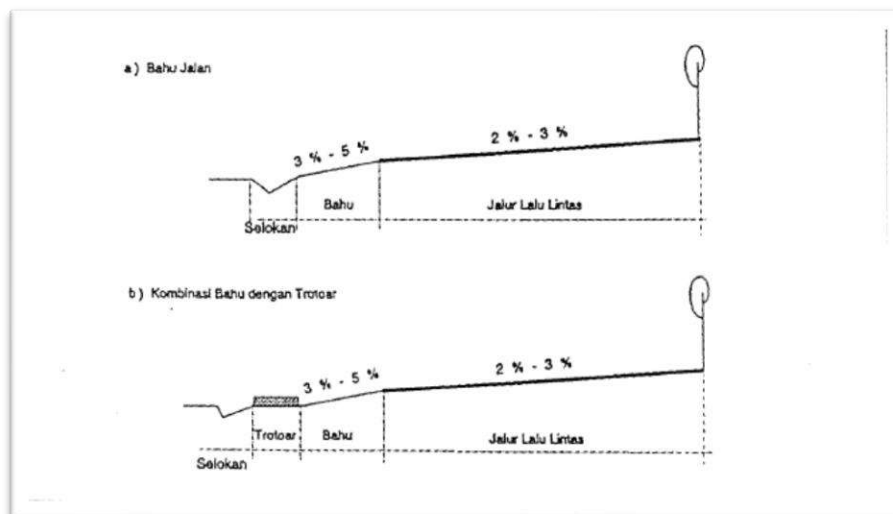
Bahu Jalan adalah jalur yan terletak di tepi jalur lalu lintas. Bahu jalan memiliki tingkat kemiringan untuk pengairan air dari permukaan jalan dan juga untuk memperkuat konstruksi perkerasan jalan. Bahu jalan memiliki kemiringan normal yaitu 3%-5%.

4) Trotoar

Trotoar adalah bagian jalan yang disediakan untuk pejalan kaki, biasanya terletak sejajar dengan jalur lalu lintas dan harus terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik

## 2.2. Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah jalur yan terletak di tepi jalur lalu lintas. Bahu jalan memiliki tingkat kemiringan untuk pengairan air dari permukaan jalan dan juga untuk memperkuat konstruksi perkerasan jalan. Bahu jalan memiliki kemiringan normal yaitu 3%-5%.



**Gambar 2.1** Bahu Jalan (Sukirman, 1994)

## 2.3. Fungsi Bahu Jalan

Menurut Sukirman, 1994, bahu jalan adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas dan berfungsi sebagai berikut :

- 1) Ruang untuk tempat berhenti sementara bagi kendaraan yang mogok atau hanya sekedar berhenti karena pengemudi akan beristirahat atau hanya ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan di tempuh.
- 2) Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari samping.
- 3) Ruang pembantu pada waktu mengerjakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan.
- 4) Ruang untuk menghindarkan diri dari saat darurat guna mencegah terjadinya kecelakaan.

#### **2.4. Jenis Bahu Jalan**

Bahu jalan memiliki berbeberapa tipe dan mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda-beda. Bahu jalan dibedakan dari beberapa tipe :

- 1) Bahu diperkeras (*Hard Shoulder*) adalah : bahu jalan yang dibuat dengan adanya bahan pengikat sehingga pada setiap lapisan tersebut lebih kedap air disbanding dengan bahu yang tidak diperkeras.

Bahu jalan di perkeras digunakan : untuk jalan-jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan volume jumlah kendaraan banyak, seperti di jalan tol, sepanjang jalan alteri.

- 2) Bahu Lunak (*Sift Shoukder*) adalah bahu jalan yang tidak diperkeras, dibuat dengan material perkerasan jalan tanpa pengikat. Biasanya menggunakan material agregat bercampur dengan sedikit lempung  
Bahu Lunak digunakan untuk daerah daerah yang tidak begitu penting atau volume kendaraan yang sedikit.

#### **2.5. Lebar Bahu Jalan**

Untuk mengetahui besar lebar bahu jalan banyak di pengaruhi oleh beberapa faktor :

- a) Kelas Jalan
  - 1) Jalan Alteri dimana didesain berdasarkan kecepatan rencana dengan minimum 60 kilometer/jam, maka lebar bahu jalan yang digunakan harus lebih besar.

- 2) Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan kecepatan rata rata sedang, berdasarkan kecepatan rencanapaling rendah 40 (empat puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 9 (sembilan) meter.
- 3) Jalan local yaitu jalan dimana didesain untuk kendaraan kecepatan rendah, berdasarkan kecepatan rencana palingrendah 20 (dua puluh) kilometer per jam dengan lebar badan jalanpaling sedikit 7,5 (tujuh koma lima) meter.

**Tabel 2.1** Lebar Bahu Jalan (Sukirman, 1994)

Kelas jalan	Lebar lajur (m)		Lebar bahu sebelah luar (m)			
	Disarankan	Minimum	Tanpa trotoar		Ada trotoar	
			Disarankan	Minimum	Disarankan	Minimum
I	3,60	3,50	2,50	2,00	1,00	0,50
II	3,60	3,00	2,50	2,00	0,50	0,25
III A	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III B	3,60	2,75	2,50	2,00	0,50	0,25
III C	3,60	*)	1,50	0,50	0,50	0,25

b) Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas sangat berperuh pada lebar bahu jalan, dimana jika volume lalu lintas di jalan tersebut tinggi maka membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih besar disbanding dengan volume lalu lintas yang sedikit.

c) Kegiatan disekitas jalan

Kegiatan disekitar jaln yang melintas pada daerah perkotaan, pasar, sekolah membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih besar daripada jalan yang melintas daerah rural, karena bahu jalan tersebut dipergunakan pada sebagai tempat parker atau pejalan kaki.

Dari beberapa faktor yang ada diatas lebar bahu jalan dapat bervariasi antara 0,5 – 3,6 m.

## 2.6. Pengertian Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan.

### **2.7. Fungsi Median**

Median jalan direncanakan dengan tujuan meningkatkan keselamatan, kelancaran, dan kenyamanan bagi pengguna jalan maupun lingkungan sekitar. Median jalan berfungsi sebagai berikut :

- a) Memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah
- b) Untuk menghalangi lalu lintas untuk belok kanan
- c) Tempat tunggu bagi penyebrang jalan
- d) Untuk menempatkan fasilitas untuk mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah berlawanan
- e) Penempatan fasilitas pendukung jalan
- f) Cadangan lajur

### **2.8. Kriteria Median Jalan**

Median jalan dapat digunakan jika :

- a) Jalan mempunyai tipe minimal empat lajur dua arah (4-2/UD)
- b) Volume lalu lintas dan tingkat kecelakaan tinggi
- c) Untuk tempat fasilitas pendukung lalu lintas.

### **2.9. Aspek Perencanaan Median Jalan**

Perencanaan median jalan harus memenuhi ketentuan yang berkaitan dengan aspek-aspek dibawah ini :

- a) Aspek Keselamatan

Dalam aspek keselamatan banyak yang harus di perhatikan yaitu :

- 1) Memenuhi kebebasan pandang pengemudi;

- 2) Bentuk dimensi dan fasilitas pendukung median harus diatur sebaik mungkin sehingga mampu mencegah terjadinya kecelakaan atau hilang kendali ke jalur berlawanan;
  - 3) Harus terlihat dengan jelas oleh pengemudi;
- b) Aspek Geometrik
- 1) Median jalan di rencanakan untuk mendukung kendaraan rencana, terutama dalam manuver saat berbalik arah;
  - 2) Kecepatan rencana digunakan dalam penyesuaian ciri-ciri fungsi jalan dan penentuan jarak bukaan median dengan bukaan separator;
  - 3) Kecepatan rencana digunakan untuk penyesuaian ciri-ciri fungsi jalan dan dalam penentuan jarak dengan bukaan media jalan;
- c) Aspek Kelancaran
- 1) Tidak mempengaruhi turunnya tingkat kinerja lalu lintas;
  - 2) Harus memperhatikan aksesibilitas kawasan di sekitar median jalan;
  - 3) Ada kepastian dalam penggunaan jalur dan lajur bagi pengemudi;
- d) Aspek Drainase
- Pada aspek drainase jalan tidak menjadi penghalang untuk aliran air dari permukaan jalan, dan jika diperlukan pada daerah median bias digunakan drainase terbuka ataupun tertutup
- e) Aspek Efisiensi / Ekonomis
- Pada aspek efisiensi atau ekonomis sangat memperhatikan kebutuhan pada Median jalan, dan bentuk maupun bahan median yang akan dipergunakan dengan spesifikasinya.

## **2.10. Penempatan Median Jalan**

Median ditempatkan tepat pada sumbu jalan, sisi tepi median jalan harus saling sejajar pada garis membujur sumbu jalan, kecuali pada daerah taper menjelang bukaan median. Penempatan median dalam potongan melintang seperti gambar dibawah :



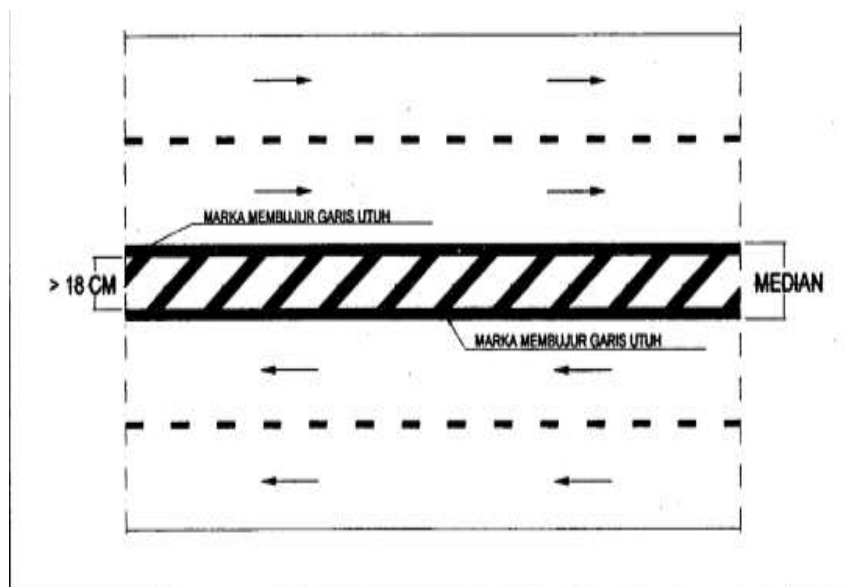


**Gambar 2.2** Potongan Melintang Jalan (Sukirman, 1994)

### 2.11. Tipe Median Jalan

Median jalan dibagi menjadi tiga tipe yang bias digunakan adalah :

- a) Median Datar, adalah median yang dibatasi oleh dua buah marka jalan membujur garis utuh bila jarak dua buah marka jalan membujur garis utuh bisa dikategorikan sebagai median jika jarak tersebut  $> 18$  cm, dimana didalamnya dilengkapi marka serong. Bisa di liat lebih jelas dari gambar :

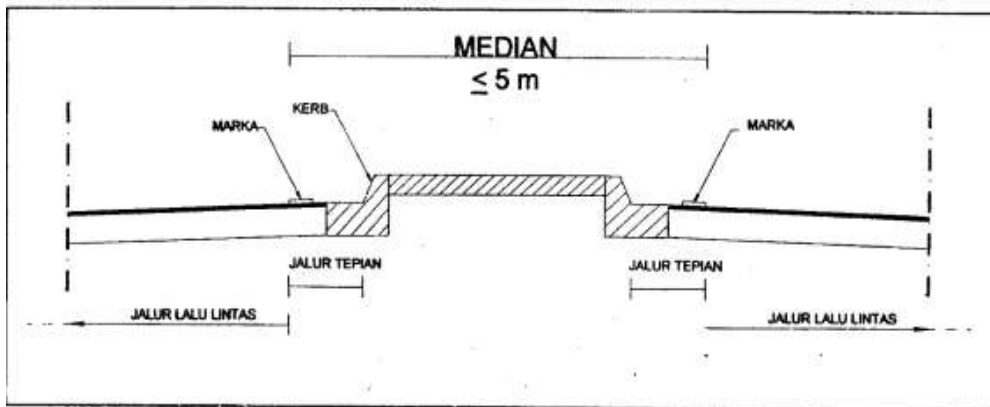


**Gambar 2.3** Median Datar (Sukirman, 1994)

b) Median yang ditinggikan

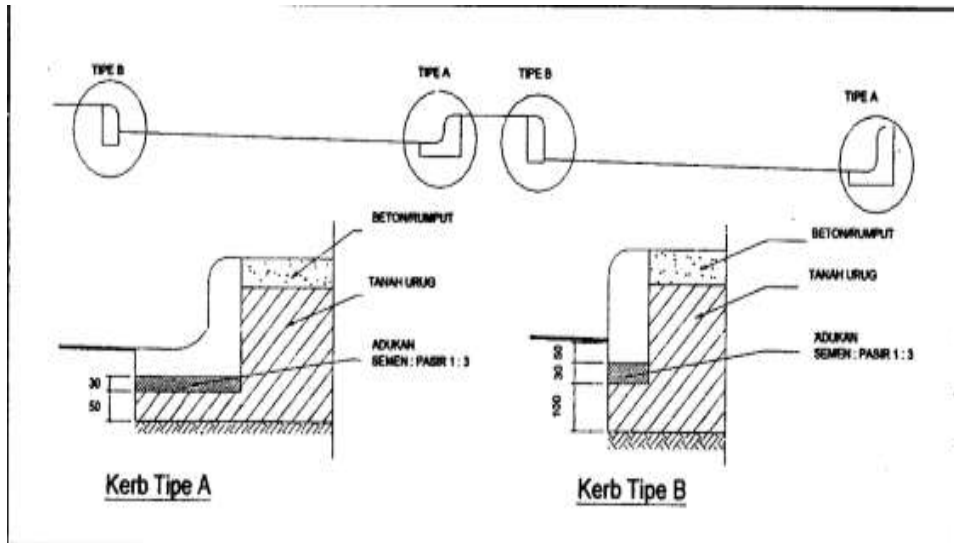
Median yang ditinggikan adalah median yang direncanakan untuk dibuat lebih tinggi dari permukaan jalan. Pada sisi luar median jalan harus dilengkapi dengan kerb. Median jalan yang ditinggikan harus mengikuti beberapa ketentuan :

- 1) Median yang ditinggikan dipasang apabila lebar lahan yang tersedia untuk penempatan median kurang dari 5,0 m
- 2) Tinggi median jalan dari permukaan jalan yaitu antara 18cm dan 25cm.

