

**BAB III**  
**LANDASAN**  
**TEORI**

**3.1 Prosedur Desain Perkerasan Kaku**

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017 No. 04/SE/Db/2017 langkah dalam penggunaan suatu bagan demi desain dengan hasil yang maksimal, baik secara teknis maupun optimal dan juga ekonomis antara lain:

1. Menentukan umur rencana.
2. Menentukan besarnya volume dari kelompok sumbu kendaraan niaga.
3. Menentukan stuktur fondasi jalan.
4. Menentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normal atau tanah lunak.
5. Menentukan struktur lapisan perkerasan.
6. Menentukan jenis sambungan (pada umumnya berupa sambungan dengan dowel).
7. Menentukan jenis bahu jalan (biasanya memakai bahu beton).
8. Menentukan detail desain seperti penulangan pelat, posisi dowel, dimensi, tie bar & pelat beton, adanya ketentuan dari sambungan dan lain-lain.
9. Menetapkan apa saja yang dibutuhkan pada daya dukung tepi perkerasan.

### 3.2 Prosedur Desain Perkerasan Lentur

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017 No. 04/SE/Db/2017 prosedur dalam menggunakan bagan desain untuk mencapai hasil yang maksimal secara teknis dan optimal secara ekonomis adalah :

1. Menentukan umur rencana.
2. Menentukan volume kelompok sumbu kendaraan niaga.
3. Menentukan stuktur fondasi jalan.
4. Menentukan daya dukung efektif tanah dasar menggunakan solusi tanah normalatau tanah lunak.
5. Menentukan struktur lapisan perkerasan.
6. Menentukan jenis sambungan (umumnya berupa sambungan dengan dowel).
7. Menentukan jenis bahu jalan (biasanya menggunakan bahu beton).
8. Menentukan detail desain yang meliputi dimensi pelat beton, penulangan pelat, posisi dowel & tie bar, ketentuan sambungan dan sebagainya. Pd T-14-2003
9. Menetapkan apa yang menjadi kebutuhan dari daya dukung tepi perkerasan.

### 3.3 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan baru dinyatakan pada **Tabel 3.1** berikut ini, diambil dari Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017.

**Tabel 3.1** Umur Rencana Perkerasan Jalan Baru (UR)

| Jenis Perkerasan    | Elemen Perkerasan   | Umur Rencana (tahun) |
|---------------------|---|----------------------|
| Perkerasan lentur   | Lapisan aspal dan lapisan berbutir  | 20                   |
|                     | Fondasi jalan   | 40                   |
|                     | Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. |                      |
|                     | Cement Treated Based (CTB)  |                      |
| Perkerasan kaku     | Lapisan fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan   |                      |
| Jalan tanpa penutup | Semua elemen (termasuk fondasi jalan)   | Minimum 10           |

Sumber: MDP N0.04/SE/Db/2017

**Catatan:**

1. Jika menganggap umur rencana di atas sulit untuk dipakai, maka dapat memakai umur rencana berbeda, namun sebelumnya harus dilakukan analisis dengan cara *discounted lifecycle cost* yang dapat menunjukkan bahwa umur rencana tersebut dapat memberikan *discounted lifecycle cost* terendah. Nilai bunga diambil dari nilai bunga rata-rata dari Bank Indonesia, yang dapat diperoleh dari website resmi Bank Indonesia.
2. Umur rencana wajib memperhitungkan kapasitas jalan.

### 3.4 Pemilihan Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Alternatif desain berdasarkan MDPJ N0. 04/SE/Db/2017 harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah. Berikut **Tabel 3.1** untuk mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan.

