

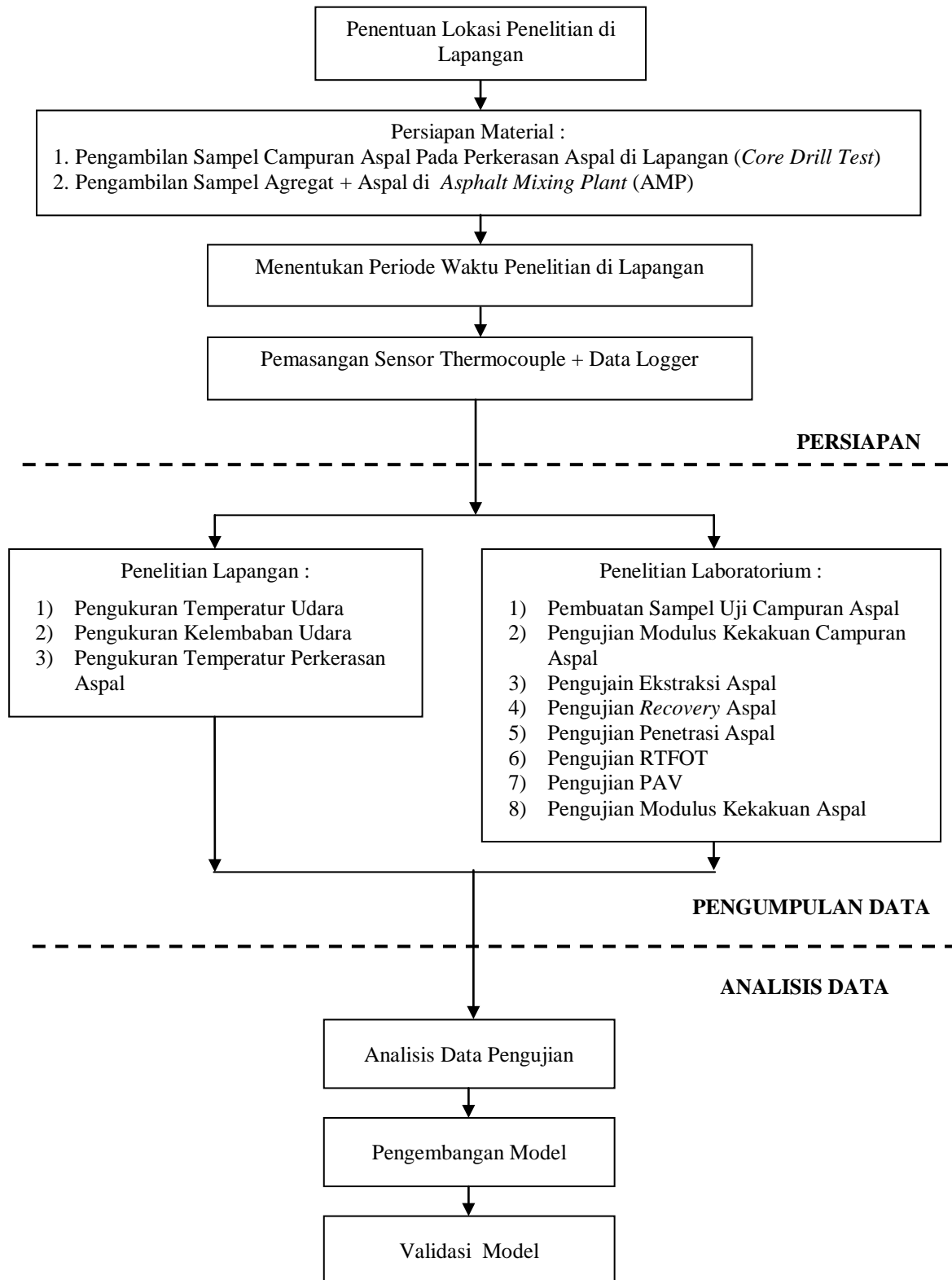
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

