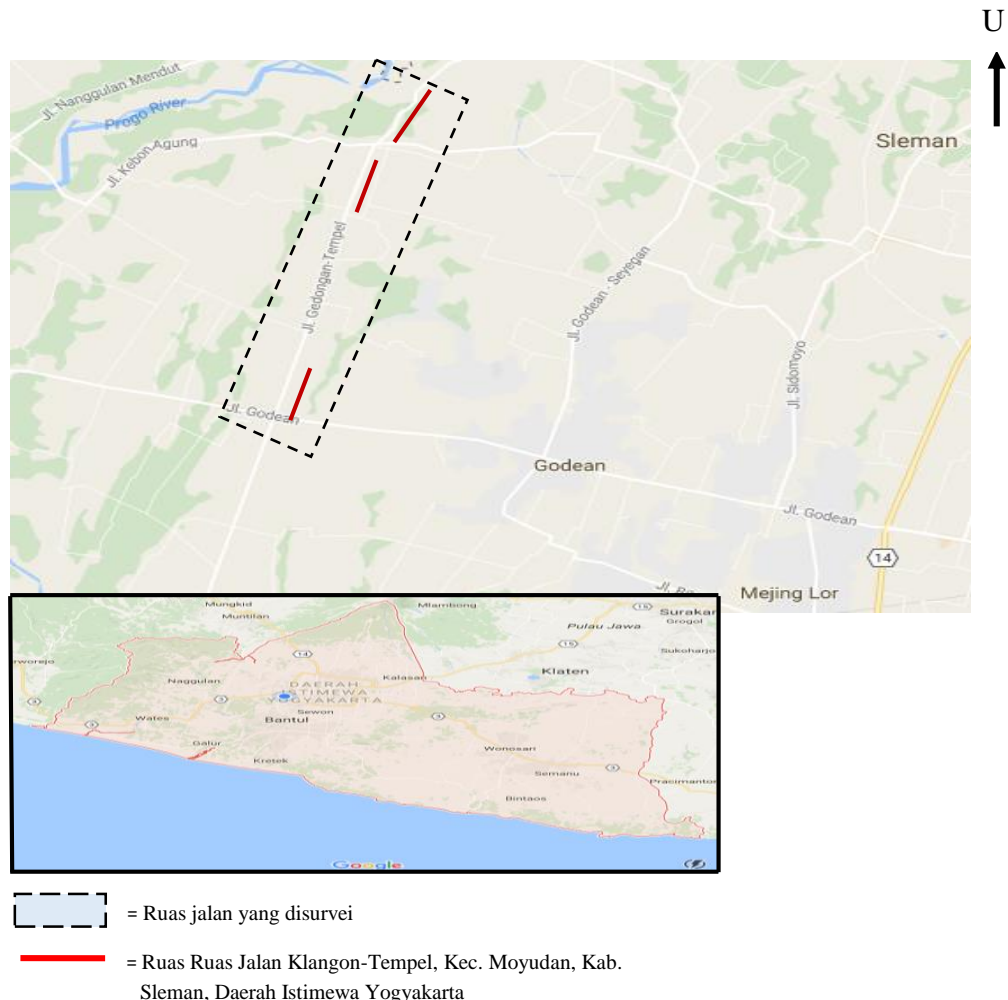


BAB IV METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini mengambil studi kasus pada ruas Jalan Klangon-Tempel, Kecamatan Moyudan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan ruas jalan yang menjadi topik penelitian sepanjang 2 km yang dimulai dari Km 21+000 sampai dengan Km 23+000. Penelitian dilakukan guna menganalisis struktur perkerasan akibat beban lalu lintas yang ada dan beban kendaraan yang melebihi kapasitas maksimum. Adapun detail lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1 Lokasi penelitian