**Tabel 3. 2** Pemilihan Jenis Perkerasan

| Struktur Perkerasan   | Bagan desain | ESA (juta) dalam 20 tahun<br>(pangkat 4 kecuali ditentukan lain) |         |         |          |           |
|---|--------------|--|---------|---------|----------|-----------|
|   |              | 0 – 0,5  | 0,1 – 4 | >4 – 10 | >10 – 30 | >30 – 200 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5%) | 4            | -  | -       | 2       | 2        | 2         |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)       | 4A           | -  | 1, 2    | -       | -        | -         |
| AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)                 | 3            | -  | -       | -       | 2        | 2         |
| AC dengan CTB (ESA pangkat 5)   | 3            | -  | -       | -       | 2        | 2         |
| AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)            | 3B           | -  | -       | 1, 2    | 2        | 2         |

|  |    |   |      |   |   |   |
|--|----|---|------|---|---|---|
| AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir      | 3A | - | 1, 2 | - | - | - |
| Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli | 5  | 3 | 3    | - | - | - |
| Lapis Fondasi Soil Cement                            | 6  | 1 | 1    | - | - | - |
| Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)      | 7  | 1 | -    | - | - | - |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1. Kontraktor kecil – medium;
2. Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;
3. Membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis Burtu /Burda.

### **3.5 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017, *discounted lifecycle cost* perkerasan kaku umumnya lebih rendah untuk jalan dengan beban lalu lintas lebih dari 30 juta ESA4. Pada kondisi tertentu perkerasan kaku dapat dipertimbangkan untuk jalan perkotaan dan pedesaan. Dibutuhkan kecermatan pada desain perkerasan kaku di atas tanah lunak atau kawasan lainnya yang berpotensi menghasilkan pergerakan struktur yang tidak seragam. Keuntungan perkerasan kaku antara lain adalah :

1. Struktur perkerasan lebih tipis (kecuali area tanah lunak).
2. Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
3. Biaya pemeliharaan lebih murah.
4. Pembuatan campuran lebih mudah.

Berdasarkan jenis tanah dasar, struktur perkerasan kaku ini dibagi menjadi beberapa jenis seperti berikut :

**Gambar 3. 1** Tipikal Struktur Perkerasan Kaku



Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Asli (*At Grade*)



Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Tibunan



Struktur Perkerasan Kaku pada Permukaan Tanah Galian

Untuk beban lalu lintas ringan sampai sedang, perkerasan kaku akan lebih mahal dibandingkan perkerasan lentur, terutama di daerah pedesaan atau perkotaan tertentu yang pelaksanaan konstruksi jalan tidak begitu mengganggu lalu lintas. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat. Pada area yang terbatas, pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur.

### **3.6 Analisis Volume Lalu Lintas**

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi. Elemen utama beban lalu lintas dalam desain yaitu beban gandar kendaraan komersial dan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam beban sumbu standar. Analisis volume lalu lintas pada survei yang diperoleh dari:

1. Hasil survei lalu lintas, dengan durasi minimal 7 x 24 jam menurut ketentuan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP Nomor 04/SE/Db/2017). Survei dapat dilakukan secara manual mengacu pada Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas (Pd T-19-2004-B) atau menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil – hasil survei lalu lintas sebelumnya.
3. Nilai perkiraan dari butir terdapat pada MDP Nomor 04/SE/Db/2017 (4.10) untuk jalan dengan lalu lintas rendah.

Dalam analisis lalu lintas, penentuan volume lalu lintas pada jam sibuk dan lalu lintas harian rata – rata tahunan (LHRT) mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Penentuan nilai LHRT didasarkan pada data survei volume lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor. Perkiraan volume lalu lintas harus dilaksanakan secara realistis. Rekayasa data lalu lintas untuk meningkatkan justifikasi ekonomi tidak boleh dilakukan untuk kepentingan apapun. Jika terdapat keraguan terhadap data lalu lintas maka perencana harus membuat survai cepat secara independen untuk memverifikasi data tersebut.