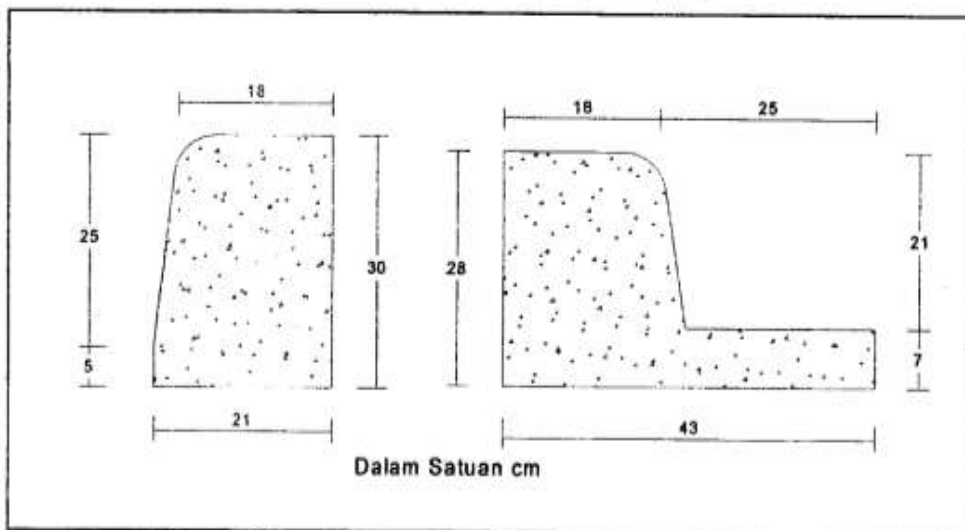


**Gambar 2.4** Median yang ditinggikan (Sukirman, 1994)

- 3) Spesifikasi kerb yang dipasang harus mengikuti SNI 03-2422-1991. Sudut bagian muka permukaan kerb tidak boleh tajam. Detail potongan dapat dilihat pada gambar dibawah :



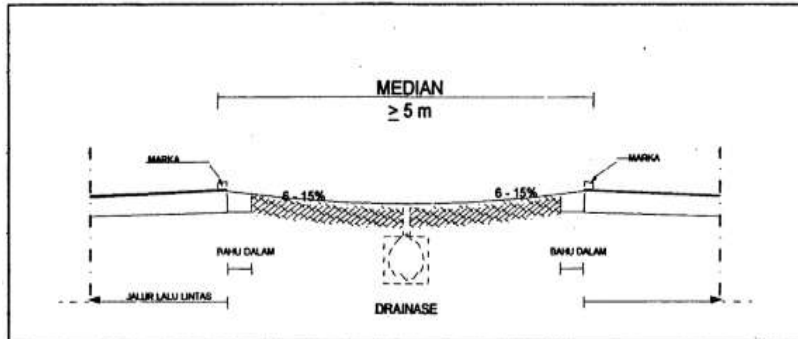
**Gambar 2.5** Sisi Luar Median yang Dilengkapi Kereb (Sukirman, 1994)



**Gambar 2.6** Penampang Melintang Kereb (Sukirman, 1994)

- c) Median yang diturunkan, adalah median yang dirancang lebih rendah dari permukaan jalur lalu lintas. Pada median jalan ini mengikuti ketentuan berikut :
- 1) Median yang diturunkan dipasang apabila lebar lahan yang disediakan untuk menentukan median jalan lebih atau mungkin sama dengan 5meter;
  - 2) Kemiringan permukaan median jalan antara 6-15%, dihitung dari sisi lar ke tengah median dan secara fisik berbentuk cekungan;

- 3) Permukaan median jalan tidak diperkeras dan dapat diberi material yang dapat meredam laju kecepatan kendaraan yang lepas kendali atau darurat.



**Gambar 2.7** Median yang diturunkan (Sukirman, 1994)

### 2.12. Pengertian Badan Jalan

Badan jalan adalah jalan yang meliputi seluruh jalur lalu lintas, median dan bahu jalan.

### 2.13. Lebar Badan Jalan

Secara geometris lebar badan jalan dan daerah jalan yang terdiri dari daerah milik jalan (Damija), daerah manfaat jalan (Damaja) dan daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) pada setiap fungsi jalan seperti telah diatur pada Undang-undang, yang terdapat pada tabel :

**Tabel 2.2** Standar Lebar Badan dan Daerah Jalan (Sukirman, 1994)

Fungsi Jalan	Damija (m)	Damaja (m)	Dawasja minimal (m)
Arteri Primer	8	14	20
Kolektor Primer	7	11	15
Local Primer	6	8	10
Arteri Sekunder	8	14	20
Kolektor Sekunder	7	7	7
Lokal Sekunder	5	5	5

## **2.14. Pengertian *Paving Block***

*Paving Block* adalah material bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *Paving Block* <sup>[1]</sup>. Sudah lebih dari dua dekade, *Paving Block* digunakan untuk material trotoar, tempat parkir, taman, pemberhentian bus, dsb. Selain itu juga digunakan sebagai dinding penahan tanah, perlindungan lereng dan pengendalian erosi. Selama itu telah dilakukan penelitian mendalam tentang karakteristik dan performa *Paving Block*. Walaupun trotoar yang terbuat dari *Paving Block* dilewati oleh Bus dan Truck kinerja *Paving Block* sangat memuaskan.

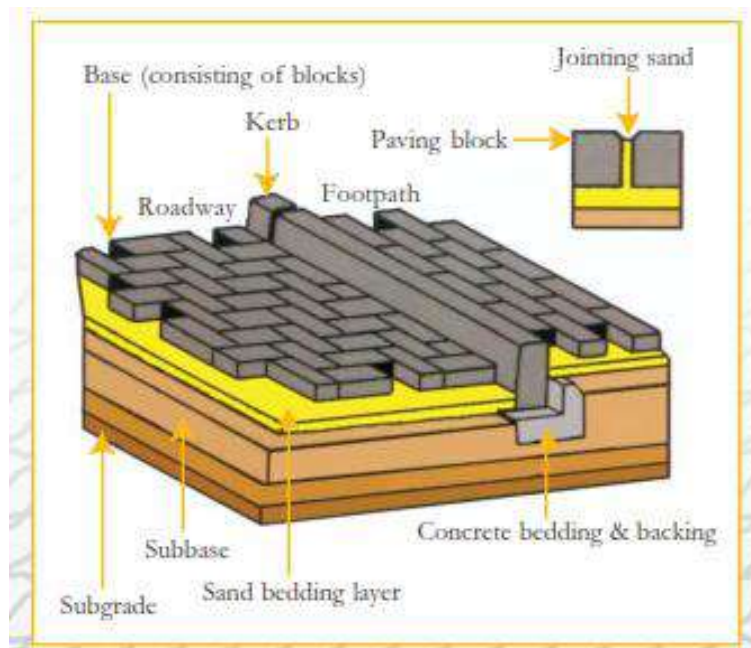
*Paving Block* pertama kali dibuat di Belanda tahun 1924. Pembuatan *Paving Block* diperkirakan dipicu oleh Perang Dunia ke-2. Area yang sangat luas di Belanda rusak akibat Perang Dunia ke-2 dan dikarenakan batu bata dalam jumlah sedikit maka *Paving Block* menjadi solusi saat itu <sup>[2]</sup>.

### **2.14.1. Penggunaan *Paving Block***

*Paver Paving Block* adalah bahan paling serbaguna karena banyak ketersediaannya dalam berbagai bentuk, tebal, warna dan memiliki desain yang menarik. Penggunaan *Paving Block* sendiri dibagi menjadi beberapa kelompok di antara lain :

a) Jalan :

Sebagai jalan utama, jalan perumahan, persimpangan, penyebrangan pejalan kaki, tempat parkir taksi, trotoar, dll.



**Gambar 2.8.** Lapisan Perkerasan Paving Block (Concrete Block Paving Book 2: Design Aspects, 2009)

- b) Tempat Umum :  
Taman dan pusat rekreasi, pusat perbelanjaan dan mall, lapangan golf, kebun binatang, dll.
- c) Area Industri :  
Pabrik, gudang depo kontainer, aplikasi militer, tambang pengurangan air limbah, bandara dan pelabuhan, dll.
- d) Paving Rumah Tangga :  
Jalan masuk rumah, Kolam, dll.

### 2.15. Lapisan Perkerasan *Paving Block*

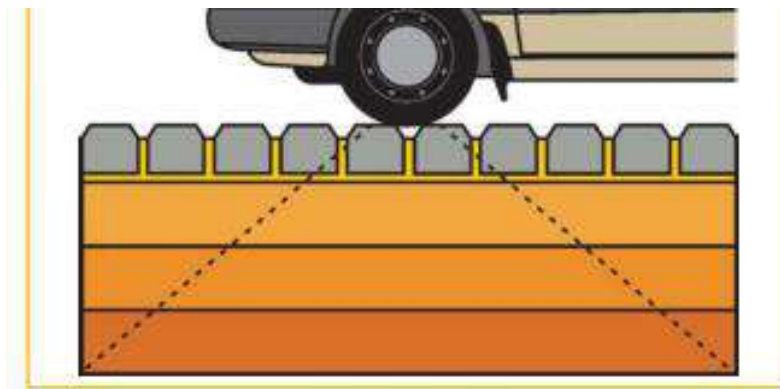
Lapisan perkerasan *Paving Block* terdiri atas 5 lapisan yaitu : *subgrade*, *subbase*, *course*, *basecourse*, *bedding sand* dan *concrete block*. Dimana *jointing sand* sebagai peyambung *paving block* satu sama lain. Prinsip kerja *Paving Block* adalah sama seperti perkerasan lentur yang bebannya di distribusikan ke lapisan lainnya

sehingga beban akan ditransfer secara tegak lurus dari *Paver* ke *Bedding Sand*, *Basecourse* dan *Subgrade*.

a) *Subgrade* :

*Subgrade* adalah lapisan tanah dasar dibawah lapisan subbase yang memiliki ketebalan 50-100 mm. *Subgrade* dapat berupa tanah asli yang dipadatkan atau tanah yang didatangkan dari tempat lain dan di padatkan dan di stabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya.

Semua struktur bangunan, jalan dan permukaan lainnya selalu di dukung oleh tanah dan batu. Hal tersebut *menjadi* tanggung jawab desainer untuk mengevaluasi perilaku dan persyaratan kinerja struktur untuk memastikan persyaratan kompatibel dengan tanah dengan ketentuan yang berlaku di lokasi. Persiapan subgrade harus meluas ke bagian belakang semua *edge restraint*.



**Gambar 2.9** Distribusi Beban (Sumber : Concrete Block Paving Book 2: Design Aspects, 2009)

b) *Subbase* :

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

c) *Bedding Sand*

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

d) *Paving Block*

*Paver* atau *Paving Block* adalah komponen teratas dalam *Concrete Block Pavement*. *Paver* terbuat dari campuran semen portland dan air serta agregat sebagai bahan pengisi [5]. Lapisan *Paving Block* diisi dengan pasir pengisi sambungan di celah antar paving. Selain itu dibagian ujung di letakkan *edge restraint* untuk menahan *paving block* agar tidak terlepas. Penggunaan pasir pengisi bertujuan untuk menghasilkan ikatan antara *Paving Block* dan menghalang resapan air ke lapisan bawah.

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


➤ Ketebalan Paving

Ketebalan *paving block* bervariasi antara 50-80 mm. Semakin tebal blok maka semakin baik perkerasan akan menahan deformasi vertikal dan horizontal. Namun harus di sesuaikan dengan biaya dan aplikasinya. Umumnya untuk keperluan rumah tangga 50-60 mm memadai. Sedangkan untuk keperluan industri disarankan menggunakan *Paver* 80 mm.

Sedangkan di Indonesia ketebalan *Paving Block* yang sering digunakan ada tiga klasifikasi yaitu 60 mm, 80 mm dan 100 mm. Dimana ketebalan 60 mm digunakan untuk jalan yang beban lalu lintasnya ringan dan frekuensinya terbatas. Untuk ketebalan 80 mm digunakan untuk jalan yang beban lalu lintasnya sedang dan frekuensinya terbatas seperti pada pick up, truck dan bus. Dan untuk ketebalan 100 mm digunakan bagi jalan dengan beban lalu lintas berat seperti crane, loader dan alat berat



lainnya, *Paving Block* ketebalan 100 mm ini sering digunakan di pelabuhan dan kawasan industri.

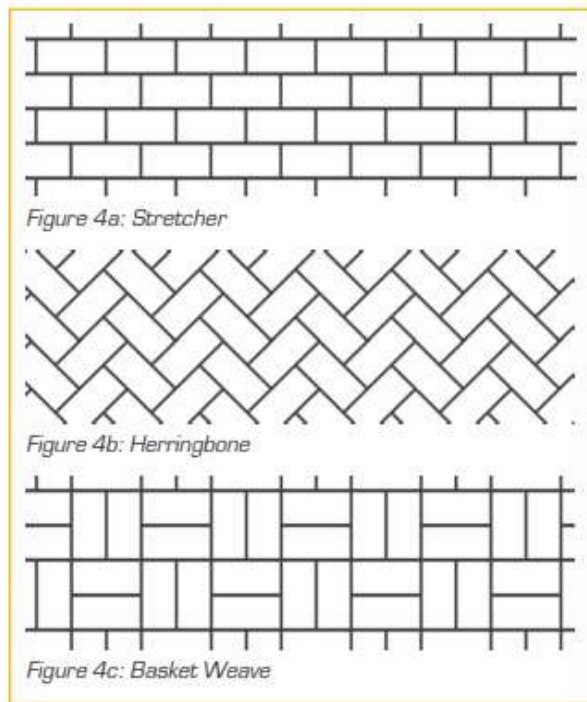


Produk	Dimensi	Tebal
Conbloc .6	20 x 10 cm	6 cm
Conbloc .8	20 x 10 cm	8 cm
Conbloc .10	20 x 10 cm	10 cm

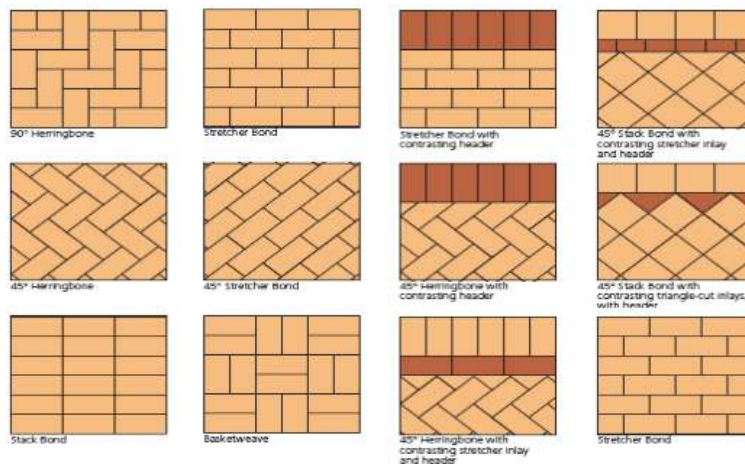
**Gambar 2.10.** Ketebalan *Paving Block* (Sumber : Helmi Wahyu dan Intan Nuril “Analisis Paving Block Hexagonal sebagai Bentuk Paving Optimum”)

➤ Pola Penyusunan

Pola penyusunan sebaiknya di sesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola penyusunan ditentukan oleh performa dan persyaratan estetika. Tiga pola yang ditunjukkan pada gambar 4a,4b dan 4c adalah pola dasar. Banyak pola penyusunan yang lain yang memungkinkan. Pola penyusunan herringbone adalah pola yang tahan terhadap deformasi horizontal dan vertikal dan umumnya di gunakan untuk trotoar industri. Untuk perkerasan jalan diutamakan pola herringbone karena mempunyai kuncian yang baik. Dalam proses pemasangan biasanya pada tepi susunan ditutup dengan pasak yang berbentuk topi uskup.



**Gambar 2.11** Pola Penyusunan *Paving Block* (Sumber : Concrete Block Paving Book 2: Design Aspects, 2009)



**Gambar 2.12.** Pola Penyusunan *Paving Block* (Sumber : Husna, Asmaul and Setyobudi, Nurul Ilmiyati “Analisis Efektivitas Penggunaan Lapisan Base Course pada Perkerasan Jalan Paving Block dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus Kawasan Kampus UNISSULA)”) )

➤ Bentuk *Paving Block*

Adapun bentuk *Paving Block* dibagi tiga klasifikasi yaitu :

- Kategori A (*Four Dented*)

Pada kategori ini semua bagian sisinya bergerigi. Pada keempat penjuru ikatannya saling mengunci. Contoh *Paving Block* kategori A adalah *Anchorlock*, *Unipave*, *Uniespave* dan *Grasspave*. *Paving Block* pada kategori ini biasanya digunakan untuk jalan. *Paving Block* ini memungkinkan adanya interlock geometris di antara sisi vertikal dan sisi-sisi block yang berdekatan.