Sumber: Google Maps

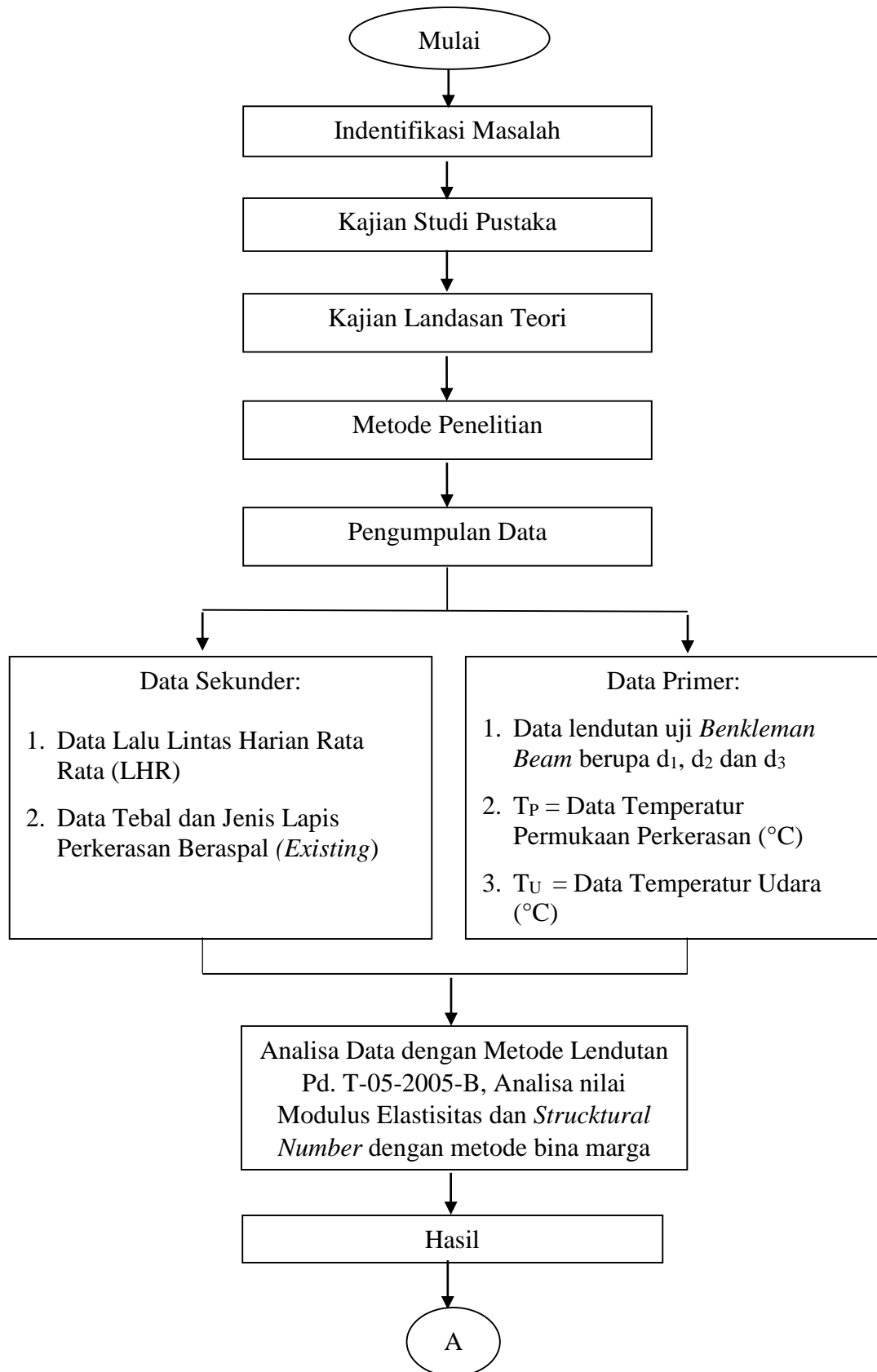
B. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dalam pelaksanaan penelitian terlebih dahulu dilakukan penyusunan rencana guna mendapatkan hasil yang relevan, keefektifan dan efisiensi pelaksanaan dalam penggunaan waktu penelitian. Adapun tahap persiapan sebelum dilakukannya pengumpulan data yang bersifat primer dan sekunder serta pengolahan data penelitian adalah sebagai berikut :

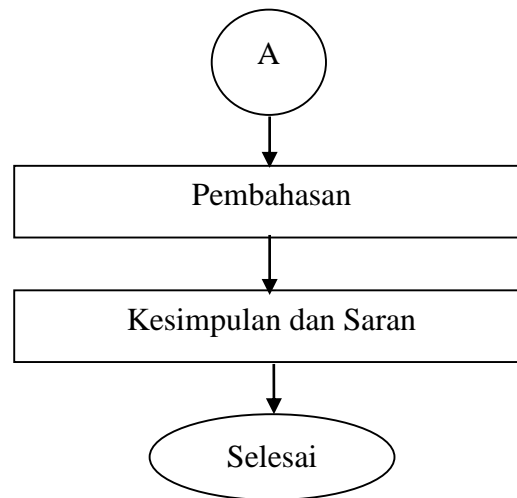
1. Pengamatan pendahuluan sebagai kerangka pikir guna mendapatkan gambaran mengenai penelitian yang akan dilaksanakan, adapun hal-hal yang harus diperhatikan yaitu berupa penentuan topik pengujian, melakukan kajian latar belakang dilakukannya penelitian, mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dan menentukan tujuan/maksud dilakukannya penelitian.
2. Kajian sudi pustaka guna proses evaluasi dan perencanaan, selain itu studi pustaka sebagai sumber referensi mengenai informasi materi atau teori-teori relevan yang berkaitan dengan topik penelitian dan menambah wawasan peneliti dalam pelaksanaan dan penulisan penelitian yang dilakukan.
3. Kajian landasan teori sebagai dasar teori topik penelitian, panduan pelaksanaan penelitian, panduan metode pemecahan masalah dan panduan analisis data penelitian agar didapatkan hasil penelitian yang relevan.
4. Menentukan kebutuhan data, adapun data yang dibutuhkan yaitu data-data yang berkaitan dengan topik penelitian. Data yang dibutuhkan berupa data yang bersifat primer dari pengujian langsung di lapangan dan sekunder yang berasal dari dinas/instansi terkait atau penelitian yang dilakukan sebelumnya, data-data tersebut merupakan data yang digunakan untuk analisis permasalahan yang terjadi serta guna mencapai tujuan dilakukannya penelitian.

C. Tahap Penelitian

Tahap penelitian pengujian lendutan pada perkerasan lentur pada ruas Jalan Argodadi, Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan alat *Benkleman Beam* (BB) dapat dijelaskan pada bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