### 3.7 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku.

**Tabel 3. 3** Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) (%)

| <b>Tabel 3.3</b>            | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|-----------------------------|------|----------|------------|---------------------|
| <b>Arteri dan perkotaan</b> | 4,8  | 4,83     | 5,14       | 4,75                |
| <b>Kolektor rural</b>       | 3,5  | 3,5      | 3,5        | 3,5                 |
| <b>Jalan desa</b>           | 1    | 1        | 1          | 1                   |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*):

$$R = \frac{(1 \pm 0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan : *R*: faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif  
*i*: laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)  
*UR* : umur rencana (tahun)

### 3.8 Lajur Rencana

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya

diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

**Tabel 3. 4** Faktor Distribusi Lajur (DL)

| <b>Jumlah Lajur setiap arah</b> | <b>Kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan niaga)</b> |
|---------------------------------|--|
| 1                               | 100  |
| 2                               | 80   |
| 3                               | 60   |
| 4                               | 50   |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017

### **3.9 Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)**

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Desain yang akurat memerlukan perhitungan beban lalu lintas yang akurat pula. Studi atau survei beban gandar yang dirancang dan dilaksanakan dengan baik merupakan dasar perhitungan ESA yang andal. Oleh sebab itu, survei beban gandar harus dilakukan apabila dimungkinkan.

**Tabel 3. 5** Pengumpulan Data Beban Gandar

| Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan | Sumber Data Beban Gandar* |
|--|---------------------------|
| Jalan Bebas Hambatan*                  | 1 atau 2                  |
| Jalan Raya                             | 1 atau 2 atau 3           |
| Jalan Sedang                           | 2 atau 3                  |
| Jalan Kecil                            | 2 atau 3                  |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017

\*Data beban gandar dapat diperoleh dari:

1. Jembatan timbang, timbangan statis atau *Weigh In Motion* (survei langsung).
2. Survei beban gandar pada jembatan timbang atau *Weigh In Motion* (WIM) yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
3. *Data Weigh In Motion* (WIM) Regional yang dikeluarkan oleh Dirjen BinaMarga.

Timbangan survei beban gandar ada beberapa sistem yaitu jembatan timbang, timbangan statis dan *Weigh In Motion* (survei langsung), untuk timbangan statis harus mempunyai kapasitas beban roda (tunggal atau ganda) minimum 18 ton atau kapasitas beban sumbu tunggal minimum 35 ton. Tingkat pembebanan faktual berlebih diasumsikan berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban kendaraan sudah terkendali dengan beban sumbu nominal terberat (MST) 12 ton. Namun demikian, untuk keperluan desain, Direktorat Jenderal Bina Marga dapat menentukan waktu penerapan efektif beban terkendali tersebut setiap waktu. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