- Kategori B (*Two Dented*)

Pada kategori ini hanya ada dua bagian yang berfungsi sebagai pengunci dengan susunan yang arahnya membujur. Kategori ini biasa digunakan untuk peralatan parkir.

- Kategori C (*No Dented*)

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

CATEGORY A						
CATEGORY B						
CATEGORY C						
NOTES	(1) Suitable for a variety of bonds including herringbone		(2) Suitable only for stretcher bond		Blocks known to have had load-distribution studies or traffic tests	

Gambar 2.13 Bentuk *Paving Block* (Sumber : SNI 03-0691-1996)



**Gambar 2.14** Bentuk *Paving Block* (Sumber : Putra, Rian Permana and Rizalni, Robi “Analisis Perbandingan Kuat Tekan *Paving Block* Berbahan Normal dengan *Paving Block* Berbahan Tambahan” 2017)

- **Jarak Sambungan (*Jointing Width*)**  
 Jarak sambungan memiliki peran yang sangat penting pada performa perkerasan jalan *Paving Block*. *Jointing Width* adalah celah di antara block satu dengan block lainnya dimana diisi dengan pasir. Kekosongan atau celah tersebut perlu di isi dengan pasir dengan cara mengisinya dari permukaan. Hal tersebut dilakukan agar jarak antara block saling mengunci sehingga tidak terjadi pergeseran. *Jointing Width* yang optimum yaitu antara 3-5 mm. Apabila jarak berlebih maka akan mengurangi kekuatan struktur dan block mudah bergeser. Dan apabila terlalu kecil maka air dapat mengalir melalui celah sambungan.
- **Kekuatan *Paving Block***  
 Kekuatan dibagi menjadi empat klasifikasi sesuai dengan tempat aplikasi. Diantara lainnya terdapat di tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 2.3** Kekuatan *Paving Block*

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

Sumber: SNI 02-0691-1996

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

### 2.16. Program Plaxis

Program PLAXIS adalah program yang dikembangkan untuk menganalisa stabilitas geoteknik dan deformasi dengan cara menginput data tanah yang sederhana yang menghasilkan model elemen kompleks dan menghasilkan output perhitungan secara detail. Aplikasi geoteknik memerlukan model konstruksi tingkat lanjut untuk simulasi perilaku tanah yang tidak linear dan perilaku yang bergantung pada waktu. Disamping itu, material tanah adalah material yang multiphase. Untuk analisa yang melibatkan keberadaan air tanah perlu diperhitungkan tekanan hidrostatik dalam tanah.

Selain itu Plaxis menyediakan berbagai analisa tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan dan lain-lain. Untuk melakukan analisis struktur tubuh embung dan spillway pada perencanaan Embung Sungai Kreo, digunakan metode elemen hingga dengan kondisi plane strain (regangan

bidang). Model plane strain digunakan dengan asumsi bahwa sepanjang sumbu potongan melintang penampang dipandang relatif sama dan peralihan dalam arah tegak lurus potongan tersebut dianggap tidak terjadi.

**Tabel 2.4** Peneliti Terdahulu (Interpretasi Peneliti)

No	Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil	Jenis Penelitian
1.	<i>Mohamed M.Mekkawy, Ph.D.1; David J. White, Ph.D.2; Charles T. Jahren, Ph.D.3; and Muhannad T. Suleiman, Ph.D.4 (2010).</i>	<i>Performance Problems and Stabilization Techniques for Granular Shoulders</i>	Makalah ini membahas masalah kinerja bahu granular, perbaikan dan pemantauan enam bagian uji yang distabilkan, dan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja jangka panjang bahu granular.	Berdasarkan temuan-temuan studi lapangan, enam bagian bahu distabilkan dengan menggunakan bahan-bahan penstabil kimia dan mekanik terpilih. Lapisan granular dari tiga bagian distabilkan menggunakan emulsi polimer, FA, dan minyak kedelai. Lapisan tanah dasar lunak dua bagian distabilkan menggunakan fly ash Kelas C dan geogrid.	Lapangan
2.	<i>1, 2 Dept of Roads, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania E-mails: 1 viktoras.vorobjovas@ap.vgtu.lt, 2 daizil@ap.vgtu.lt (2008).</i>	<i>Evaluation Of Shoulder Functions On Lithuanian Regional Roads</i>	Sangat penting bagi bahu jalan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas, untuk mencegah degradasi tepi jalan, untuk melayani parkir darurat dan untuk pemasangan	Investigasi jaringan jalan kerikil Lithuania menunjukkan bahwa jalan dengan volume rendah dengan permukaan kerikil tidak sesuai dengan standar saat ini dan perubahan dalam kinerjanya karena kondisi iklim, volume	Lapangan

No	Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil	Jenis Penelitian
			pagar pembatas, peringatan dan rambu informasi. Karena itu, pemeliharaan bahu jalan yang konstan diperlukan.	lalu lintas dan bahan yang digunakan untuk struktur memiliki pengaruh besar tidak hanya pada lalu lintas keamanan tetapi juga pada kondisi lalu lintas.	
3.	<i>Satish Chandra<sup>1</sup>; H. C. Mehndiratta<sup>2</sup>; and Uday Kiran Chennapragada<sup>3</sup></i>	<i>Structural Adequacy of Flexible Pavements with Types and Widths of Shoulders</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis dan lebar bahu terhadap kapasitas struktural perkerasan lentur.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya dukung beban perkerasan meningkat dengan kualitas material yang digunakan dalam konstruksi bahu. Itu meningkat dengan lebar bahu juga. Ditemukan bahwa daya dukung beban trotoar dengan bahu batu kerikil adalah 33% lebih dibandingkan dengan trotoar dengan bahu tanah. Hasil juga menunjukkan bahwa kurungan lateral yang disediakan oleh bahu kerikil lebih tinggi. Distribusi tekanan di trotoar dan di bahu meningkat dengan kualitas bahu yang lebih	Tes Pengujian

No	Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil	Jenis Penelitian
				baik dan 31% lebih di trotoar dengan bahu kerikil dibandingkan dengan di trotoar dengan bahu tanah.	
4.	<i>Napat Intharasombat, Ph.D.<sup>1</sup>; Anand J. Puppala, Ph.D., P.E.<sup>2</sup>; and Richard Williammee, P.E.<sup>3</sup></i>	<i>Compost Amended Soil Treatment for Mitigating Highway Shoulder Desiccation Cracks</i>	Aplikasi ini akan meningkatkan upaya daur ulang dengan mengubah limbah menjadi kompos yang dapat digunakan, mengurangi retak perkerasan di masa depan, dan mengurangi biaya perawatan dini.	Data dari sensor, studi permukaan retak berdasarkan gambar digital, pengamatan visual dari retak bahu, dan survei erosi permukaan dari semua bagian uji dikumpulkan dan dianalisis secara statistik dan hasil ini menunjukkan bahwa amandemen BSC memberikan peningkatan lapisan tanah terbaik dengan mengendalikan fluktuasi kelembaban dan suhu dari lingkungan bersuhu tinggi, sehingga mengurangi retakan susut pada lapisan tanah dan di bahu jalan aspal yang berdekatan.	Eksperimen



No	Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil	Jenis Penelitian
5.	<i>Mohamed M. Mekkawy, Ph.D.<sup>1</sup>; David J. White, Ph.D.<sup>2</sup>; Charles T. Jahren, Ph.D.<sup>3</sup>; and Muhannad T. Suleiman, Ph.D.<sup>4</sup></i>	<i>Performance Problems and Stabilization Techniques for Granular Shoulders</i>	Makalah ini membahas masalah kinerja bahu granular, perbaikan dan pemantauan enam bagian uji yang distabilkan, dan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja jangka panjang bahu granular.	Berdasarkan temuan ini, enam bagian uji distabilkan dan dipantau. Lapisan granular dari empat bagian distabilkan menggunakan emulsi polimer, aspal berbusa, semen Portland, dan minyak kedelai. Lapisan tanah dasar lunak dari dua bagian distabilkan menggunakan abu terbang Kelas C dan geogrid biaksial.	Lapangan

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian analisis ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengetahui desain Bahu Jalan berbahan *Paving Block*.
- 2) Mengetahui *Paving Block* yang paling optimal untuk digunakan sebagai material Bahu Jalan.
- 3) Mengetahui momen, deformasi dan penurunan tanah pada Bahu Jalan berbahan *Paving Block*.

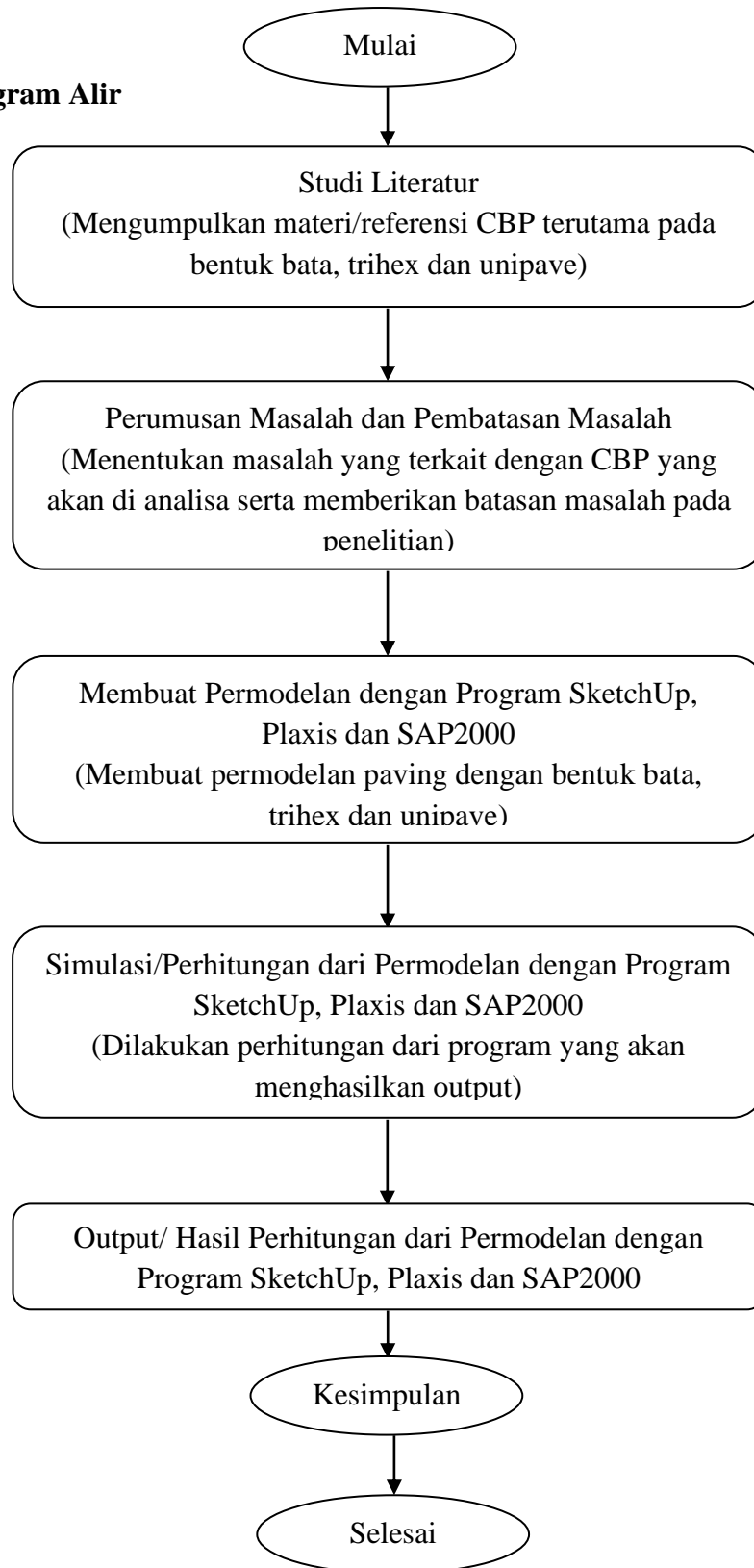
#### **3.2. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian analisis ini bagi masyarakat, industri dan pengembangan ilmu adalah sebagai berikut :

- 1) Memberikan wawasan kepada masyarakat bahwa *Paving Block* bisa menjadi material Bahu Jalan yang optimal
- 2) Memberikan pengetahuan bagaimana momen, deformasi dan penurunan tanah pada Bahu Jalan berbahan *Paving Block*

**BAB IV**  
**METODE PENELITIAN**

**4.1. Diagram Alir**



## **4.2. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian *paving block* ini yaitu menentukan bentuk paling optimum diantara bentuk *paving block* bata, trihex dan unipave dengan ketebalan 6,8, dan 10 cm. Adapun cara menentukannya yaitu dengan membuat simulasi permodelan *paving block* dengan program *SketchUp*, *Plaxis* dan *SAP2000*. Dari perhitungan program tersebut outputnya adalah aspek interlocking, aspek penurunan tanah dan aspek deformasi.

## **4.3. Studi Literatur**

Studi Literatur yaitu tahap mengumpulkan materi/ referensi yang berada di bab tinjauan pustaka yang kami dapatkan dari berbagai jurnal dan referensi TA. Adapun studi literatur akan dicantumkan pada Daftar Pustaka setelah bab V.

## **4.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah penelitian ini adalah menentukan aspek interlocking, pola pemasangan, penurunan tanah dan deformasi dari 3 macam bentuk *paving block* (bata, trihex dan unipave).

## **4.5. Metode Pengumpulan Data**

Tahap pengumpulan data merupakan hal pokok untuk menyelesaikan suatu masalah secara ilmiah. Data-data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Dalam pelaksanaan dilapangan hal-hal yang perlu dilakukan adalah : Pengambilan data dari jurnal yang sesuai dan tabel pembebanan paving.

### **4.5.1. Data Primer**

Pengumpulan data dilaksanakan dengan mengumpulkan informasi yang berasal dari survey di lapangan dan jurnal maupun refrensi. Pengumpulan ini bertujuan untuk mendapatkan data tentang kelebihan dan kekurangan dari proses pemasangan dan *interlocking*.