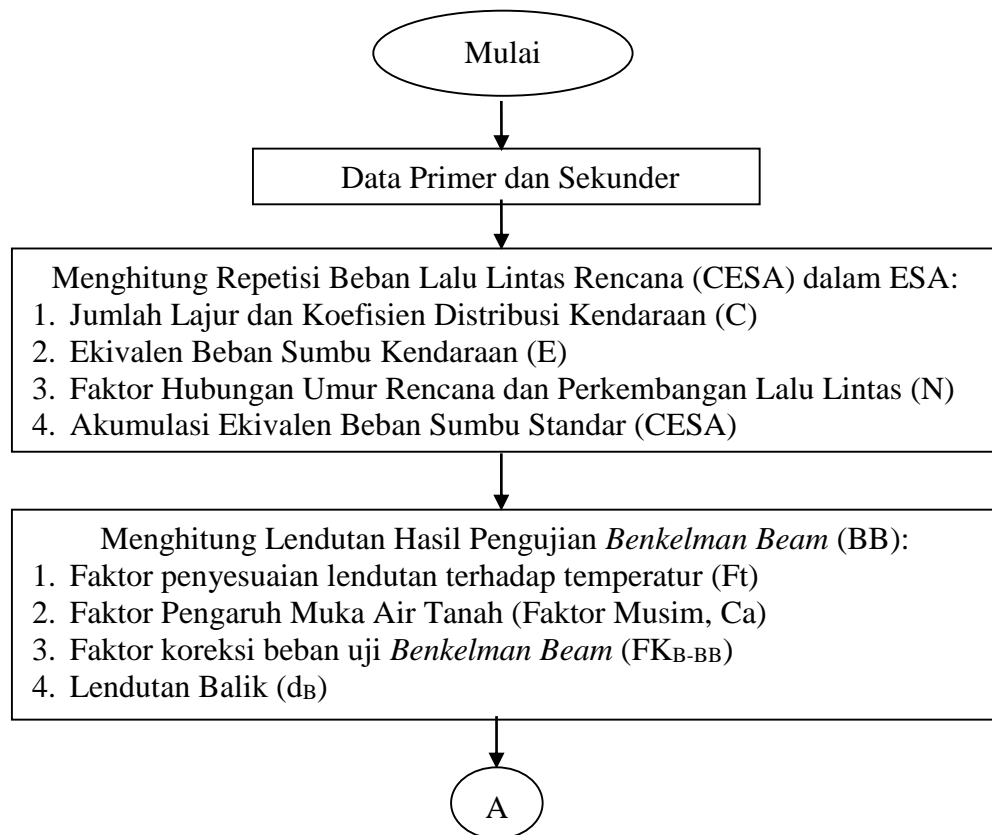


Gambar 4.2 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4.2 Lanjutan

Sementara pada tahap analisis hasil uji lendutan dengan alat *Benkelman Beam* pada perkerasan lentur untuk menentukan tebal lapis tambahan (*overlay*) pada Ruas Jalan Kelangon-Tempel menggunakan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B (BB) dapat dijelaskan pada bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bagan Alir Analisa Data dengan Metode Lendutan Pd. T-05-2005-B



Gambar 4.3 Lanjutan

D. Waktu Penelitian

Survei lapangan dilaksanakan ketika memasuki puncak musim penghujan, yaitu pada tanggal 19-20 April 2017. Pertimbangan yang diambil ketika menentukan hari dan jam survei di lapangan berdasarkan volume lalu lintas, aktivitas/kondisi disekitar lokasi survei dan kondisi alam atau cuaca guna memastikan survei di lapangan dapat dilaksanakan dengan lancar dan terkendali.

E. Metode Pengumpulan Data

Data merupakan faktor utama yang guna dalam penyelesaian dan keberhasilan suatu penelitian. Di dalam sebuah penelitian dibutuhkan adanya data yang akurat guna mendukung dalam penyelesaian penelitian, baik itu berupa data

utama yang bersifat primer yang didapat dari hasil pengujian atau survei lapangan, selain itu data pendukung yang bersifat sekunder yang didapat dari instansi atau dinas terkait. Adapun penjelasan terperinci mengenai data yang dibutuhkan dalam penyelesaian penelitian mengenai analisis struktur perkerasan menggunakan Metode Lendutan dengan alat *Benkelman Beam* (BB) yaitu sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer yang digunakan berdasarkan hasil pengujian atau survei lapangan antara lain sebagai berikut:

a. Data Lendutan

Data lendutan berupa:

1. d_1 = lendutan pada saat pembacaan sebagai pembacaan awal.
2. d_2 = lendutan pada saat beban perlahan-lahan maju ke depan sampai batas 40 cm.
3. d_3 = lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran.

Data-data lendutan tersebut adalah data yang diperoleh sebagai hasil dari pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan alat *Benkelman Beam* (BB).

b. Data Temperatur

Data temperatur diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat pengukur suhu/*thermometer* pada saat pengujian lendutan, adapun data temperatur yang diperoleh yaitu berupa:

- 1) T_P = Data Temperatur Permukaan Perkerasan ($^{\circ}\text{C}$)
- 2) T_U = Data Temperatur Udara ($^{\circ}\text{C}$)

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan merupakan data pendukung yang diperoleh dari instansi atau dinas yang terkait, adapun data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) pada ruas jalan yang menjadi studi kasus tersebut diperoleh dari Dinas Bina Marga Provinsi, Daerah Istimewa Yogyakarta.

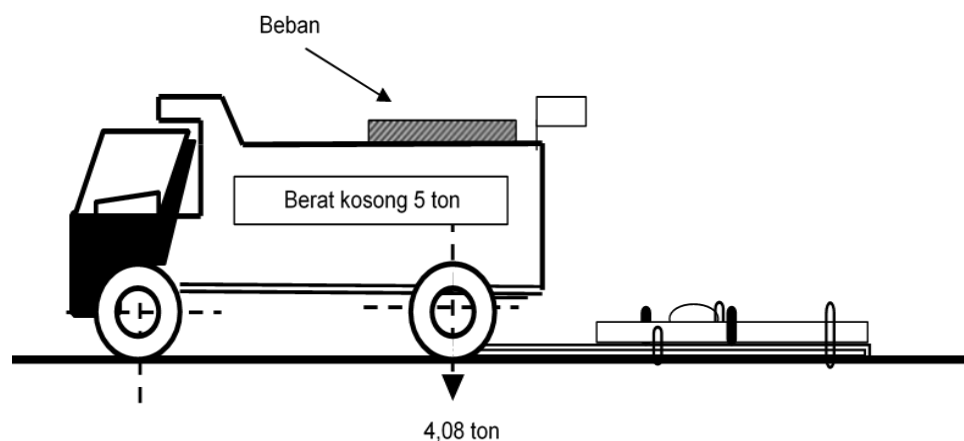
- b. Data Tebal dan Jenis Lapis Perkerasan Beraspal (*Existing*). Data tersebut diperoleh dari Dinas Bina Marga Provinsi, Daerah Istimewa Yogyakarta. (Devisi Jalan) Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