**Tabel 3. 6** Nilai VDF masing-masing Jenis Kendaraan Niaga

| Jenis kendaraan | Sumatera     |       |        |       | Jawa         |       |        |       | Kalimantan   |       |        |       | Sulawesi     |       |        |       | Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua |       |        |       |
|-----------------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------|-------|---------------------------------------|-------|--------|-------|
|                 | Beban aktual |       | Normal |       | Beban aktual |       | Normal |       | Beban aktual |       | Normal |       | Beban aktual |       | Normal |       | Beban aktual                          |       | Normal |       |
|                 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4        | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 | VDF 4                                 | VDF 5 | VDF 4  | VDF 5 |
| 5B              | 1,0          | 1,0   | 1,0    | 1,0   | 1,0          | 1,0   | 1,0    | 1,0   | 1,0          | 1,0   | 1,0    | 1,0   | 1,0          | 1,0   | 1,0    | 1,0   | 1,0                                   | 1,0   | 1,0    | 1,0   |
| 6A              | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55         | 0,5   | 0,55   | 0,5   | 0,55                                  | 0,5   | 0,55   | 0,5   |
| 6B              | 4,5          | 7,4   | 3,4    | 4,6   | 5,3          | 9,2   | 4,0    | 5,1   | 4,8          | 8,5   | 3,4    | 4,7   | 4,9          | 9,0   | 2,9    | 4,0   | 3,0                                   | 4,0   | 2,5    | 3,0   |
| 7A1             | 10,1         | 18,4  | 5,4    | 7,4   | 8,2          | 14,4  | 4,7    | 6,4   | 9,9          | 18,3  | 4,1    | 5,3   | 7,2          | 11,4  | 4,9    | 6,7   | -                                     | -     | -      | -     |
| 7A2             | 10,5         | 20,0  | 4,3    | 5,6   | 10,2         | 19,0  | 4,3    | 5,6   | 9,6          | 17,7  | 4,2    | 5,4   | 9,4          | 19,1  | 3,8    | 4,8   | 4,9                                   | 9,7   | 3,9    | 6,0   |
| 7B1             | -            | -     | -      | -     | 11,8         | 18,2  | 9,4    | 13,0  | -            | -     | -      | -     | -            | -     | -      | -     | -                                     | -     | -      | -     |
| 7B2             | -            | -     | -      | -     | 13,7         | 21,8  | 12,6   | 17,8  | -            | -     | -      | -     | -            | -     | -      | -     | -                                     | -     | -      | -     |
| 7C1             | 15,9         | 29,5  | 7,0    | 9,6   | 11,0         | 19,8  | 7,4    | 9,7   | 11,7         | 20,4  | 7,0    | 10,2  | 13,2         | 25,5  | 6,5    | 8,8   | 14,0                                  | 11,9  | 10,2   | 8,0   |
| 7C2A            | 19,8         | 39,0  | 6,1    | 8,1   | 17,7         | 33,0  | 7,6    | 10,2  | 8,2          | 14,7  | 4,0    | 5,2   | 20,2         | 42,0  | 6,6    | 8,5   | -                                     | -     | -      | -     |
| 7C2B            | 20,7         | 42,8  | 6,1    | 8,0   | 13,4         | 24,2  | 6,5    | 8,5   | -            | -     | -      | -     | 17,0         | 28,8  | 9,3    | 13,5  | -                                     | -     | -      | -     |
| 7C3             | 24,5         | 51,7  | 6,4    | 8,0   | 18,1         | 34,4  | 6,1    | 7,7   | 13,5         | 22,9  | 9,8    | 15,0  | 28,7         | 59,6  | 6,9    | 8,8   | -                                     | -     | -      | -     |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/20