### **4.5.2. Data Sekunder**

Pengumpulan data-data yang di dapat dari instansi terkait, dan data-data yang berpengaruh pada perencanaan. Data tersebut sangat dibutuhkan untuk mengetahui analisis perencanaan jalan *paving block* pada tanah timbunan, sehingga harus mendapatkan data yang lengkap. Data sekunder yang perlukan yaitu:

- a) Data distribusi pembebanan masing-masing kendaraan

**Tabel 4.1** Distribusi Pembebanan masing-masing kendaraan (Data Mutu Paving Manual Perkerasan Jalan dengan Alat Berkelman Beam No. 01/MN/BM/83)

KONFIGURASI SUMBU & TIPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAJ KOSONG	UE 18 KSAJ MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0004	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,183	

**Tabel 4.2** Mutu *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

Jenis	Kuat Tekan ( mPa <sup>+</sup> )		Ketahanan Aus		Penyerapan Air
	Rata-rata	Minimum	Rata-rata	Minimum	(Rata-rata Max.)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

**Tabel 4.3** Ukuran *paving block* (ukuran paving yang beredar dipasaran)

Bentuk	Ukuran
	Bata (21x21) t : 6,8,10cm

b) Data parameter tanah timbunan

**Tabel 4.4** Data Parameter Tanah (ukuran paving yang beredar dipasaran)

		Material properties KM 16 KM 27			
		Sempu ang - Purwodadi			
	name	<i>Sub base</i>	<i>Bedding sand</i>	<i>Paver</i>	Unit
	Tebal	20	10	20	cm
Material model	Model	MC	MC	MC	-
Jenis perlakuan	Type	Drained	Drained	Undrained	-
Berat tanah kering	$\gamma_{unsat}$	15	22	22	kN/m <sup>3</sup>
Berat tanah basah	$\gamma_{sat}$	18	23	22	kN/m <sup>3</sup>
Permeabilitas Horizontal	$k_x$	0,8	1	1	m/day
Permeabilitas Vertikal	$k_z$	0,8	1	1	m/day
Modulus Young	$E_{ref}$	18.000	29.000	307.322	Psi
Poisson's ratio	$\nu$	0,35	0,35	0,35	-
Konksi	$c_{ref}(m)$	3,05	1,87	1	kN/m <sup>2</sup>
Sudut friksi	$\Phi$	29	29	30	0
Sudut dilatasi	$\Psi$	0	0	0	0

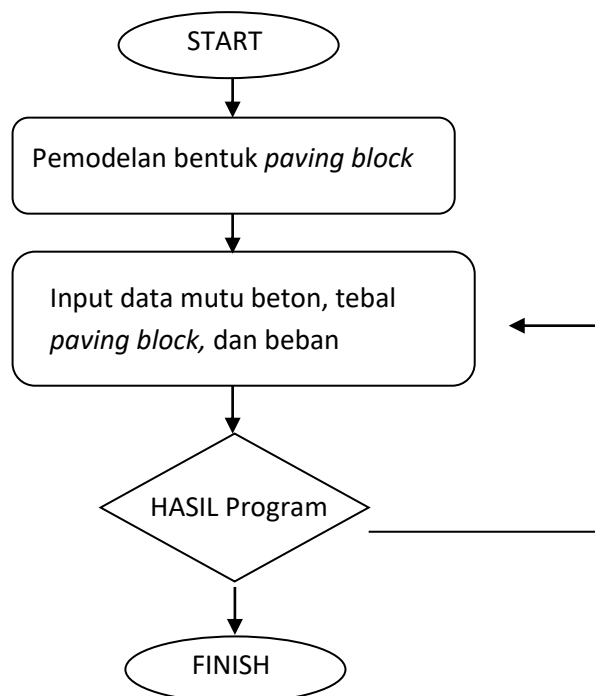
c) Data Parameter Asli

**Tabel 4.5** Data Parameter Asli (ukuran paving yang beredar dipasaran)

PARAMETER TANAH DESAIN												
Lokasi	Jenis Tanah	Tebal (m)	Modc Material	Tipe Material	$\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$k_x$ (m/bars)	$k_z$ (m/bars)	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	$c$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (derg)
Km SMG 27+950	Pasir Kelempungan	1	Mehr Coulomb	Drained	14,9	19,2	0,1	0,1	5600	0,33	1	25
	Lempung Lunak	10	Mehr Coulomb	Undrained	12,4	16,5	0,001	0,001	2000	0,35	14	14
	Lempung Medium	4	Mehr Coulomb	Undrained	14	17	0,0005	0,0005	4500	0,35	10	17
Km SMG 38+050	Pasir Kelempungan	1,5	Mehr Coulomb	Drained	15	18	0,01	0,01	16000	0,3	1	25
	Lempung Medium	13,3	Mehr Coulomb	Undrained	14	17,5	0,001	0,001	5000	0,35	16	12
Km SMG 48+350	Material Timbunan	0,4	Mehr Coulomb	Drained	17	18	1	1	50000	0,3	1	25
	Pasir Kelempungan	1	Mehr Coulomb	Drained	13	17	0,1	0,1	15000	0,33	16	16
	Lempung Lunak	3	Mehr Coulomb	Undrained	11,8	17,2	0,001	0,001	1900	0,35	11	14
	Lempung Medium	13,1	Mehr Coulomb	Undrained	12	17	0,001	0,001	4300	0,3	25	10
Km SMG 69+000	Material Timbunan		Mehr Coulomb	Drained	17	18	1	1	50000	0,3	1	25
	Lempung Lunak	5	Mehr Coulomb	Undrained	11,7	16,9	0,005	0,005	1500	0,35	19	12
	Lempung Medium	2	Mehr Coulomb	Undrained	11,6	16,8	0,001	0,001	3500	0,35	10	17
	Lempung Kaku	10,5	Mehr Coulomb	Undrained	11,7	16,5	0,0001	0,0001	8500	0,35	25	17
Km SMG 78+150	Material Timbunan		Mehr Coulomb	Drained	17	18	1	1	50000	0,3	1	25
	Pasir Kelempungan	0,8	Mehr Coulomb	Drained	15	19	0,1	0,1	15000	0,3	1	30
	Lempung Medium	4,2	Mehr Coulomb	Undrained	13,6	17,5	0,001	0,001	4000	0,35	12	6
	Lempung Kaku	10,3	Mehr Coulomb	Undrained	15	19	0,0001	0,0001	10000	0,35	10	30

#### 4.6. Metode Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini di dukung program SketchUp, PLAXIS dan SAP2000. Program ini dapat membantu penelitian dalam hal menemukan momen dan deformasi yang terjadi pada *paving block* yang dimodelkan serta lendutan tanah yang terjadi akibat beban deformasi dengan berbagai bentuk (bata, trihex, dan unipave). Pada program SAP2000 melalui beberapa tahapan untuk menampilkan hasil yang diinginkan, tahapan tersebut dapat digambarkan melalui bagan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Langkah – langkah Program SAP2000

Program SAP2000 memerlukan beberapa parameter yang harus dimasukkan agar dapat menjalankan kalkulasi. Parameter ini antara lain adalah *weight per unit volume*, modulus elastisitas (E), *specified concrete compressive strength* ( $f'_c$ ), thickness, joint restraint, joint loads dan area loads. Sesudah menginput data maka akan menghasilkan besarnya momen dan deformasi yang terjadi pada model perkerasan *paving block*. Setelah mendapatkan hasil deformasi berbagai bentuk paving hasil tersebut sebagai perbandingan pembebanan program plaxis dan sketchup. Pada analisa program Plaxis perlu untuk menginput data-data yang perlu digunakan yaitu berat tanah kering  $\gamma_{(unsat)}$ , berat tanah basah  $\gamma_{(sat)}$ , permeabilitas horizontal ( $k_x$ ), permeabilitas vertical ( $k_v$ ), *modulus young*, *passion's ratio* (V), kohesi ( $c_{ref}((cu))$ ), sudut friksi, dan sudut dilatasi.

#### **4.7. Hasil Perhitungan**

Hasil perhitungan adalah output setelah kami menginput data-data material *paving block* dan tanah ke dalam program SketchUp, Plaxis dan SAP2000. Dimana outputnya adalah aspek interlocking, pola pemasangan, penurunan tanah dan deformasi dari 3 macam bentuk *paving block* (bata, trihex dan unipave).



## BAB V

### HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

#### 5.1. Studi Pendahuluan

Pada analisa penelitian ini kami menggunakan program Sketchup, Plaxis dan SAP2000. Untuk program Sketchup digunakan sebagai analisis efek pola penataan dan juga bentuk *paving block*. Pada program Plaxis digunakan sebagai analisis penurunan tanah sedangkan SAP2000 digunakan untuk analisis momen.

Setiap hasil dari program akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis pola penataan menggunakan dua pola yaitu *stretcher* dan *basketweave*. Bentuk *paving block* yang digunakan antara lain : persegi panjang, dengan ketebalan paving 6 dan 8 cm.

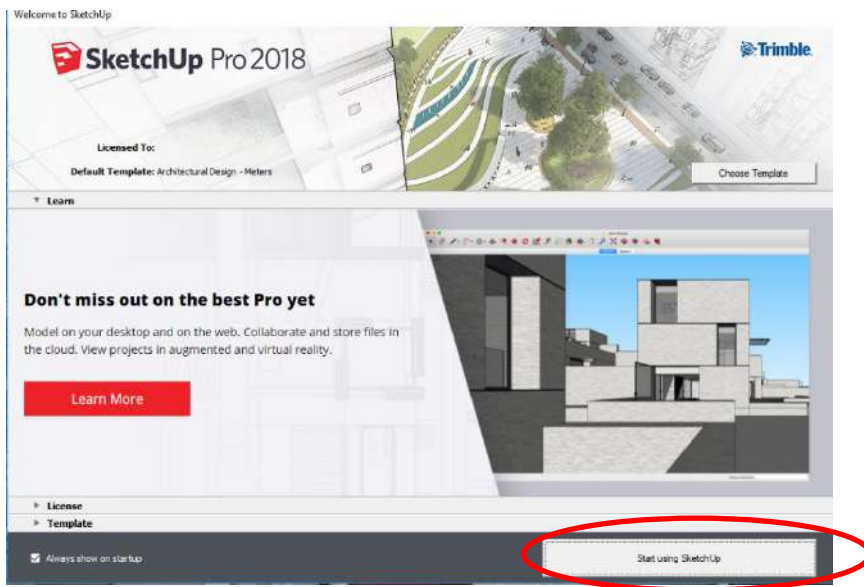
#### 5.2. Analisa Interlocking dan Pola Penataan SketchUp

Pada analisa aspek interlocking dan pola pemasangan paving block sebagai material bahu jalan maka diperlukan program untuk mendesign permodelan paving block.

Adapun program yang kami gunakan untuk paper ini adalah Program software SketchUp . Pada permodelan ini kami membuat design sesuai dengan ukuran yang dibuat di lapangan.

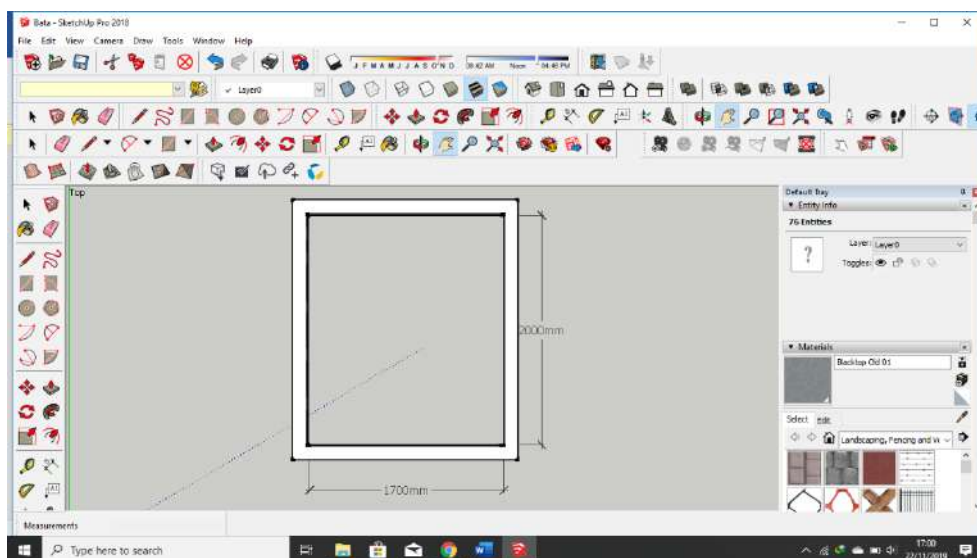
Paving Block yang kami gunakan adalah bentuk paving bata/holland dengan 4 pola pemasangan. Paving berbentuk holland/ bata dengan ukuran 21x10,5x6 dan 21x10,5x8 dengan pola penataan stretcher, basketweave, herring bone 45 dan herring bone 90. Adapun langkah-langkah pada pembuatan model di SketchUp adalah sebagai berikut :

- 1) Buka software Sketch Up, klik Start Using Sketch Up



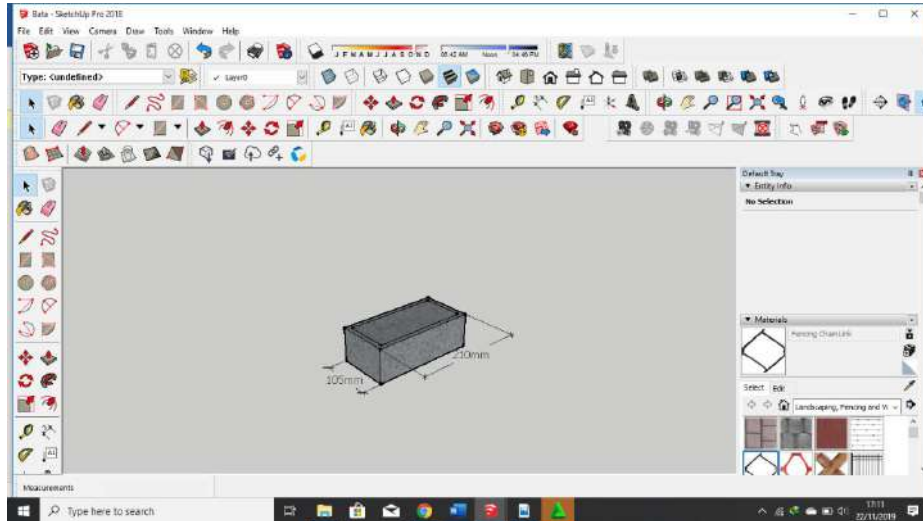
**Gambar 5.1** Start Using Sketch Up (Sumber : [Program Sketch Up](#))

- 2) Buat area pemasangan *paving block* dengan ukuran 2 m x 1,7 m  
Pada pembuatan bentuk *paving block* dengan aplikasi Sketch Up menggunakan perintah *rectangle* yang kemudian di sesuaikan dengan ukuran yang 2m x 1,7m dan setelah itu di *offset* sesuai jarak yang 3mm



**Gambar 5.2** Area Pemasangan Paving Block (Sumber : [Program Sketch Up](#))

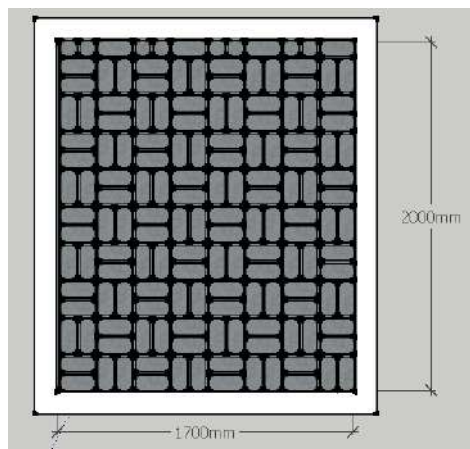
- 3) Buat paving dengan cara membuat persegi panjang dengan ukuran 21 x 10,5 x 6 dan 21 x 10,5 x 8 kemudian klik *push/pull*



**Gambar 5.3** Paving Holland/ Bata (Sumber : [Program Sketch Up](#))

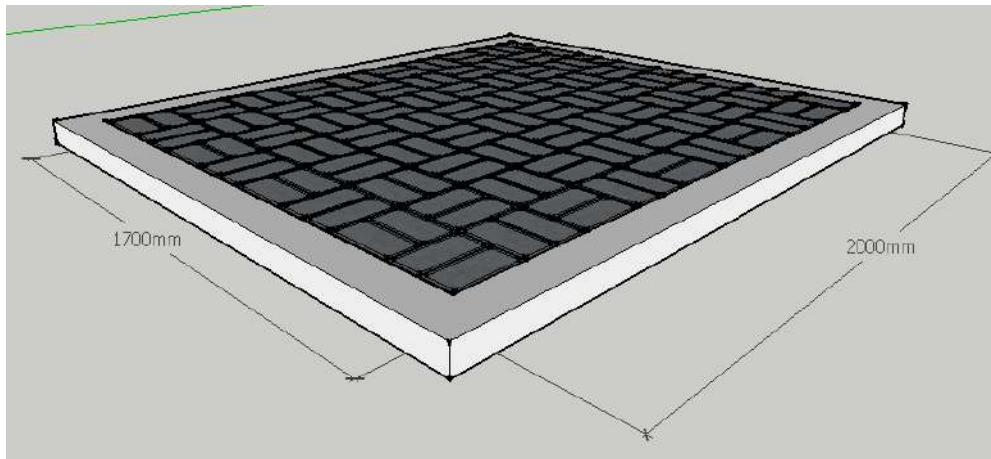
- 4) Untuk memberi bevel pada paving turunkan paving 10 mm dan *offset* ke dalam 10 mm, *double* klik dan tarik ke atas dengan ukuran 10 mm.
- 5) Tata paving sesuai dengan pola penataan diantara lainnya pola *basketweave*, *strecther*.