F. Peralatan dan Tata Cara Pemakaian Alat *Benkelman Beam*

1. Adapun alat yang digunakan guna mendukung pengambilan data primer dilapangan sesuai pedoman cara uji lendutan perkerasan lentur dengan alat *Benkelman Beam* (SNI 2416:2011) diantaranya adalah:

- a. Truk dengan spesifikasi standar

Truk dengan spesifikasi standar yang dimaksud adalah truk dengan berat kosong truk ($5 \pm 0,1$) ton, dengan jumlah as 2 buah, dengan roda belakang ganda, beban masing-masing roda belakang ganda ($4,08 \pm 0,045$) ton atau beban gandar 8,16 ton, ban dalam kondisi baik dan dari jenis kembang halus (zig-zag) dengan ukuran: 25,4 cm x 50,8 cm atau 10 inci x 20 inci, 12 ply, tekanan angin ban ($5,5 \pm 0,07$) kg/cm² atau (80 ± 1) psi dan jarak sisi antara kedua bidang kontak ban pada permukaan jalan antara 10 cm sampai dengan 15 cm.



Gambar 4.4 Spesifikasi Truk Standar

Sumber: SNI 2416:2011

- b. Alat timbang

Alat timbang muatan praktis yang dapat dibawa-bawa (*portable weigh bridge*), kapasitas 10 ton, dengan ketelitian 0,001 ton.

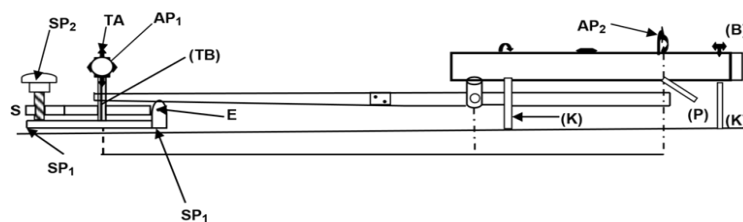
c. Alat *Benkelman Beam*

Terdiri dari dua batang dengan panjang total $(366 \pm 0,16)$ cm, yang terbagi menjadi dua bagian dengan perbandingan 1 : 2 oleh sumbu O dengan perlengkapan sebagai berikut:

- 1) Arloji pengukur (*dial gauge*) berskala mm dengan ketelitian 0,025 mm atau dengan ketelitian yang lebih baik.
- 2) Alat penggetar (*buzzer*).
- 3) Alat pendatar (*waterpass*).

d. Alat penyetal *Benkelman Beam* yang terdiri dari:

- 1) Pelat landasan (L) untuk landasan pelat penyetal dan tiang arloji pengukur.
- 2) Pelat penyetal (T) yang dapat turun naik pada salah satu sisi (S).
- 3) Engsel (E) untuk menghubungkan pelat landasan (L) dan pelat penyetal (T).
- 4) Sekrup pengatur (SP1) untuk mengatur pelat landasan (L) dalam kedudukan yang stabil.
- 5) Sekrup pengatur (SP2), untuk menggerakkan pelat penyetal (T) turun naik padabagian sisi (S), yang dihubungkan oleh engsel (E).
- 6) Tiang (TA), untuk kedudukan arloji pengukur alat penyetal.
- 7) Arloji pengukur alat penyetal (AP1).



Gambar 4.5 Alat Benkleman Beam

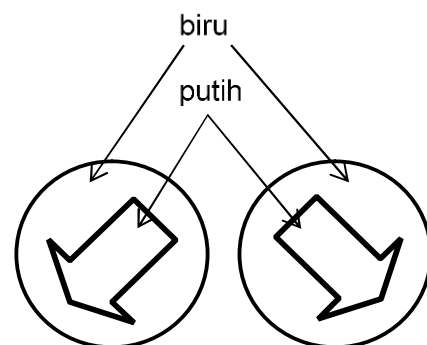
Sumber: SNI 2416:2011

- e. Pengukur tekanan angin yang dapat mengukur tekanan $5,5 \text{ kg/cm}^2$ dengan ketelitian $0,01 \text{ kg/cm}^2$ atau 80 psi dengan ketelitian 1 psi.
- f. Peralatan pengukur temperatur yang terdiri dari:
 - 1) Termometer udara dan termometer permukaan dengan kapasitas 80°C , dan dengan ketelitian 1°C .

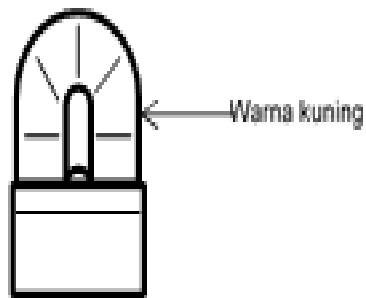
- 2) Alat-alat penggali sederhana berupa pahat dan palu.
 - 3) Payung atau alat pelindung lainnya terhadap sinar matahari.
- g. Rolmeter 3 m dan 30 m.
- h. Formulir-formulir lapangan dan *handboard*.
- i. Perlengkapan keamanan bagi petugas survei dan tempat pengujian. (Gambar 4.6) sebagai berikut :
- 1) Tanda batas kecepatan lalu lintas pada saat melewati tempat pengujian ditempatkan lebih kurang 50 m di depan dan di belakang truk.
 - 2) Lampu tanda peringatan.
 - 3) Bendera yang selalu dipasang pada truk selama pengujian.
 - 4) Tanda pengenal pada kain yang dipasang pada truk di bagian depan dan bagianbelakang.
 - 5) Tanda pengamanan lalu lintas yang dipegang oleh petugas (tanda “STOP/JALAN”).
 - 6) Pakaian khusus petugas yang warnanya dapat dengan mudah dilihat oleh pengendara lalu lintas (misalnya pakaian berwarna kuning).
 - 7) Kamera untuk foto dokumentasi.