| Jenis Kendaraan  |            | Uraian                                  | Konfigurasi sumbu                        | Muatan <sup>2</sup> yang diangkut | Kelompok sumbu            | Distribusi tipikal (%)   |   | Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan) |                |      |
|------------------|------------|---|--|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---|--|----------------|------|
| Klasifikasi Lama | Alternatif |   |  |                                   |                           | Semua kendaraan bermotor | Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor | VDF4 Pangkat 4                                 | VDF5 Pangkat 5 |      |
| 1                | 1          | Sepeda motor                            | 1.1                                      | Muatan <sup>2</sup> yang diangkut | 2                         | 30,4                     |   |  |                |      |
| 2, 3, 4          | 2, 3, 4    | Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon | 1.1                                      |                                   | 2                         | 51,7                     | 74,3  |  |                |      |
| KENDARAAN NIAGA  | 5a         | 5a                                      | Bus kecil                                | 1.2                               | 2                         | 3,5                      | 5,00  | 0,3  | 0,2            |      |
|                  | 5b         | 5b                                      | Bus besar                                | 1.2                               | 2                         | 0,1                      | 0,20  | 1,0  | 1,0            |      |
|                  | 6a.1       | 6.1                                     | Truk 2 sumbu – cargo ringan              | 1.1                               | muatan umum               | 4,6                      | 6,60  | 0,3  | 0,2            |      |
|                  | 6a.2       | 6.2                                     | Truk 2 sumbu – ringan                    | 1.2                               | tanah, pasir, besi, semen |                          |   | 2  | 0,8            | 0,8  |
|                  | 6b1.1      | 7.1                                     | Truk 2 sumbu – cargo sedang              | 1.2                               | muatan umum               | 2                        | -   | -  | 0,7            | 0,7  |
|                  | 6b1.2      | 7.2                                     | Truk 2 sumbu – sedang                    | 1.2                               | tanah, pasir, besi, semen | 2                        | -   | -  | 1,6            | 1,7  |
|                  | 6b2.1      | 8.1                                     | Truk 2 sumbu – berat                     | 1.2                               | muatan umum               | 2                        | 3,8   | 5,50   | 0,9            | 0,8  |
|                  | 6b2.2      | 8.2                                     | Truk 2 sumbu – berat                     | 1.2                               | tanah, pasir, besi, semen | 2                        |   |  | 7,3            | 11,2 |
|                  | 7a1        | 9.1                                     | Truk 3 sumbu – ringan                    | 1.22                              | muatan umum               | 3                        | 3,9   | 5,60   | 7,6            | 11,2 |
|                  | 7a2        | 9.2                                     | Truk 3 sumbu – sedang                    | 1.22                              | tanah, pasir, besi, semen | 3                        |   |  | 28,1           | 64,4 |
|                  | 7a3        | 9.3                                     | Truk 3 sumbu – berat                     | 1.1.2                             |                           | 3                        | 0,1   | 0,10   | 28,9           | 62,2 |
|                  | 7b         | 10                                      | Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu | 1.2-2.2                           |                           | 4                        | 0,5   | 0,70   | 36,9           | 90,4 |
|                  | 7c1        | 11                                      | Truk 4 sumbu - trailer                   | 1.2-22                            |                           | 4                        | 0,3   | 0,50   | 13,6           | 24,0 |
|                  | 7c2.1      | 12                                      | Truk 5 sumbu - trailer                   | 1.2-22                            |                           | 5                        | 0,7   | 1,00   | 19,0           | 33,2 |
| 7c2.2            | 13         | Truk 5 sumbu - trailer                  | 1.2-222                                  |                                   | 5                         | 30,3                     |   |  | 69,7           |      |
| 7c3              | 14         | Truk 6 sumbu - trailer                  | 1.22-222                                 |                                   | 6                         | 0,3                      | 0,50  | 41,6   | 93,7           |      |

Sumber : MDP NO. 04/SE/Db/2017

### **3.10 Beban Sumbu Standar Kumulatif**

Beban sumbu standar kumulatif *atau Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (3.2)$$

- Dengan  $ESA_{TH-1}$  : kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.
- $LHR_{JK}$  : lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satu kendaraan per hari).
- $VDF_{JK}$  : Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 3.6 dan Tabel 3.7
- $DD$  : Faktor distribusi arah.
- $DL$  : Faktor distribusi lajur (Tabel 3.4).
- $CESAL$  : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.
- $R$  : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif

### **3.11 Desain Perkerasan Kaku**

Prosedur perencanaan perkerasan beton semen didasarkan atas dua model kerusakan yaitu retak fatik (lelah) tarik lentur pada pelat dan Erosi pada pondasi bawah atau tanah dasar yang diakibatkan oleh lendutan berulang pada sambungan dan tempat retak yang direncanakan. Prosedur ini mempertimbangkan ada tidaknya ruji pada sambungan atau bahu beton. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan dianggap sebagai perkerasan bersambung yang dipasang ruji. Data lalu- lintas

yang diperlukan adalah jenis sumbu dan distribusi beban serta jumlah repetisi masing-masing jenis sumbu/kombinasi beban yang diperkirakan selama umur rencana. Berikut persyaratan desain perkerasan kaku dengan sambungan dan ruji (dowel) serta bahu beton (*tied shoulder*), dengan atau tanpa tulangan distribusi retak). Bagan desain yang dipergunakan untuk desain Perkerasan Kaku berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan tahun 2017 dapat dilihat pada **Tabel 3.8** dan **Tabel 3.9** di bawah ini.