Berikut output interlocking SketchUp pada pola pemasangan dari segi bentuk sebagai material bahu jalan :



**Gambar 5.4** Tampak Atas Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Basketweave

(Sumber : [Program Sketch Up](#))

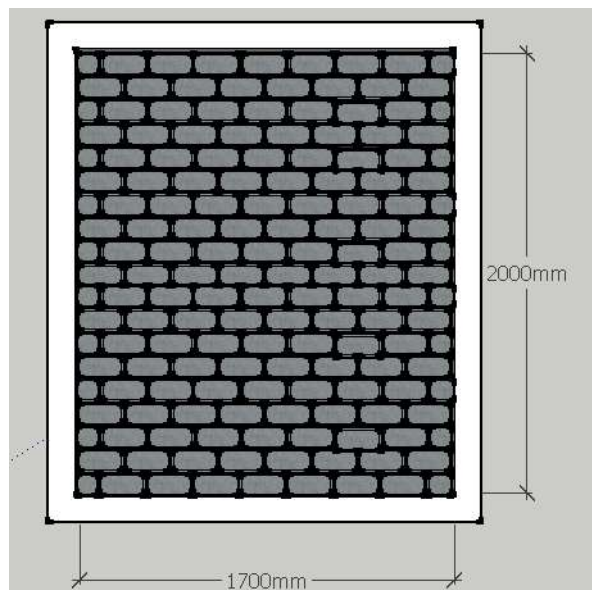


**Gambar**

**5.5** Tampak Isometris Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Basketweave (Sumber

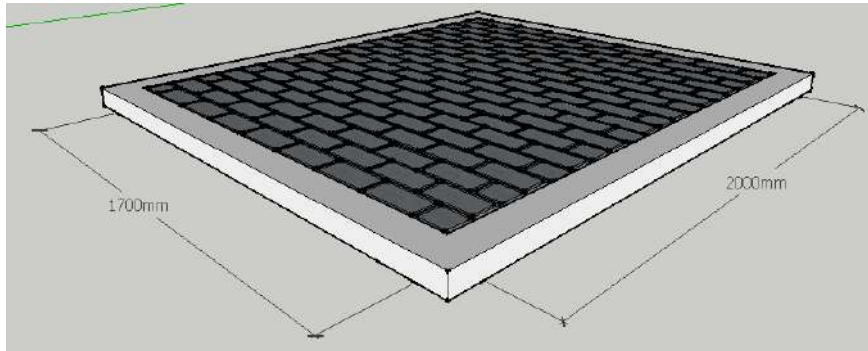
: [Program Sketch Up](#))

Pada paving block berbentuk bata dengan pola penataan basketweave dengan ukuran paving 21 x 10,5 x 8 cm dan area 2 x 1,7 m di dapat data jumlah paving sebanyak 152 paving block.

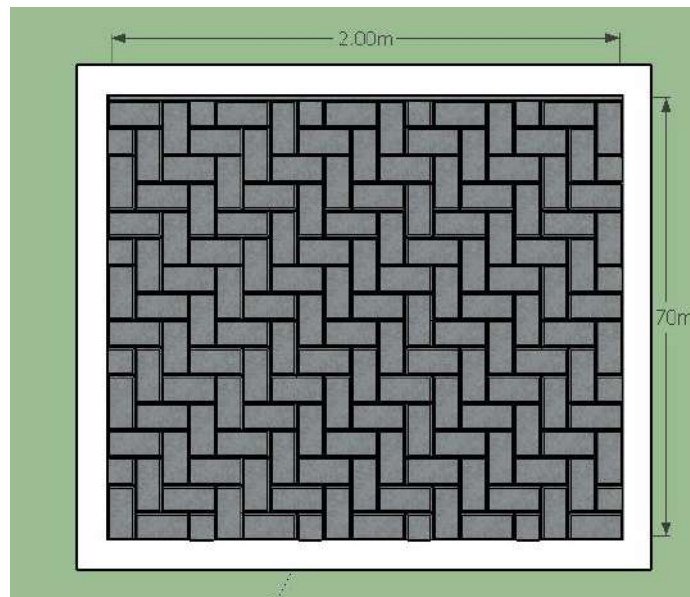


**Gambar 5.6** Tampak Atas Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Stretcher  
(Sumber : [Program Sketch Up](#))

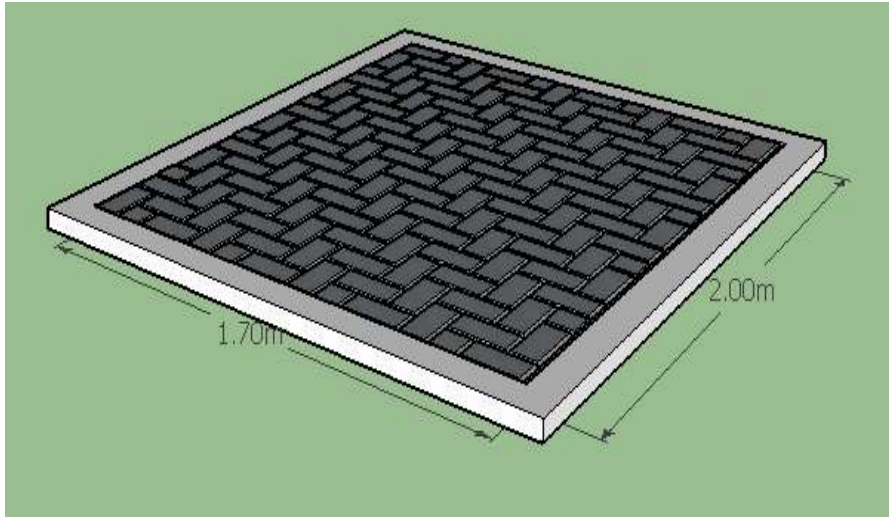
Pada paving block berbentuk bata dengan pola penataan stretcher dengan ukuran paving 21 x 10,5 x 8 cm dan area 2 x 1,7 m di dapat data jumlah paving sebanyak 152 paving block.



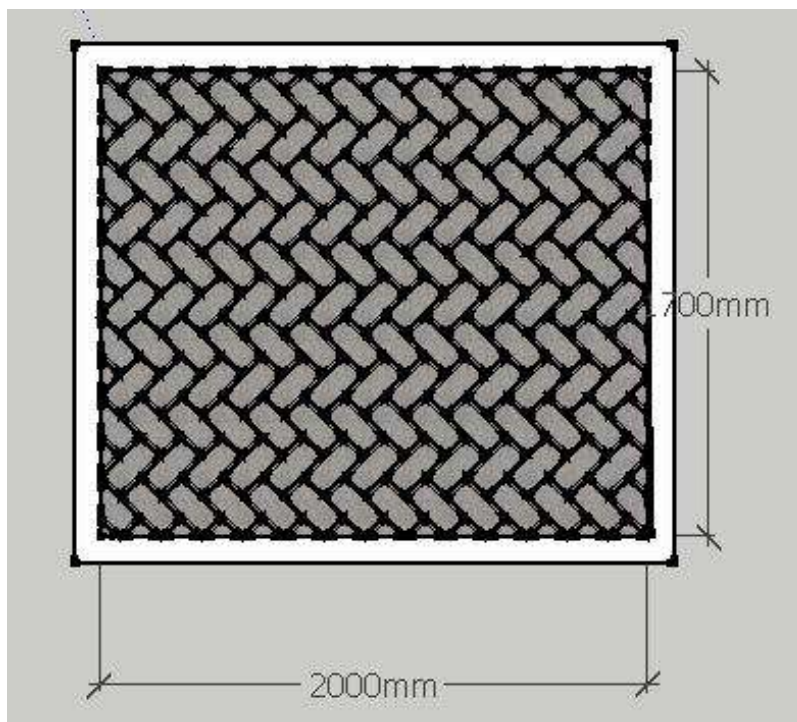
**Gambar 5.7** Tampak Isometris Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Basketweave (Sumber : [Program Sketch Up](#))



**Gambar 5.8** Tampak Atas Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Herringbone 90  
(Sumber : [Program Sketch Up](#))

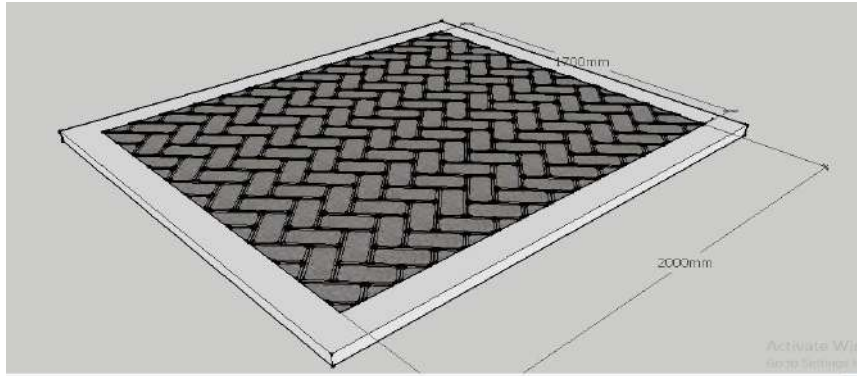


**Gambar 5.9** Tampak Isometris Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Herringbone 90 (Sumber : [Program Sketch Up](#))



**Gambar 5.10** Tampak Isometris Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Herringbone 45 (Sumber : [Program Sketch Up](#))



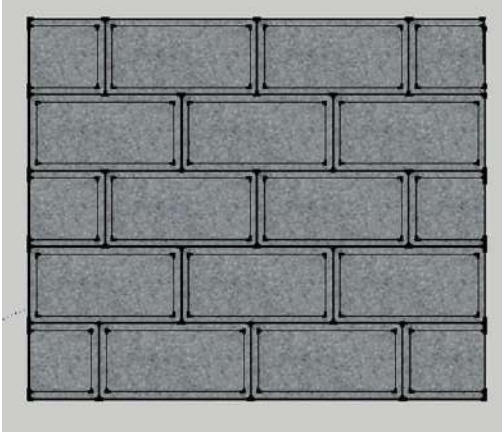
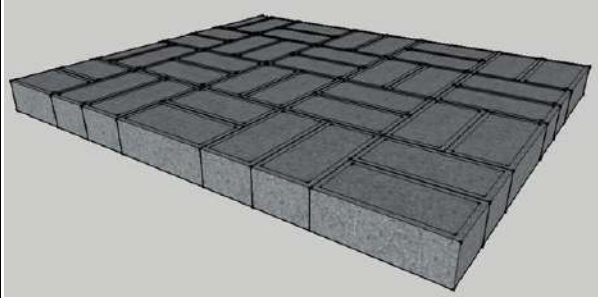


**Gambar 5.11** Tampak Isometris Paving Block Bata/ Holland Pola Penataan Herringbone 45 (Sumber : [Program Sketch Up](#))

### **5.3. Hasil Desain Bahu Jalan dengan Paving Block**

Dari percobaan Program SketchUp berupa aspek *Interlocking* didapatkan hasil urutan pola penataan dari paling efektif yaitu pola penataan *Basketweave*, *Stretcher* kemudian *Herringbone*

**Tabel 5.1** Hasil desain Bahu Jalan dengan Paving Block

<p>1.</p>	<p>Paving Holland/ Bata (Pola Stretcher)</p> 	<p>Pola Stretcher</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paving block bata/holland berukuran 21x10,5x6 dan 21x10,5x8</li> <li>• Dalam 1 m<sup>2</sup> menampung 18 pcs</li> </ul> <p>Pola Basketweave</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paving block bata/holland berukuran 21x10,5x6 dan 21x10,5x8</li> <li>• Dalam 1 m<sup>2</sup> menampung 32 pcs</li> </ul>
<p>2.</p>	<p>Paving Holland/ Bata (Pola Basketweave)</p> 	<p>Kelebihan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk paving holland/ bata memiliki banyak variasi pola pemasangan</li> <li>• Untuk aspek estetika pola pemasangan lebih indah dan rapi</li> </ul> <p>Kekurangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada pola pemasangan basketweave antar paving block kurang mengunci sehingga mudah bergeser</li> </ul>



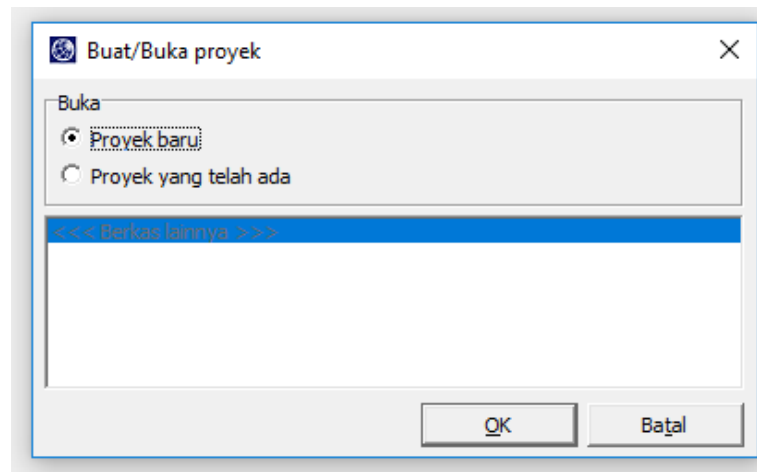
#### 5.4. Analisa Program PLAXIS

Pada analisa aspek deformasi atau penurunan tanah bahu jalan menggunakan material paving maka diperlukan program untuk mendesign permodelan paving block ini.

Adapun program yang kami gunakan untuk menghitung deformasi atau penurunan tanah paper ini adalah Program software Plaxis. Pada permodelan ini kami membuat design sesuai dengan ukuran yang dibuat di lapangan dengan potongan melintang.