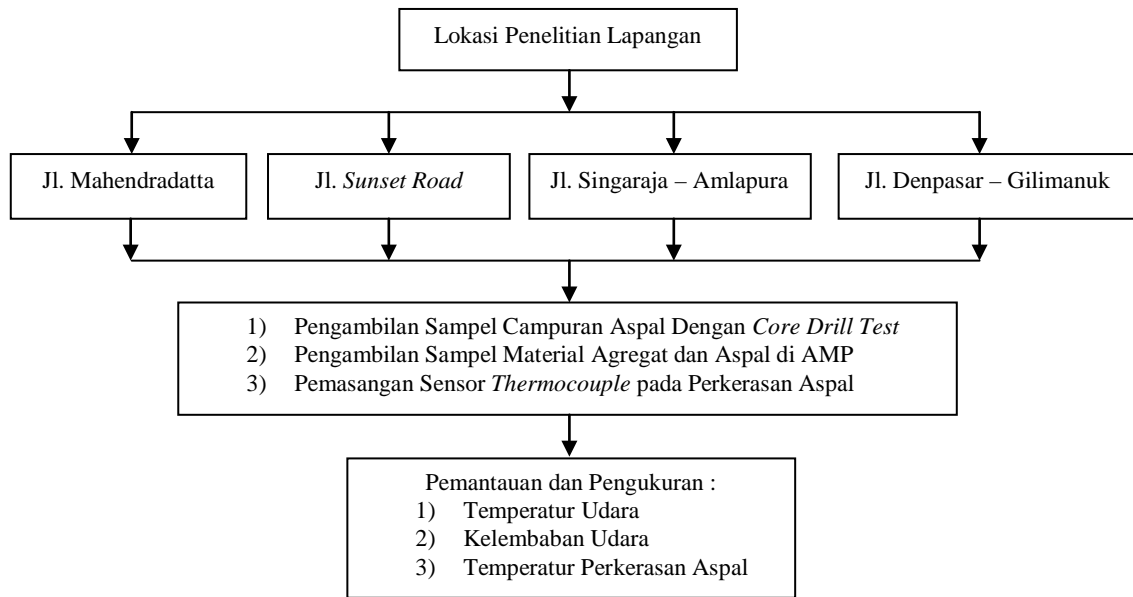
Secara garis besar tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini diilustrasikan dalam diagram alir yang diperlihatkan pada Gambar 3.1. Untuk menjamin hasil penelitian yang diperoleh bersifat obyektif dan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya secara ilmiah, secara ringkas tahapan-tahapan penelitian meliputi : persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian yang meliputi penelitian di lapangan dan penelitian di laboratorium beserta kompilasi datanya, analisis data dan perumusan hasil. Detail tahapan penelitian, secara ringkas diuraikan sebagai berikut:

- 1) Menentukan lokasi penelitian di lapangan.
- 2) Menentukan metode mengukur temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal.
- 3) Mempersiapkan material pengujian yaitu:
 - (1) Melakukan pengambilan sampel campuran aspal pada perkerasan aspal di lapangan dengan *core drill test*.
 - (2) Melakukan pengambilan sampel agregat dan aspal di Asphalt Mixing Plant (AMP).
- 4) Menentukan periode waktu pelaksanaan penelitian di lapangan.
- 5) Melakukan pemasangan alat *thermocouple* + data *logger*.
- 6) Melakukan penelitian lapangan:
 - (1) Melakukan pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara.
 - (2) Melakukan pengukuran temperatur perkerasan aspal.
- 7) Melakukan penelitian laboratorium:
 - (1) Membuat sampel uji campuran aspal berdasarkan rancangan campuran kerja (RCK).
 - (2) Melakukan pengujian modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dengan alat UMATTA.
 - (3) Melakukan pengujian ekstraksi dan *recovery* aspal dari sampel uji campuran aspal di laboratorium dan campuran aspal hasil *core drill* di lapangan.
 - (4) Melakukan pengujian aspal : penetrasi, RTFO) dan PAV.
 - (5) Melakukan pengujian modulus kekakuan aspal (S_b) dengan alat DSR.
- 8) Melakukan analisis data pengujian.
- 9) Melakukan pengembangan model.
- 10) Melakukan validasi model.