**Tabel 3. 7** Perkerasan Kaku Untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat

| Struktur Perkerasan   | R1    | R2    | R3     | R4   | R5   |
|---|-------|-------|--------|------|------|
| Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6) | < 4.3 | < 8.6 | < 25.8 | < 43 | < 86 |
| Dowel dan bahu beton  | Ya    |       |        |      |      |
| STRUKTUR<br>PERKERASAN (mm)                                 |       |       |        |      |      |
| Tebal pelat beton   | 265   | 275   | 285    | 295  | 305  |
| Lapis Fondasi LMC   | 100   |       |        |      |      |
| Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)                 | 150   |       |        |      |      |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017



**Tabel 3. 8** Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Rendah

|  | Tanah Dasar                       |       |   |       |
|--|-----------------------------------|-------|---|-------|
|  | Tanah Lunak dengan Lapis Penopang |       | Didapatkan normal                         |       |
| Bahu pelat beton (tied shoulder)                           | Ya                                | Tidak | Ya  | Tidak |
|  | Tebal Pelat Beton (mm)            |       |   |       |
| Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor             | 160                               | 175   | 135                                       | 150   |
| Dapat diakses oleh truk                                    | 180                               | 200   | 160                                       | 175   |
| Tulangan distribusi retak                                  | Ya                                |       | Ya jika daya dukung fondasi tidak seragam |       |
| Dowel  | Tidak dibutuhkan                  |       |   |       |
| LMC  | Tidak dibutuhkan                  |       |   |       |
| Lapis Fondasi Kelas A (ukuran butir nominal maksimum 30mm) | 125 mm                            |       |   |       |
| Jarak sambungan melintang                                  | 4 m                               |       |   |       |

Sumber : MDP N0. 04/SE/Db/2017

### 3.11 Perkerasan Beton Semen Bersambung tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

1. Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih besar dari 1,25, atau bilapola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.
2. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
3. Pelat berlubang (*pits or structures*).

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain sambungan memanjang, melintang dan isolasi. Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*). Sambungan yang akan digunakan yaitu sebagai berikut ini:

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada **Gambar 3.2**. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots \dots \dots (3.3)$$

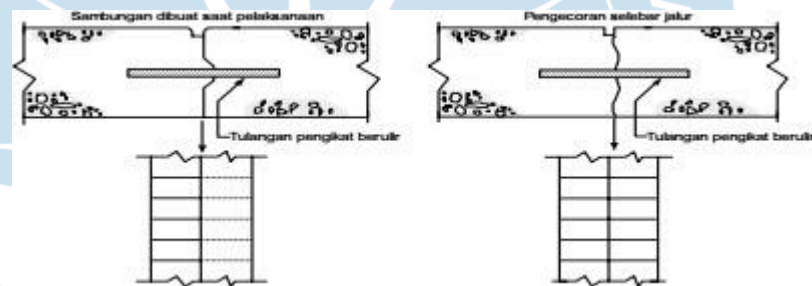
$$l = (38,3 \times \varphi) + 75 \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan At : Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ ).  
 b : Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).  
 h : Tebal pelat (m).  
 l : Panjang batang pengikat (mm).  
 $\phi$  : Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm.

Tipikal sambungan memanjang berdasarkan Bina Marga (PD T-14-2003) diperlihatkan pada **Gambar 3.2**

**Gambar 3.2** Tipikal Sambungan Memanjang



## 2. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat. Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4 - 5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8 - 15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas pada saat pelat beton menyusut. Setengah panjang ruji polos harus dicat atau

dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada **Tabel 3.10**.