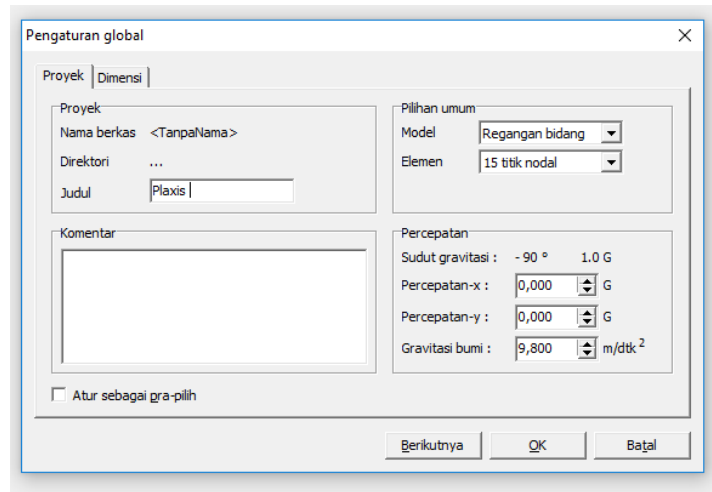
Adapun langkah-langkah pada pembuatan model di SketchUp adalah sebagai berikut :

1. Buka Program Plaxis Input
2. Klik Proyek Baru



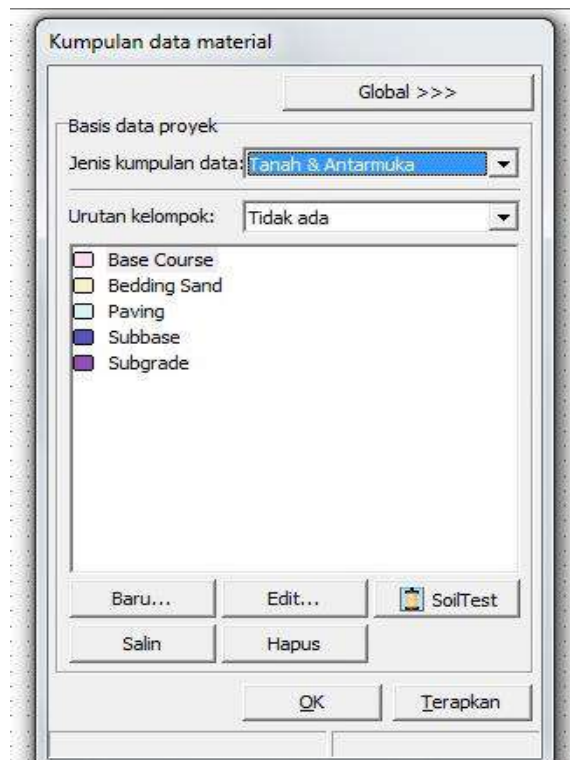
**Gambar 5.12** Buat Proyek Baru (Sumber : [Program PLAXIS](#))

3. Berilah judul dan pilihlah model regangan bidang



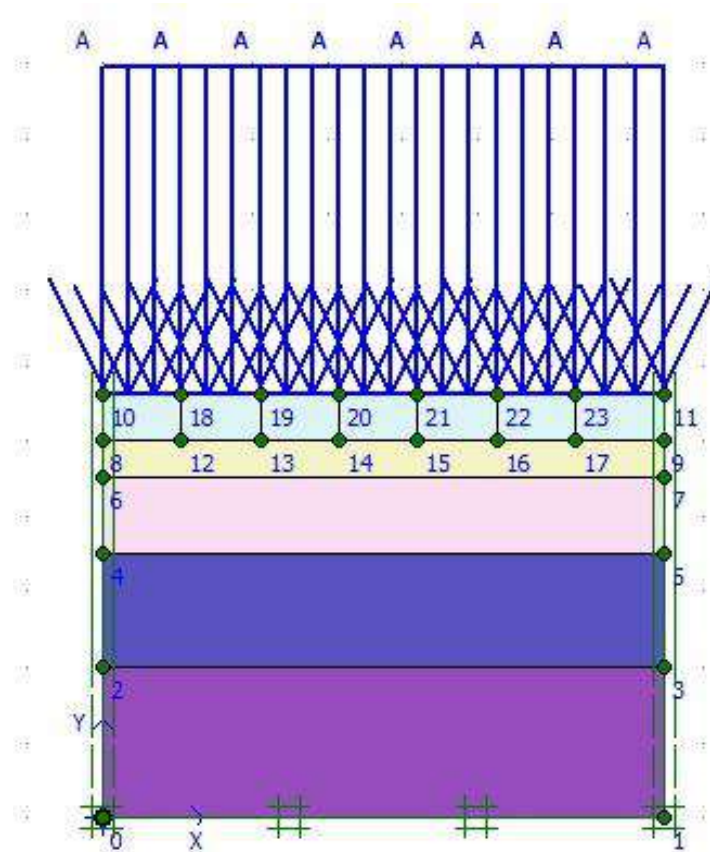
**Gambar 5.13** Pengaturan Global (Sumber : [Program PLAXIS](#))

4. Beri ukuran untuk area permodelan sesuai dengan ukuran
5. Input data material seperti pada gambar 4.14



**Gambar 5.14** Input Material PLAXIS (Sumber : [Program PLAXIS](#))

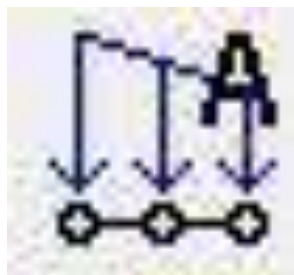
6. Buatlah model design potongan melintang seperti pada gambar. Dengan ukuran subgrade = 20 cm, subbase = 15 cm, base course = 10 cm, bedding sand = 5 cm dan paving = 6 atau 8 cm.



**Gambar 5.15** Permodelan Bahu Jalan dengan Paving Block Software PLAXIS

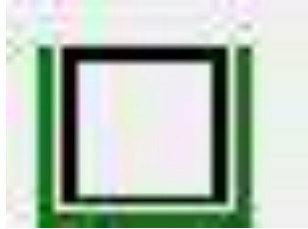
(Sumber : [Program PLAXIS](#))

7. Tambahkan beban merata/ *distributed load* dengan cara klik ikon



**Gambar 5.16** ikon beban merata (Sumber : [Program PLAXIS](#))

8. Isi beban sebanyak 1,6 ton =  $1,6 \times 9,8 = 15,68$  kN. Dengan arah Y beban diatas paving, dituliskan dengan -15,68 karena mengarah kebawah.
9. Beri tegangan jepit dengan cara klik ikon



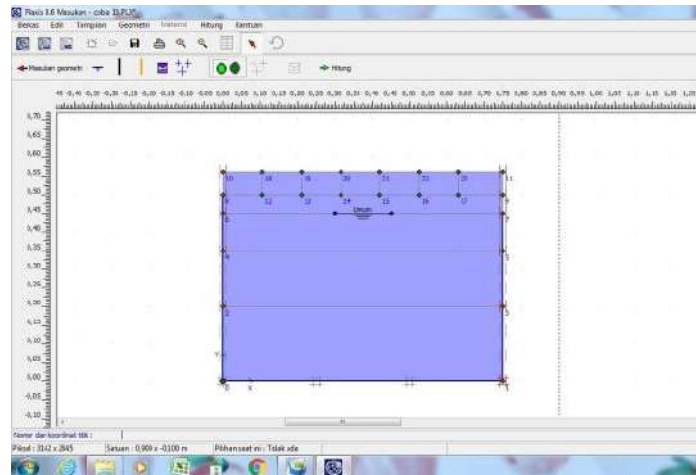
**Gambar 5.17** Ikon tegangan jepit (Sumber : [Program](#) PLAXIS)

10. Kemudian susun jaringan elemen/ mesh generate dengan cara klik ikon



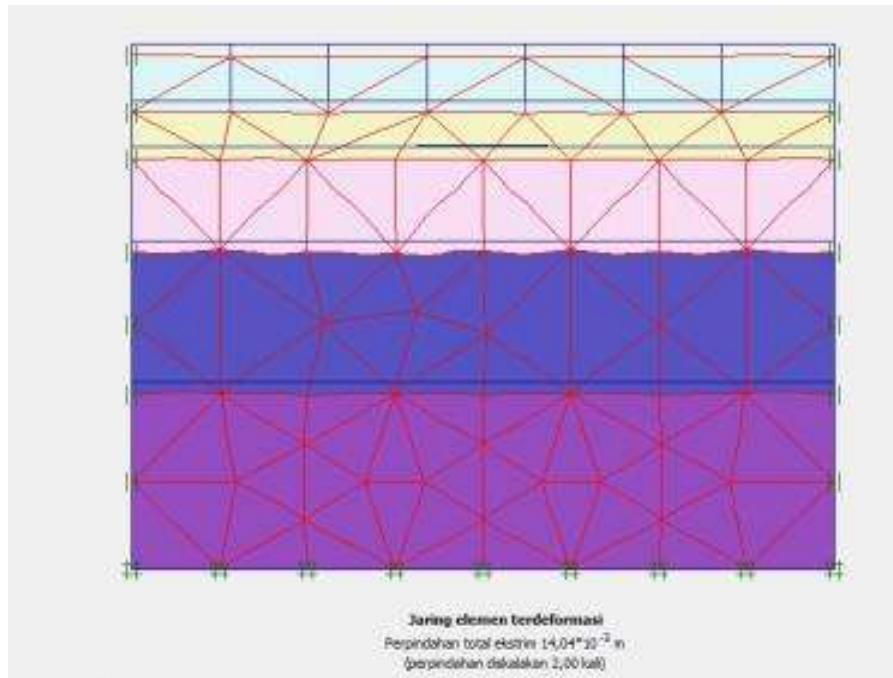
**Gambar 5.18** Ikon Susun Jaringan Elemen (Sumber : [Program](#) PLAXIS)

11. Kemudian setelah hasil susun jaringan elemen/ mesh generate keluar, klik perbaharui
12. Setelah klik perbaharui, beri muka air tanah dengan cara klik tanda tambah biru dan pilih garis freatik
13. Buatlah garis freatik seperti pada gambar



**Gambar 5.19** Permodelan Garis Freatik (Sumber : [Program PLAXIS](#))

14. Isilah Sigma M weight sebesar 10
15. Kemudian hasil perhitungan tekanan air pori aktif dan tegangan efektif akan keluar.
16. Kemudian klik hitung.
17. Pada proses output buatlah data seperti pada gambar berikut. Semua perhitungan harus tercentang hijau, jika tidak maka perhitungan error/gagal.
18. Setelah semua tercentang klik keluaran seperti pada gambar dibawah ini. Hasil deformasi atau penurunan paving/ penurunan tanah adalah sebesar  $14,04 \times 10^{-3}$  m atau 14,04 mm untuk paving ketebalan 6 cm dan untuk ketebalan 8 cm yaitu sebesar  $25 \times 10^{-3}$  m atau 25 mm.



**Gambar 5.20** Hasil Output Bahu Jalan Paving Block dengan Software PLAXIS  
(Sumber : [Program](#) PLAXIS)

### 5.5. Hasil Perhitungan Program Plaxis

Penggunaan perhitungan program Plaxis menghasilkan output berupa seberapa besar deformasi yang terjadi pada tanah dasar. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat di tabel 4.2

Penggunaan Program Plaxis berupa aspek Deformasi Penurunan Tanah didapatkan hasil sebesar 14,04 mm untuk Paving Block dengan ketebalan 6 cm dan hasil sebesar 25 mm untuk Paving Block dengan ketebalan 8 cm.

### 5.6. Aspek Kekuatan dengan Menentukan Besarnya Momen dan Deformasi Paving Block dengan Program SAP2000

Dalam menganalisis kuat tekan perlu menggunakan suatu program yaitu SAP 2000. Dalam menggunakan *software* SAP 2000 perlu adanya input data, parameter dan rumus yang diperlukan untuk menginput yaitu :

### 5.6.1. Data Mutu Paving Block

Data mutu *paving block* yang digunakan untuk *input* data adalah mutu *paving block* SNI:03-0691-1996 dengan K- 400 kg/cm<sup>2</sup>, karena pada penelitian ini ditujukan untuk fungsi perkerasan jalan.

**Tabel 5.2** Kekeuatan Fisik Paving Block

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks(%)
		Rata2	Min	Rata2	Min	
A	Perkerasan jalan	400	350	0,0000	0,103	3
B	Tempat parkir mobil	200	170	0,1300	1,149	6
C	Pegalan kali	150	125	0,1600	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,2190	0,251	10

Sumber: SNI:03-0691-1996

### 5.6.2. Data Distribusi Pembebanan

Selain data mutu *paving block* dibutuhkan juga parameter untuk distribusi pembebanan. Yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini untuk *input* data. Berat total maksimum pada kendaraan.

### 5.6.3. Data Ukuran dan Bentuk Paving Block

Data ukuran *paving block* yang beredar di pasaran diperlukan juga untuk penentuan bentuk dan ukuran yang dipakai dalam penelitian ini. Data yang digunakan pada penelitian ini sesuai gambar dibawah :

 <p><b>STRAIGHT / Bata</b> 6 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm 8 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm 10 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm Kebutuhan 44 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>10/20 Bata</b> 6 Cm X 10,5 Cm X 21 Cm Kebutuhan 50 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>UNIPAVE / Cacing</b> 6 Cm X 11,2 Cm X 22,5 Cm 8 Cm X 11,2 Cm X 22,5 Cm Kebutuhan 39 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>TRIHEX</b> 6 Cm X 9,6 Cm X 19,7 Cm 8 Cm X 9,6 Cm X 19,7 Cm Kebutuhan 39 Pcs / M<sup>2</sup></p>
 <p><b>HEXAGON</b> 6 Cm X 24 Cm X 30 Cm 8 Cm X 24 Cm X 30 Cm Kebutuhan 27 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>SEGI EMPAT / 20/20</b> 6 Cm X 20 Cm X 20 Cm 8 Cm X 20 Cm X 20 Cm Kebutuhan 25 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>SEGI EMPAT / 21/21</b> 6 Cm X 21 Cm X 21 Cm Kebutuhan 22 Pcs / M<sup>2</sup></p>	 <p><b>TAHU / 10/10</b> 6 Cm X 10 Cm X 10 Cm Kebutuhan 100 Pcs/M<sup>2</sup></p>

**Gambar 5.21** Ukuran Paving Block (Sumber : <https://indonusa-conblock.com/model-paving-block-di-indonesia/>)

#### 5.6.4. Perhitungan

Untuk menganalisis hasil Program SAP2000, maka harus melakukan *input* data sesuai parameter yang digunakan. Terutama *input* data material *paving block* sesuai data diatas tetapi sebelum itu harus dihitung menggunakan rumus sebelum di *input*.

##### a) Menentukan Kuat Tekan

Untuk menentukan kuat tekan. Perlu dibutuhkan data mutu paving block SNI:03-0691-1996 yang sesuai kita gunakan yaitu K-400, perhitungan rumus seperti berikut :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{L}$$

Dimana P = beban tekan (N)

L = Luas Bidang Tekan (mm<sup>2</sup>)

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{19600}{3400000}$$

$$= 0,006 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0,06 \text{ Kg/cm}^2$$



### b) Menentukan Modulus Elastisitas

Untuk menentukan modulus elastisitas. Perlu dibutuhkan besarnya kuat tekan, sesuai perhitungan kuat tekan di atas, menghasilkan  $f'c$  sebesar 0,06 kg/cm<sup>2</sup>, perhitungan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastisitas} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{0,06} \\ &= 1,410 \end{aligned}$$

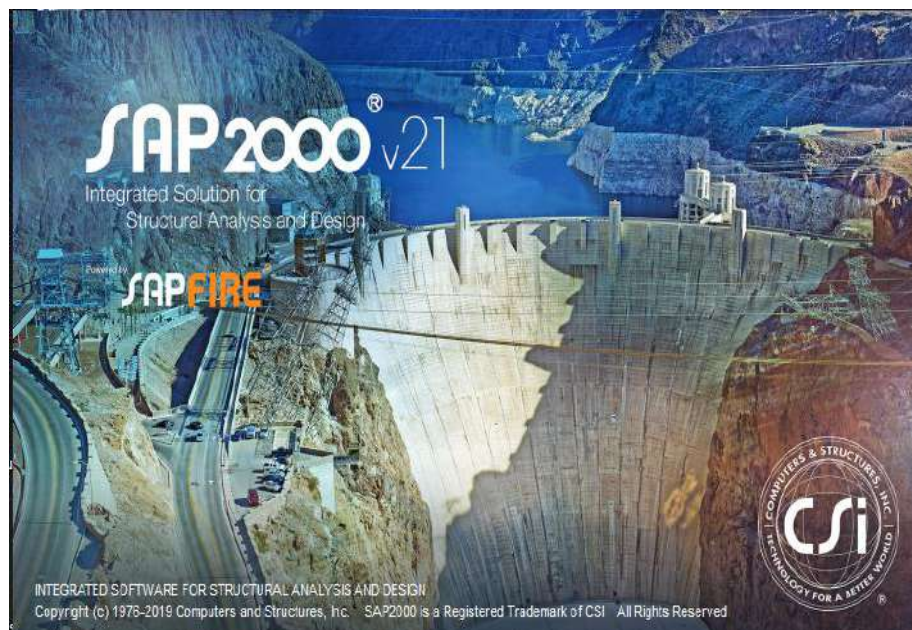
### 5.7. Analisa Program SAP2000

Pada analisa aspek deformasi atau penurunan tanah bahu jalan menggunakan material paving maka diperlukan program untuk mendesign permodelan paving block ini.