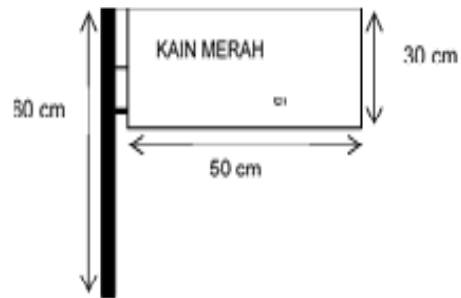
a. Rambu lalu lintas



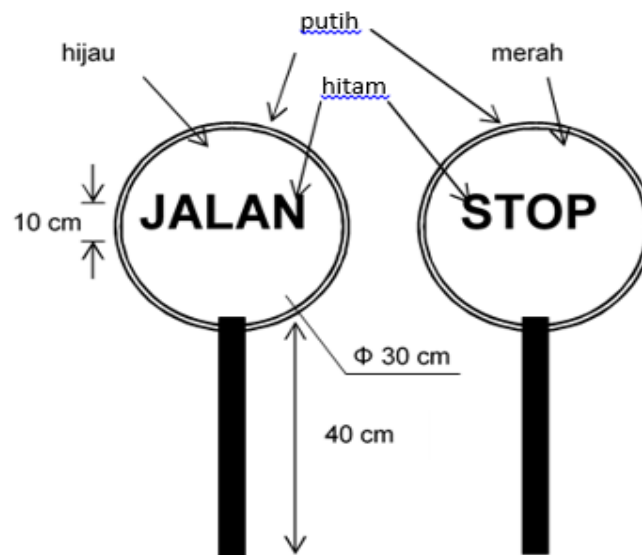
b. Tanda petunjuk jalur lalu lintas



c. lampu tanda peringatan



d. Bendera peringatan



e. Rambu lalu lintas

Gambar 4.6 Perlengkapan Keamanan

Sumber : SNI 2416:2011

2. Personil

Personil yang diperlukan pada saat pengujian di lapangan adalah:

- Satu orang petugas pengamanan lalu lintas.
- Satu orang pengemudi truk.
- Dua orang operator alat *Benkelman Beam*.
- Satu orang pencatat temperatur dan tebal lapisan beraspal.

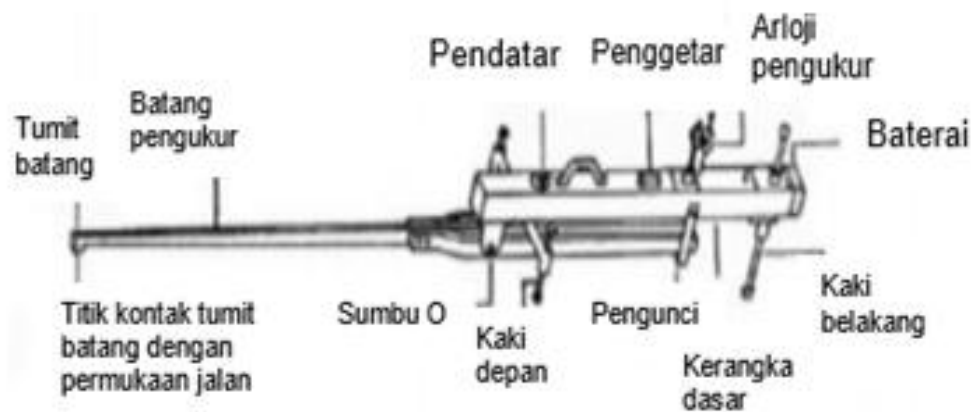
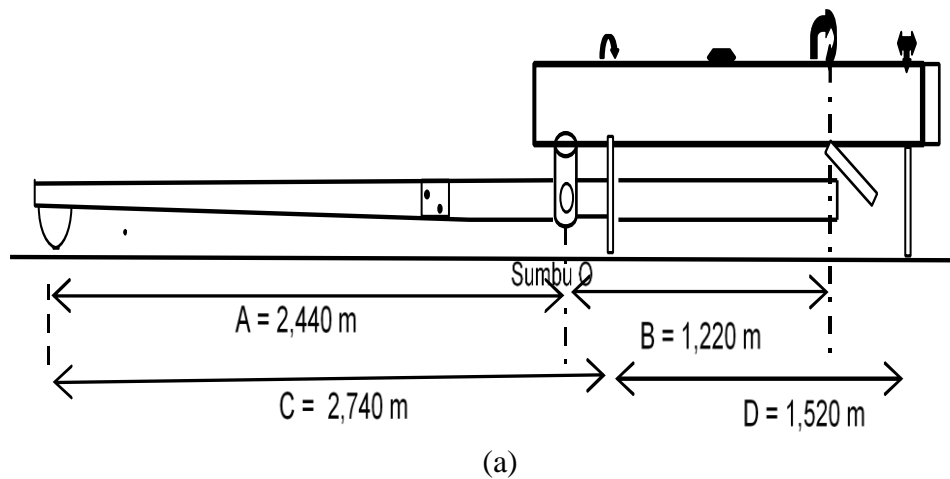
3. Cara mengukur ketelitian