**Tabel 3. 9**Diameter Ruji

| No | Tebal pelat beton, h (mm) | Diameter ruji (mm) |
|----|---------------------------|--------------------|
| 1  | $125 < h < 140$           | 20                 |
| 2  | $140 < h < 160$           | 24                 |
| 3  | $160 < h < 190$           | 28                 |
| 4  | $190 < h < 220$           | 33                 |
| 5  | $220 < h < 250$           | 36                 |

Sumber : Bina Marga (PD T-14-2013)

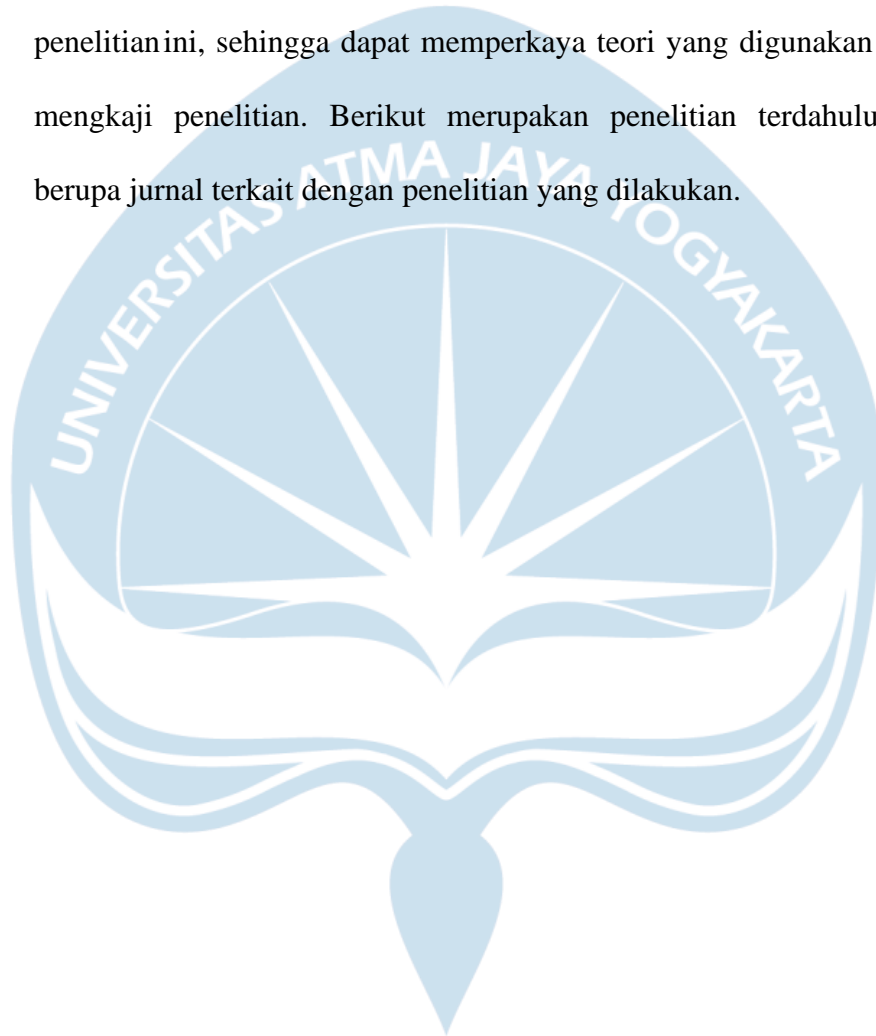
**Gambar 3. 3** Sambungan Susut Melintang dengan Ruji



Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.

### **3.12 Tinjauan Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian ini, sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang berupa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan.



**Tabel 3. 10** Persamaan dan Perbedaan dengan Penilaian Terdahulu

| No | Penelitian | Tahun | Judul   |  | Tujuan  | Metode                           | Hasil   |
|----|------------|-------|---|--|---|----------------------------------|---|
| 1. | Putri      | 2014  | Perencanaan perkerasan kaku dengan menggunakan beban actual kendaraan |  | - Menghitung tebal perkerasan kaku dengan beban overloading menggunakan metode AASHTO 1993, SNI PD-T14-2003 dan ROAD NOTE 29 serta membandingkan hasil dari metode tersebut | Bina Marga 2013 dan AASHTO 1993. | -Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2013, tebal perkerasan untuk jalan tol Solo- Ngawi menggunakan desain struktur perkerasan R4 (tabel 4.6) dengan tebal perkerasan beton 300 mm yang diperoleh dari analisa fatik dan erosi pada pedoman Pd T-14-2003 dan tebal Lapis Pondasi Agregat Kelas A sebesar 15 cm.<br>-Metode AASHTO didapatkan hasil tebal pelat beton 35,56 cm dengan menggunakan Lapis Pondasi LMC (Lean-Mix Concrete) 10 cm dan juga Lapis pondasi Agregat Kelas A 15 cm. |