Adapun program yang kami gunakan untuk menghitung deformasi atau penurunan tanah paper ini adalah Program software SAP2000 . Pada permodelan ini kami membuat design sesuai dengan ukuran yang dibuat di lapangan dengan potongan melintang.

Adapun langkah-langkah pada pembuatan model di SAP2000 adalah sebagai berikut :

1. Pertama buka *software* SAP 2000



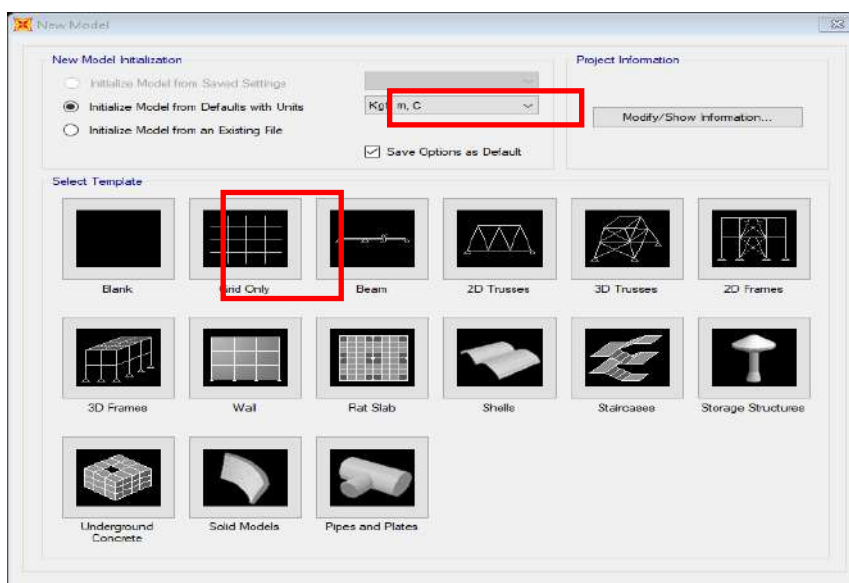
**Gambar 5.22** SAP 200 (Sumber : [Program SAP200](#))

2. Langkah kedua klik *New Model*



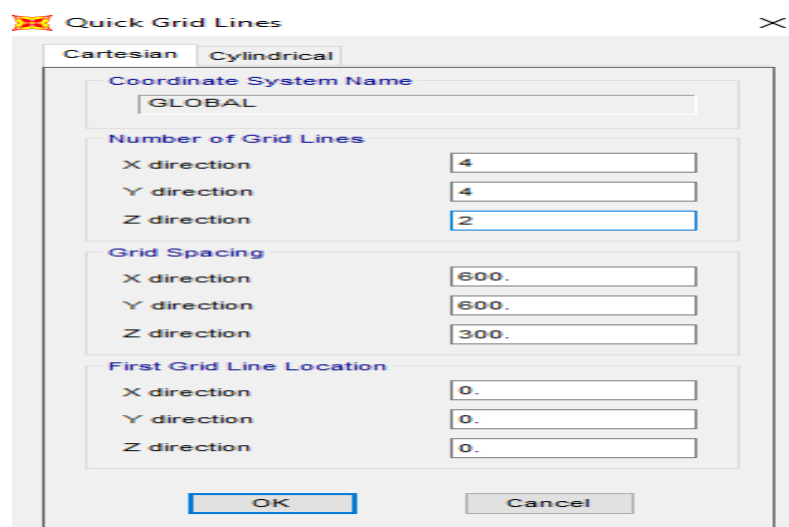
**Gambar 5.23** New Model (Sumber : [Program SAP200](#))

3. Setelah itu ganti satuan yang diinginkan, lalu pilih *template grid only*



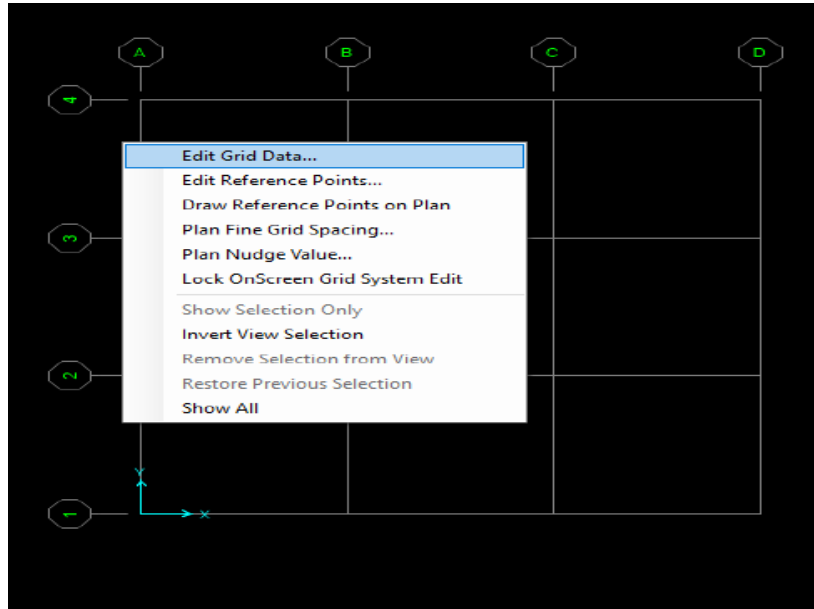
**Gambar 5.24** Select Template (Sumber : [Program SAP2000](#))

4. Selanjutnya oke setelah keluar tabel dibawah ini

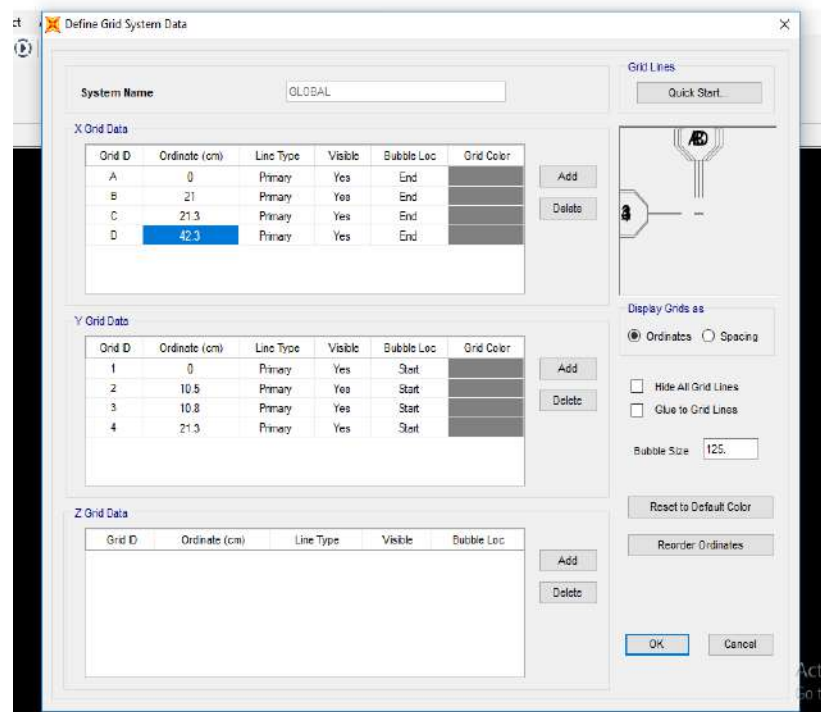


**Gambar 5.25** Grid Lines (Sumber : [Program SAP2000](#))

5. Langkah selanjutnya klik kanan *edit grid* data, masukkan angka sesuai dengan kebutuhan grid yang akan di gunakan

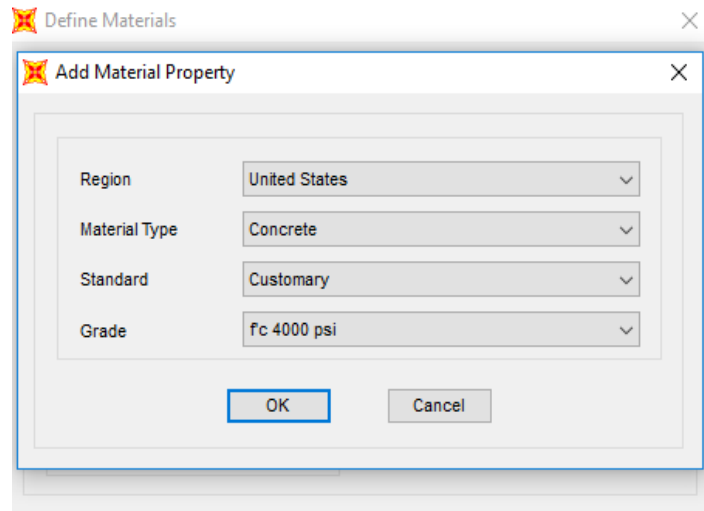


**Gambar 5.26** Edit Grid Data (Sumber : [Program SAP2000](#))

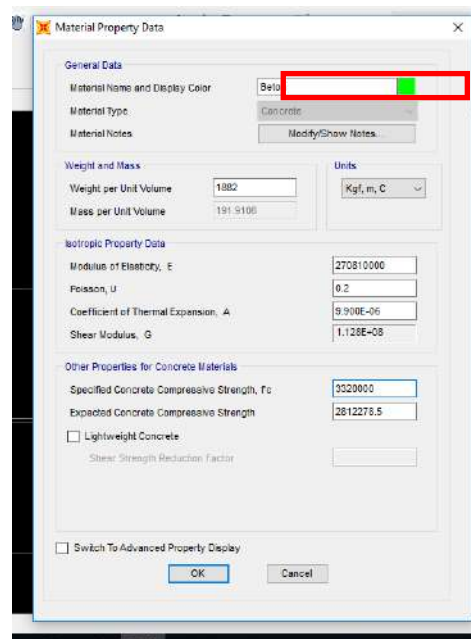


**Gambar 5.27** Define Grid (Sumber : [Program SAP2000](#))

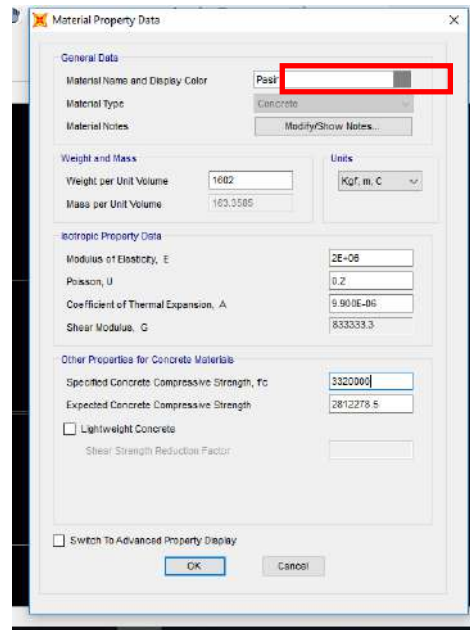
6. Selanjutnya klik *Define*, material *new property*, setelah itu Lalu *modify*



**Gambar 5.28** Material Property (Sumber : [Program SAP2000](#))



**Gambar 5.29** Material Property Beton (Sumber : [Program SAP2000](#))



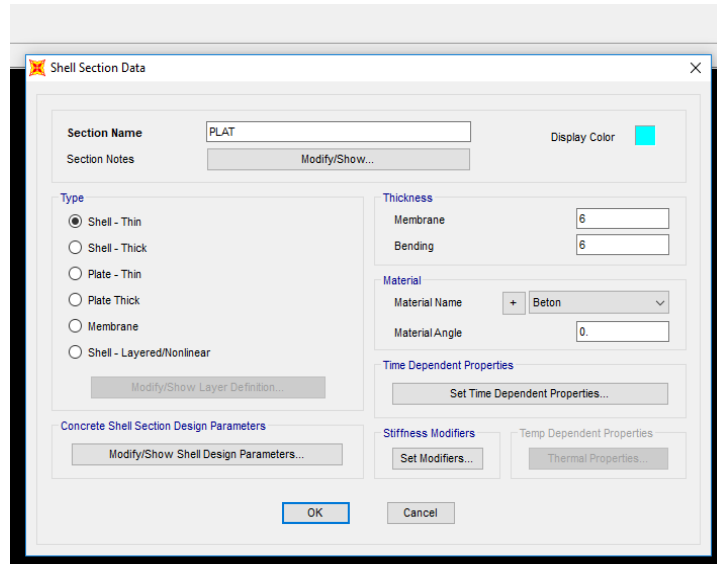
**Gambar 5.29** Material Property Pasir (Sumber : [Program](#) SAP2000)

7. Gambar pola yang diinginkan menggunakan *Draw Frame*,



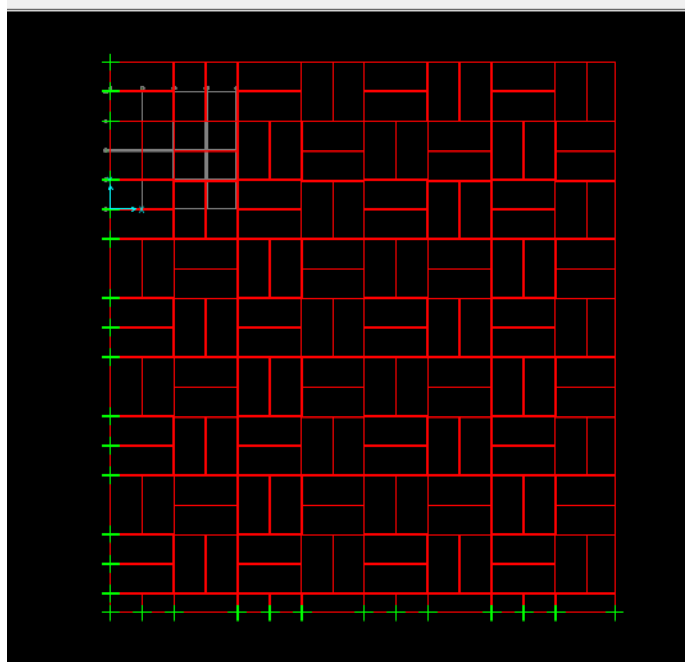
**Gambar 5.30** Draw Frame (Sumber : [Program](#) SAP2000)

- Setelah pola yang diinginkan jadi, setelah itu klik *Define - Section propertis - Area section - add new section*, setelah itu ganti pada membrane dan bending untuk ketebalan paving.