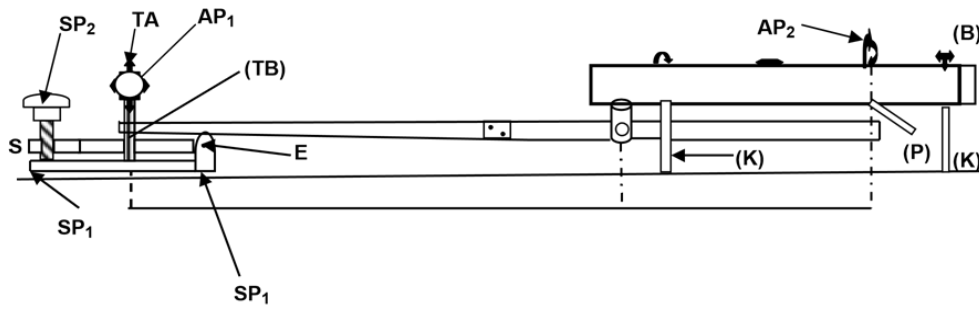
Cara mengukur ketelitian (lihat Gambar 4.7 dan 4.8), adalah sebagai berikut:

- a. Dengan batang pengukur dalam keadaan terkunci, letakkan *Benkelman Beam* pada bidang yang datar, kokoh dan rata, misalnya pada tanah.
- b. Mengatur kaki (K) sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar.
- c. Menempatkan alat penyetel dalam bidang yang sama dan atur sehingga alat penyetel berada di bawah tumit batang (TB) dari batang pengukur, kemudian atur landasan hingga datar.
- d. Selanjutnya dilepaskan pengunci (P) atau batang pengukur dan turunkan ujung batang perlahan-lahan hingga tumit batang terletak pada pelat penyetel (T).
- e. Setelah langkah di atas selanjutnya mengatur arloji pengukur (AP2) *Benkelman Beam* padaudukannya hingga batang ujung arloji pengukur bersinggungan dengan bagian belakang batang pengukur, lalu dikunci dengan erat.
- f. Selanjutnya diatur arloji pengukur alat penyetel (AP1) padaudukannya hingga ujung batang arloji pengukur bersinggungan dengan batang pengukur tepat di atas tumit batang (TB), kemudian dikunci dengan erat.
- g. Selanjutnya mengatur kedudukan batang arloji pengukur *Benkelman Beam* dan batang arloji alat penyetel sehingga batang arloji bisa bergerak ± 5 mm.
- h. Setelah langkah (g) dilakukan langkah selanjutnya ialah mengatur kedua jarum arloji pengukur pada angka nol.
- i. Langkah selanjutnya adalah menghidupkan alat penggetar (B), kemudian turunkan pelat penyetel dengan memutar sekrup pengatur (SP2), sehingga jarum arloji pengukur alat penyetel menunjukkan penurunan batang arloji pengukur 0,25 mm, catat pembacaan kedua arloji pengukur pada formulir yang telah tersedia.
- j. Kemudian lakukan seperti langkah i, berturut-turut pada setiap penurunan batang arloji pengukur 0,25 mm sampai mencapai penurunan 2,50 mm, catat pembacaan kedua arloji pengukur pada formulir yang telah tersedia.
- k. Dalam keadaan kedudukan terakhir seperti langkah j, dinaikkan pelat penyetel berturut-turut pada setiap kenaikan batang arloji pengukur 0,25

mm, sampai mencapai kenaikan 2,50 mm (tumit batang kembali pada kedudukan semula).

- l. Jika hasil pembacaan arloji pengukur *Benkelman Beam*, berbeda dengan hasil pembacaan pada arloji pengukur alat penyetel, berarti ada kemungkinan kesalahan pada alat, seperti gesekan pada sumbu yang terlalu besar atau pengunci sumbu yang terlalu longgar;
- m.
- n. Jika ada selisih pada seperti dijelaskan di langkah l, sama atau lebih kecil 0,05 mm maka alat masih dianggap baik, tetapi jika lebih besar dari 0,05 mm maka alat tersebut perlu diperiksa dan diperbaiki.





(c)

Keterangan:

K = Kaki *Benkelaman Beam*

P = Pengunci

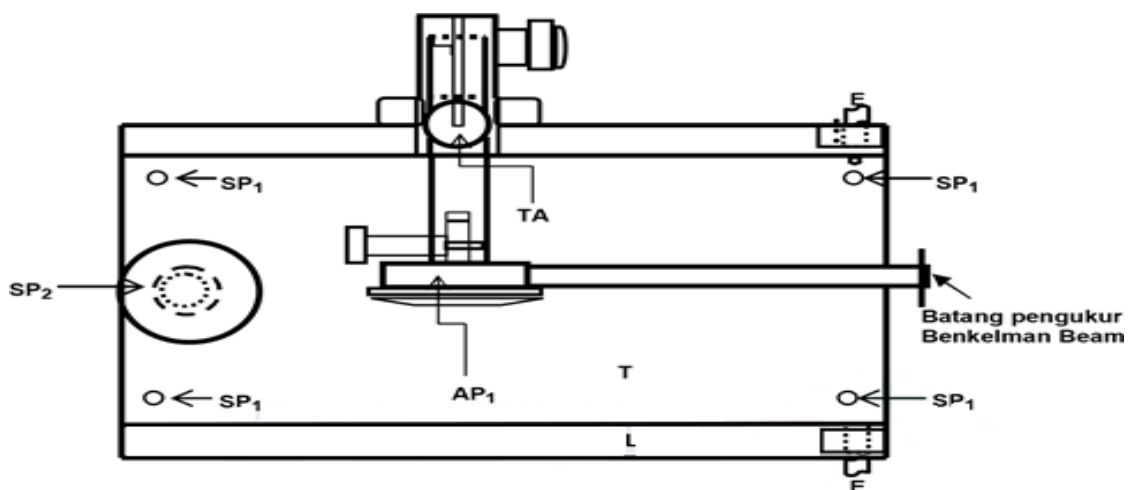
TB = Tumit batang pengukur

SP₂ = Arlogi pengukur *Benkleman Beam*

B = Stop kontak penggetar

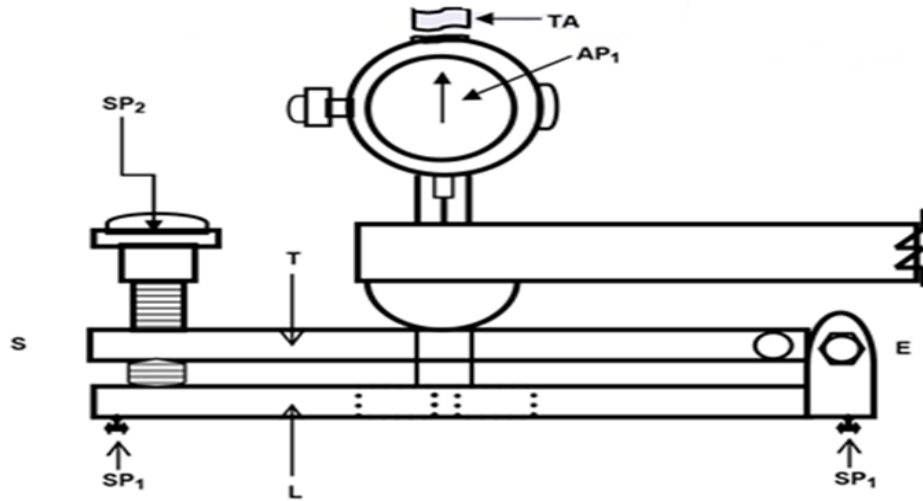
Gambar 4.7 Alat *Benkleman Beam*

Sumber: SNI 2416:2011



a. Tampak atas

Gambar 4.8 Alat Penyetel *Benkleman Beam*



b. tampak samping

Keterangan:

L = Pelat Landasan

T = Pelat Penyetel

SP1 = Sekrup pengatur pelat landasan (L)

SP2 = Sekrup pengatur pelat penyetel (T)

TA = Tiang dudukan arloji pengukur alat penyetel

AP1 = Arloji pengukur

E = Engsel

S = Bagian sisi pelat penyetel yang dapat turun naik

Gambar 4.8 Lanjutan Alat Penyetel *Benkelman Beam*

4. Pengukuran lendutan

Terdapat tiga jenis pengukuran lendutan yang dilakukan yaitu pengukuran lendutan balik maksimum, lendutan balik titik belok dan cekung lendutan. Dalam penempatan tumit batang dan kaki-kaki *Benkelman Beam*, dihindari titik yang telah mengalami kerusakan permukaan jalan seperti pelelehan aspal (*bleeding*) atau retak (*cracking*) dan dalam melaksanakan pengukuran lendutan,

temperatur permukaan jalan harus lebih rendah atau sama dengan 40°C. Adapun cara pengukuran tiga jenis lendutan tersebut adalah:

a. Pengukuran lendutan balik maksimum

- 1) Menentukan titik pengujian jalan tanpa median atau dengan median atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Menentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda plus (+) dengan kapur tulis.
- 3) Menentukan salah satu ban ganda pada titik yang akan diuji tersebut, apabila yang diuji ada disebelah kiri sebuah jalur maka yang dipusatkan adalah ban ganda kiri, apabila yang akan diuji adalah kiri dan kanan pada suatu jalur maka yang dipusatkan pada titik-titik yang telah ditetapkan tersebut ialah ban ganda kiri dan ban ganda kanan.
- 4) Langkah selanjutnya meletakkan tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* di tengah-tengah ban ganda tersebut, sehingga tepat di bawah pusat muatan sumbu gandar, dan batang *Benkelman Beam* masih dalam keadaan terkunci.
- 5) Setelah langkah di atas dilakukan selanjutnya mengatur ketiga kaki sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar (*waterpass*).
- 6) Selanjutnya lepaskan kunci *Benkelman Beam*, sehingga batang *Benkelman Beam* dapat digerakkan turun naik.
- 7) Kemudian langkah selanjutnya mengatur batang arloji pengukur sehingga menyinggung dengan bagian atas dari batang belakang.
- 8) Setelah jarum arloji pengukur stabil, atur jarum pada angka nol, sehingga kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, dicatat pembacaan ini sebagai pembacaan awal.
- 9) Setelah langkah di atas dilakukan selanjutnya menjalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 6 m. Setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, dicatat pembacaan ini sebagai pembacaan akhir.

- 10) Selanjutnya mengukur temperatur permukaan jalan (t_p) dan temperatur udara (t_u) pada tiap titik pengujian, temperatur tengah (t_t) dan temperatur bawah (t_b) bila perlu dicatat setiap dua jam.