|    |         |      |   |  |  |                             |  |
|----|---------|------|---|--|--|-----------------------------|--|
| 2. | Widagdo | 2015 | Analisis Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Pejagan-Pemalang |  | <p>-Menganalisa data yang digunakan untuk perancangan perkerasan pada Jalan Til Pejagan-Pemalang, seperti data volume lalu lintas harian rencana (VLHR), daya dukung tanah dasar (DDT), karakteristik material yang akan digunakan untuk penentuan tebal perkerasan yang dibutuhkan.</p> | Bina Marga dan AASHTO 1993. | <p>-Hasil perhitungan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Bina Marga didapatkan tebal pelat beton K450 adalah 29 cm, dilengkapi dengan lapisan <i>lean concrete</i> K125 setebal 10 cm, dan tanah dasar yang telah disiapkan dengan nilai <math>CBR \geq 6\%</math>.</p> <p>-Hasil perhitungan tebal perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993 didapatkan tebal pelat beton K450 dengan tebal 14 inch atau 35,56 cm, dilengkapi dengan lapisan <i>lean concrete</i> K125 setebal 10 cm, dan tanah dasar yang telah disiapkan dengan nilai <math>CBR \geq 6\%</math>.</p> |
|----|---------|------|---|--|--|-----------------------------|--|

|    |         |      |  |   |  |
|----|---------|------|--|---|--|
| 2. | Widagdo | 2015 | Analisis Tebal Perkerasan Kaku Jalan Tol Pejagan- Pemasang | -Menentukan tebal perkerasan yang dibutuhkan agar jalan mampu mendukung beban kendaraan sesuai dengan umur rencana yang telah ditentukan. | -Terdapat perbedaan hasil perhitungan tebal pelat beton sebesar 6,6 cm antara metode AASTHO 1993 dan metode BinaMarga. Hal ini disebabkan karena perbedaan konsep dasar perencanaan pada masing-masing metode.<br>-Tebal perkerasan berdasarkan gambar kontrak yang didapatkan di lapangan yaitu 32 cm. Ketebalan tersebut memenuhi syarat persyaratan tebal perkerasan kaku menggunakan metode Bina Marga, tetapi tidak memenuhi syarat ketebalan perkerasan kaku menggunakan metode AASHTO 1993. |
|----|---------|------|--|---|--|



|    |        |      |   |  |                 |   |
|----|--------|------|---|--|-----------------|---|
| 3. | Nikmah | 2013 | Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Purwodadi – Kudus Ruas 198 | Merencanakan perencanaan perkerasan kakujalan Purwodadi – Kudus dan menghitung rencana anggaran biaya serta <i>Time Schedule</i> , kurva S, dan network planning | Bina Marg a2013 | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan jenis perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.</li> <li>-Beton yang digunakan untuk struktur atas adalah K-300 dengan ketebalan 19 cm, disesuaikan dengan perhitungan perencanaan tebal perkerasan.</li> <li>-Pondasi bawah beton kurus menggunakan beton mutu K-125 dengan ketebalan 10 cm</li> <li>-Urugan pasir bawah pondasi menggunakan agregat kelat A dengan ketebalan rata – rata 5 cm menyesuaikan dengan kondisi existing jalan.</li> <li>-Tulangan memanjang : D-13 mm, jarak 200 mm</li> <li>-Tulangan melintang : D-13 mm, jarak 400 mm</li> <li>-Dowel (ruji) : D-25 mm, panjang 450 mm, jarak 300 mm</li> </ul> |
|----|--------|------|---|--|-----------------|---|