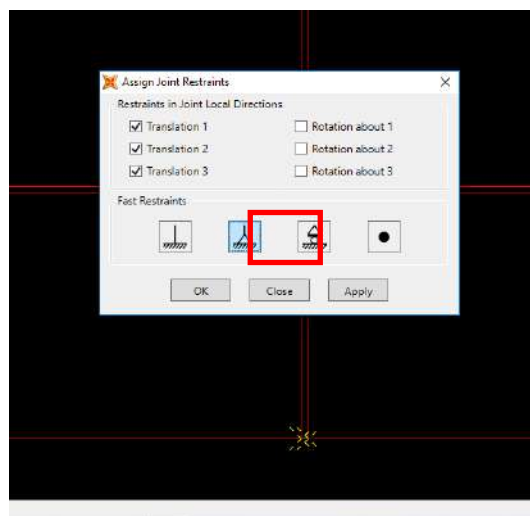
**Gambar 5.31** Shell Section Data (Sumber : [Program](#) SAP2000)

- Setelah *shell section* di *input* maka memberikan plat dan pasir pada pola yang telah dibuat, contoh



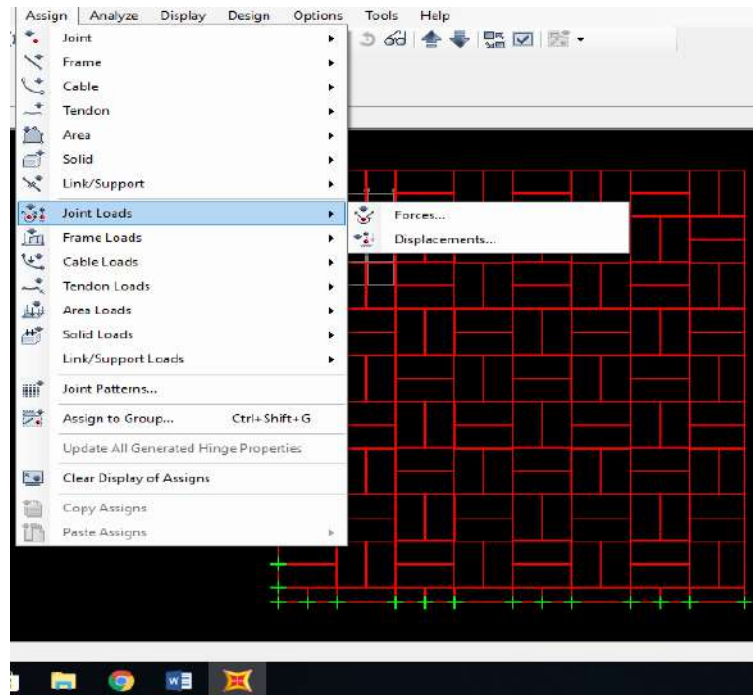
**Gambar 5.32** Contoh Pola Penataan (Sumber : [Program SAP2000](#))

10. Selanjutnya beri tumpuan , seperti contoh dibawah :

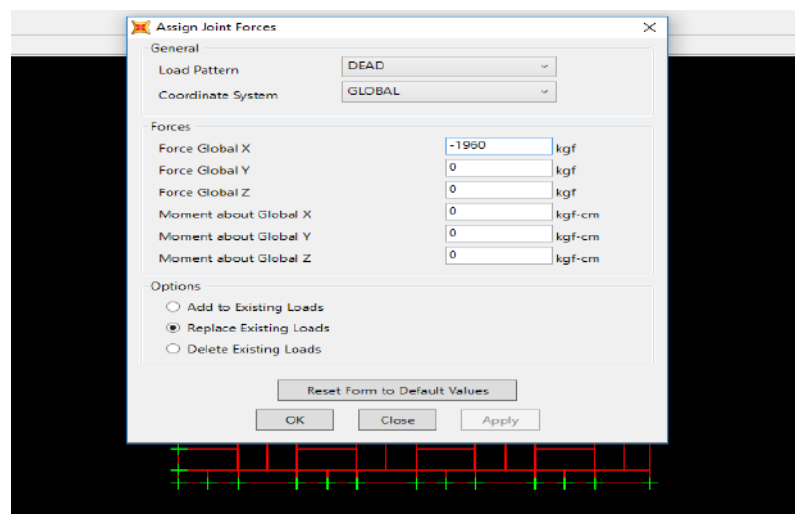


**Gambar 5.33** Assaign Joint (Sumber : [Program SAP2000](#))

11. Klik *Assaign – join load - forces* setelah itu beri beban yang diinginkan,



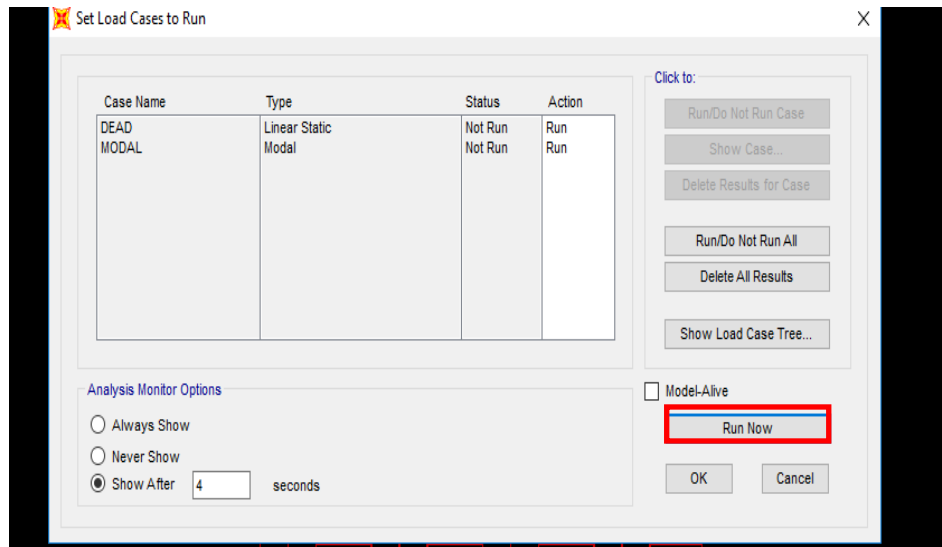
Gambar 5.34 Join Loads (Sumber : [Program SAP2000](#))



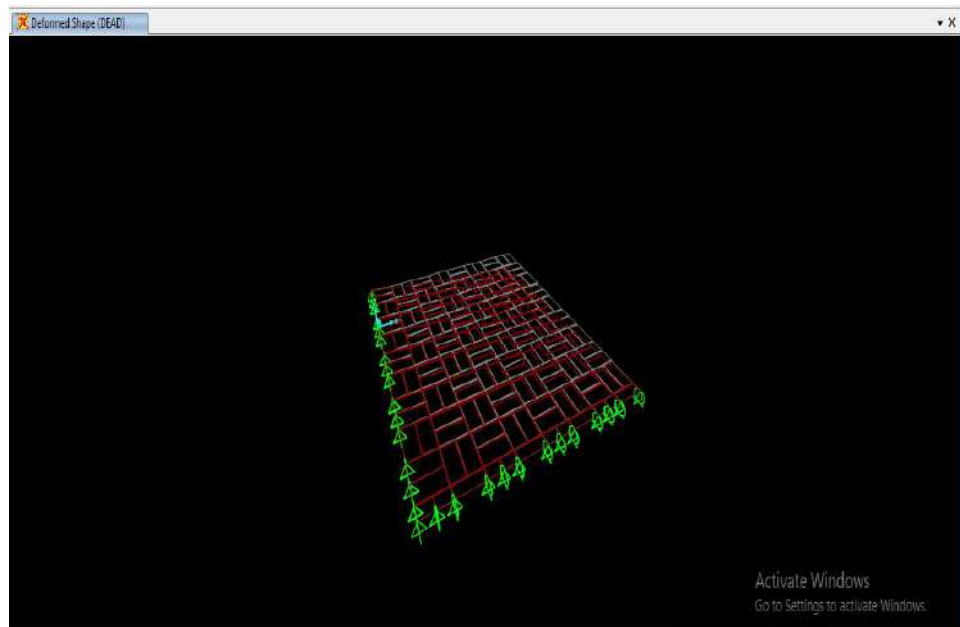
Gambar 5.35 Assaign Joint Forces (Sumber : [Program SAP2000](#))

12. Setelah itu *Run Analysis*



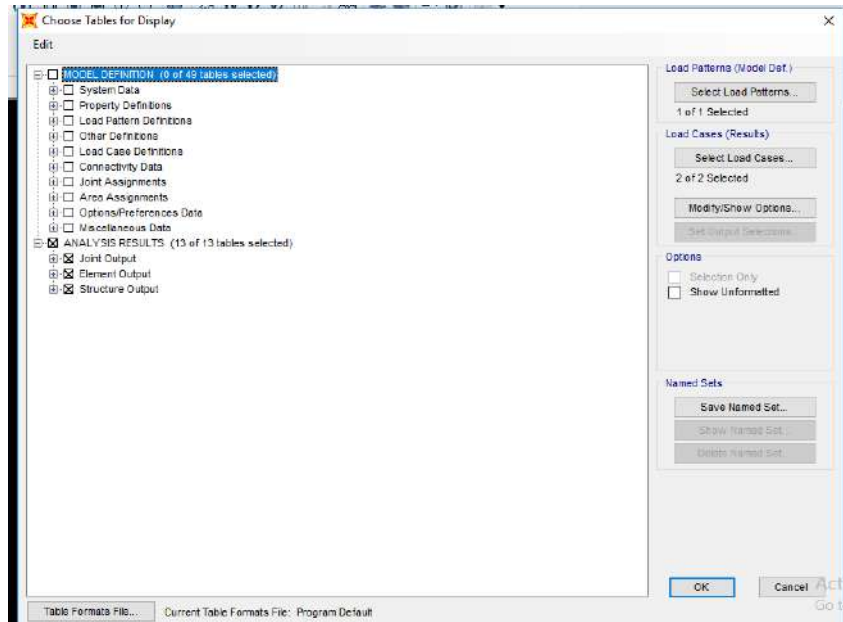


**Gambar 5.36** Run Now (Sumber : [Program](#) SAP2000)



**Gambar 5.37** Hasil 3D (Sumber : [Program](#) SAP2000)

- Untuk mengetahui hasilnya klik *Display, show tables*



Gambar 5.37 Hasil 3D (Sumber : [Program SAP2000](#))

Joint Text	Mass Source	U1 Kgf-s/2/cm	U2 Kgf-s/2/cm	U3 Kgf-s/2/cm	R1 Kgf-cm-s2	R2 Kgf-cm-s2	R3 Kgf-cm-s2	CenterX cm	CenterY cm	CenterZ cm
1	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	0	32.1	1200
2	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	21	32.1	1200
3	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	21	42.6	1200
4	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	0	42.6	1200
5	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	21.3	32.1	1200
6	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	31.8	32.1	1200
7	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	31.8	42.6	1200
8	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	21.3	42.6	1200
9	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	32.1	32.1	1200
10	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	42.6	32.1	1200
11	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	42.6	42.6	1200
12	MSSSRC1	0.0004232	0.0004232	0.0004232	0	0	0	32.1	42.6	1200
13	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	0	10.8	1200
14	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	10.5	10.8	1200
15	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	10.5	31.8	1200
16	MSSSRC1	0.0008463	0.0008463	0.0008463	0	0	0	0	31.8	1200

Gambar 5.38 Hasil 3D (Sumber : [Program SAP2000](#))

Tabel 5.3 Hasil SAP2000 (Peneliti)

Pola Paving Blok	Hasil	
	Tebal 6cm	Tebal 8cm
Basketweave	0.0006 kN.m	0.0083 kN.m
Stretcher	0.00062 kN.m	0.0061 kN.m

Dari percobaan Program SAP2000 berupa aspek Analisa Nilai Momen didapatkan hasil sebesar 6 mm dan 8,3 mm untuk pola penataan basketweave dengan ketebalan 6 cm dan 8 cm, kemudian untuk pola penatan stretcher didapatkan hasil sebesar 6,1 mm.

## **BAB VI**

### **RENCANA TAHAP BERIKUTNYA**

Penelitian ini belum sempurna sehingga diperlukan rencana penelitian pada tahap selanjutnya agar penelitian bisa ditinjau lebih dalam lagi untuk kesempurnaan penelitian ini diantaranya diperlukan analisa penelitian dengan berbagai bentuk *Paving Block* yaitu kategori Tipe A (*Four Dented*), Tipe B (*Two Dented*) dan Tipe C (*No Dented*) dengan menggunakan *laying pattern*/ pola penataan yang berbeda-beda. Sehingga hasil banyak variasi bisa dibandingkan dan mendapatkan bentuk dan ukuran *Paving Block* paling efektif. Dan Menggunakan *Paving Block* sesuai dengan perhitungan design Bahu Jalan yang sesuai dan yang paling efektif dari segi pola penataan, momen dan deformasi tanah.

## **BAB VII**

### **PENUTUP**

#### **10.1. Kesimpulan**

Hasil Analisa Penelitian dari bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Dari percobaan Program SketchUp berupa aspek *Interlocking* didapatkan hasil urutan pola penataan dari paling efektif yaitu pola penataan *Basketweave*, *Stretcher* kemudian *Herringbone*.
- 2) Dari percobaan Program Plaxis berupa aspek Deformasi Penurunan Tanah didapatkan hasil sebesar 14,04 mm untuk Paving Block dengan ketebalan 6 cm dan hasil sebesar 25 mm untuk Paving Block dengan ketebalan 8 cm.
- 3) Dari percobaan Program SAP2000 berupa aspek Analisa Nilai Momen didapatkan hasil sebesar 6 mm dan 8,3 mm untuk pola penataan basketweave dengan ketebalan 6 cm dan 8 cm, kemudian untuk pola penatan stretcher didapatkan hasil sebesar 6,1 mm.

#### **10.2. Saran**

Penelitian ini belum terlalu sempurna sehingga diperlukan saran agar penelitian bisa ditinjau lebih dalam lagi untuk menyempurnakan penelitian ini saran yang ditunjukkan sebagai berikut :

- 1) Diperlukan Analisa Penelitian dengan berbagai bentuk Paving Block yaitu kategori Tipe A (*Four Dented*), Tipe B (*Two Dented*) dan Tipe C (No Dented) dengan menggunakan *laying pattern*/ pola penataan yang berbeda-beda. Sehingga hasil banyak variasi bisa dibandingkan dan mendapatkan bentuk dan ukuran *Paving Block* paling efektif.
- 2) Gunakan Paving Block sesuai dengan perhitungan design Bahu Jalan yang sesuai dan yang paling efektif dari segi pola penataan, momen dan deformasi tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- AKBAR, F. T. (2006). PENINGKATAN MUTU PAVING BLOCK HEXAGONAL DENGAN MODIFIKASI CAMPURAN SEMEN PASIR YANG DIBUAT MANUAL.
- Arfiane, D. a. (2017). PENINGKATAN KETAHANAN AUS PAVING BLOCK DENGAN MODIFIKASI CAMPURAN SEMEN PASIR YANG DIBUAT MANUAL.
- Concrete Block Paving*. (2009). Block D, Lone Creek, Waterfall Office Park, Bekker Road, Midrand: Concrete Manufacturers Association.
- Gamping, M. (2017). *Bahu Jalan*.
- Husna, A. a. (2017). ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN LAPISAN BASE COURSE PADA PERKERASAN JALAN PAVING BLOCK DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS (Studi Kasus Kawasan Kampus UNISSULA).
- Indonesia, B. S. (1998). *SNI (Standar Nasional Indonesia)*.
- J, N. D. (2009). Analisis Penurunan Lapisan Pasir Alas.
- (1997). Dalam *TATA CARA PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN ANTAR KOTA*. DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM.
- Nugroho, E. N. (2017). ANALISIS INTERLOCKING PAVING BLOCK BENTUK HEXAGONAL DENGAN METODE FINITE ELEMENT 3D PROGRAM SAP 2000.
- Qomaruddin, M dan Sudarno, S. (2017). PEMANFAATAN LIMBAH BOTTOM ASH PENGANTI AGREGAT HALUS DENGAN MENAMBAHKAN KAPUR PADA PEMBUATAN PAVING. 1(1)
- Rachmat Mudiono dan S. Sudarno (2019), THE INFLUENCE OF COCONUT FIBER ON THE COMPRESIVE AND FLEXURAL STRENGTH OF PAVING BLOCK. *Engineering, technology and applied science and research*, 9(5), 4702-4705.
- Setyanto, H. W. (2016). ANALISIS PAVING BLOCK HEXAGONAL SEBAGAI BENTUK PAVING OPTIMUM.
- Standar Nasional Indonesia*. (1998). Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.

# LAMPIRAN