b. Pengukuran lendutan balik titik belok

- 1) Menentukan titik pengujian jalan tanpa median atau dengan median, sama dengan cara mengukur lendutan balik maksimum atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Menentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda plus (+) dengan kapur tulis.
- 3) Menentukan salah satu ban ganda pada titik yang akan di uji, apabila yang diuji sebelah kiri sebuah jalan maka yang dipusatkan ialah ban ganda kiri, apabila yang diuji adalah kiri dan kanan pada suatu jalur maka yang dipusatkan pada titik yang telah ditetapkan tersebut ialah ban ganda kiri dan ban ganda kanan.
- 4) Langkah selanjutnya meletakkan Tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* di tengah-tengah ban ganda tersebut, sehingga tepat di bawah pusat muatan sumbu ganda dan batang *Benkelman Beam* sejajar dengan arah truk, dengan *Benkelman Beam* masih dalam keadaan terkunci.
- 5) Setelah langkah di atas dilakukan selanjutnya mengatur ketiga kaki sehingga *Benkelman Beam* dalam keadaan datar dengan *waterpass*.
- 6) Selanjutnya dilepaskan kunci *Benkelman Beam*, sehingga batang *Benkelman Beam* dapat digerakkan turun naik.
- 7) Kemudian langkah selanjutnya mengatur batang arloji pengukur sehingga bersinggungan dengan bagian atas dari batang belakang.
- 8) Setelah jarum arloji pengukur stabil, atur jarum pada angka nol sehingga kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, dicatat pembacaan ini sebagai pembacaan awal.
- 9) Setelah langkah di atas dilakukan selanjutnya menjalankan truk perlahan-lahan maju ke depan dengan kecepatan maksimum 5 km/jam sejauh 0,30 m untuk penetrasi asbuton dan laburan, sejauh 0,40 m untuk beton aspal. Setelah truk berhenti, arloji pengukur dibaca setiap menit, sampai

kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 (tiga) menit, dicatat pembacaan ini sebagai pembacaan antara.

- 10) Selanjutnya mengukur temperatur permukaan jalan (t_p) dan temperatur udara (t_u) tiap titik pengujian, temperatur tengah (t_t) dan temperatur bawah (t_b) bila perlu dicatat setiap 2 (dua) jam.

c. Pengukuran cekung lendutan

- 1) Menentukan titik pengujian, pengujian pada umumnya dilakukan pada titik-titik lendutan balik yang memerlukan data tambahan, atau disesuaikan dengan kebutuhan.
- 2) Menentukan titik pada permukaan jalan yang akan diuji dan diberi tanda (+) dengan kapurtulis.
- 3) Selanjutnya menjalankan truk ke arah depan sejauh 6 m dari titik yang akan diuji.
- 4) Selanjutnya diletakkan tumit batang (*beam toe*) *Benkelman Beam* pada titik yang akan diuji kemudian:
 - a) diperiksa kedudukan batang sehingga as jalan dan kaki batang terletak pada landasan yang stabil.
 - b) mengatur jarum arloji pengukur pada angka nol.
- 5) Setelah langkah di atas dilakukan pada langkah ke 3 dilakukan pembacaan. Pembacaan arloji pengukur dilakukan setiap menit, sampai kecepatan perubahan jarum lebih kecil atau sama dengan 0,025 mm/menit atau setelah 3 menit, dicatat pembacaan ini sebagai pembacaan lendutan maksimum.
- 6) Diperiksa dan dicatat tebal lapis permukaan, serta data lain yang diperlukan.

5. Pengukuran temperature

Maksud pengukuran temperatur adalah untuk mencari faktor koreksi penyesuaian temperatur terhadap temperatur standar 35°C. Pengukuran dapat dilakukan terhadap:

- a. Temperatur udara (t_u) dan temperatur permukaan (t_p), dengan menggunakan Tabel Temperatur Tengah (T_t) dan Bawah (T_b) Lapis Beraspal Berdasarkan

Data Temperatur Udara (T_u) dan Temperatur Permukaan pada SNI 2416:2011 akan diperoleh temperatur tengah (t_t) dan temperatur bawah (t_b);

- b. Temperatur udara (t_u), temperatur permukaan (t_p), temperatur tengah (t_t) dan temperatur bawah (t_b).

Cara yang umum dipergunakan adalah cara pada poin a sedangkan cara pada poin b dapat digunakan untuk tujuan penelitian, dalam mencari faktor penyesuaian temperatur, diperlukan juga tebal dan jenis konstruksi lapis permukaan yang sekaligus dilakukan bersama-sama dengan pengukuran temperatur. Temperatur lapis permukaan (T_L) dihitung dengan persamaan:

$$T_L = 1/3 (t_p + t_t + t_b) \dots\dots\dots (3.1)$$

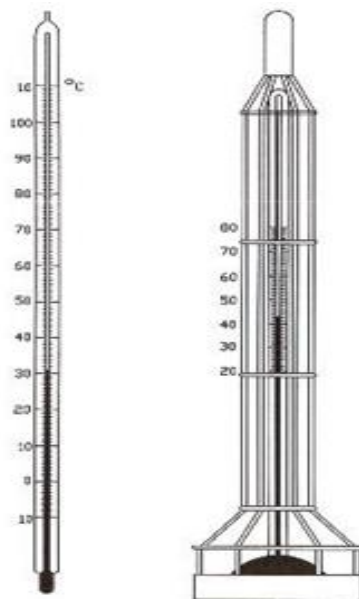
Keterangan:

T_L = temperatur lapis permukaan ($^{\circ}\text{C}$)

t_p = temperatur permukaan ($^{\circ}\text{C}$)

t_t = temperatur tengah ($^{\circ}\text{C}$)

t_b = temperatur bawah ($^{\circ}\text{C}$)



Gambar 4.9 Termometer Udara, Termometer Permukaan

Sumber: SNI 2416:2011

G. Analisis Data

Dalam pengujian lendutan perkerasan lentur dengan alat *Benkleman Beam* di lapangan dilaksanakan sesuai dengan cara uji lendutan perkerasan lentur dengan alat *Benkleman Beam* SNI 2416:2011.

1. Tata cara perhitungan volume lalu lintas menggunakan metode survei *traffic counting* sesuai formulir dalam MKJI 1997.
2. Perencanaan tebal lapis tambah perkerasan lentur dengan metode lendutan Pd. T-05-2005-B yang diterbitkan oleh Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.
3. Perhitungan nilai structural number dan modulus elastisitas dengan pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur Pt T- 01-2002-B yang mengacu dengan metode ASSHTO(1993).