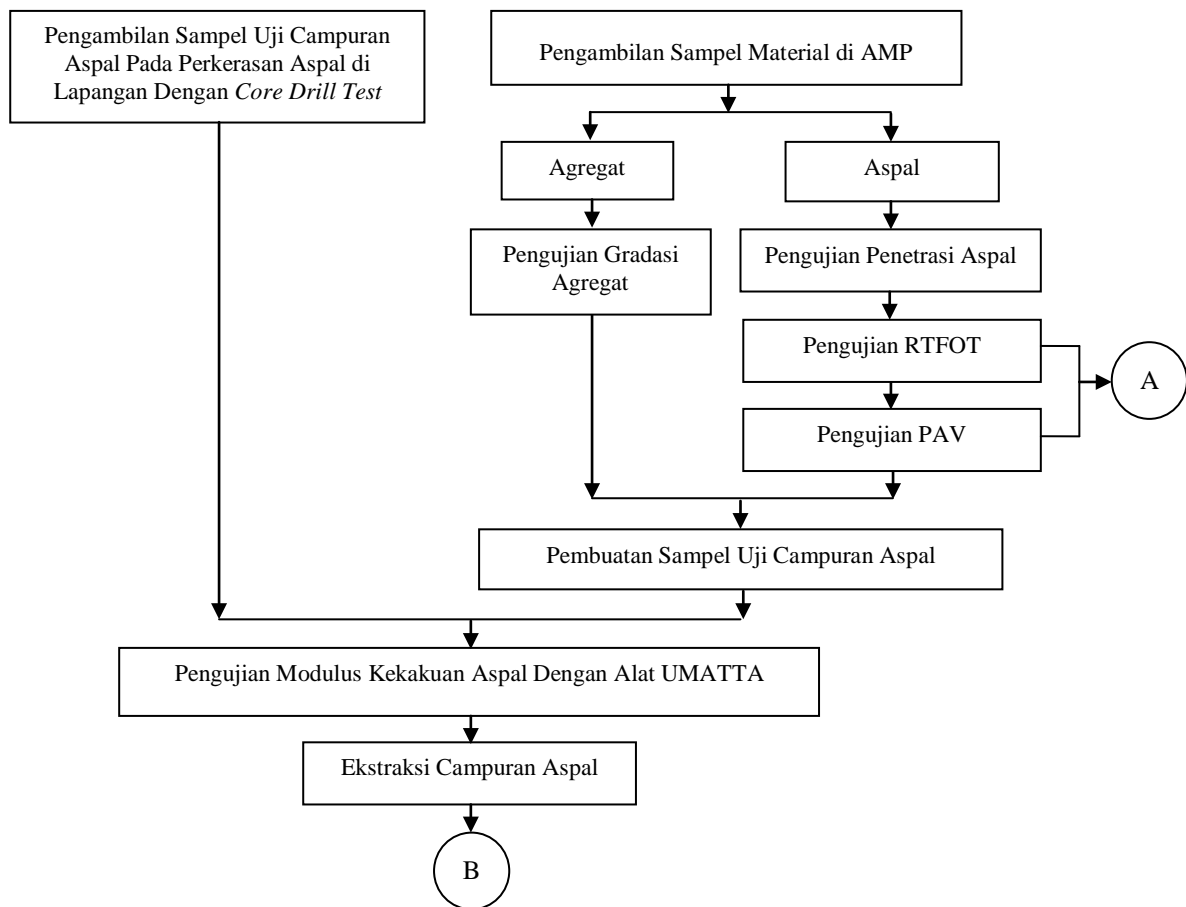


Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

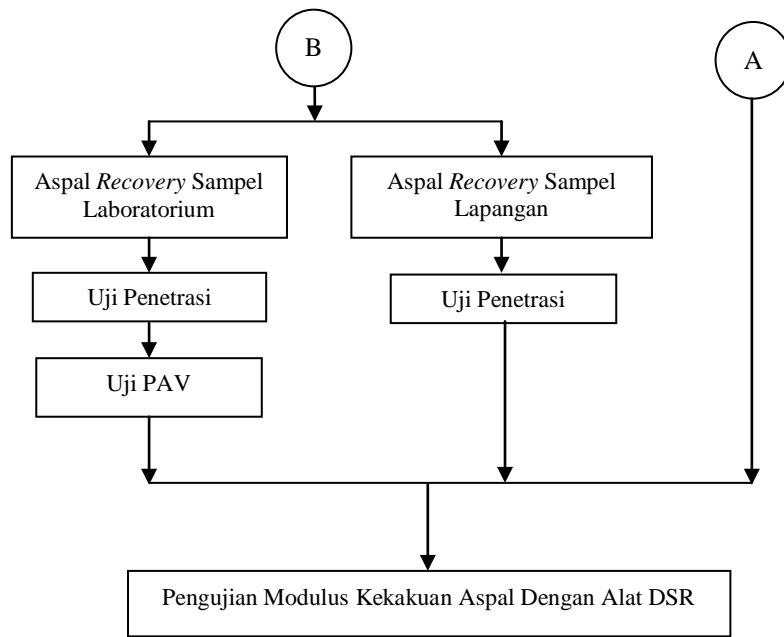
Detail tahapan pengumpulan data penelitian di lapangan dan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Untuk analisis pengembangan model dan faktor penyesuaian dijabarkan dalam Gambar 3.4.



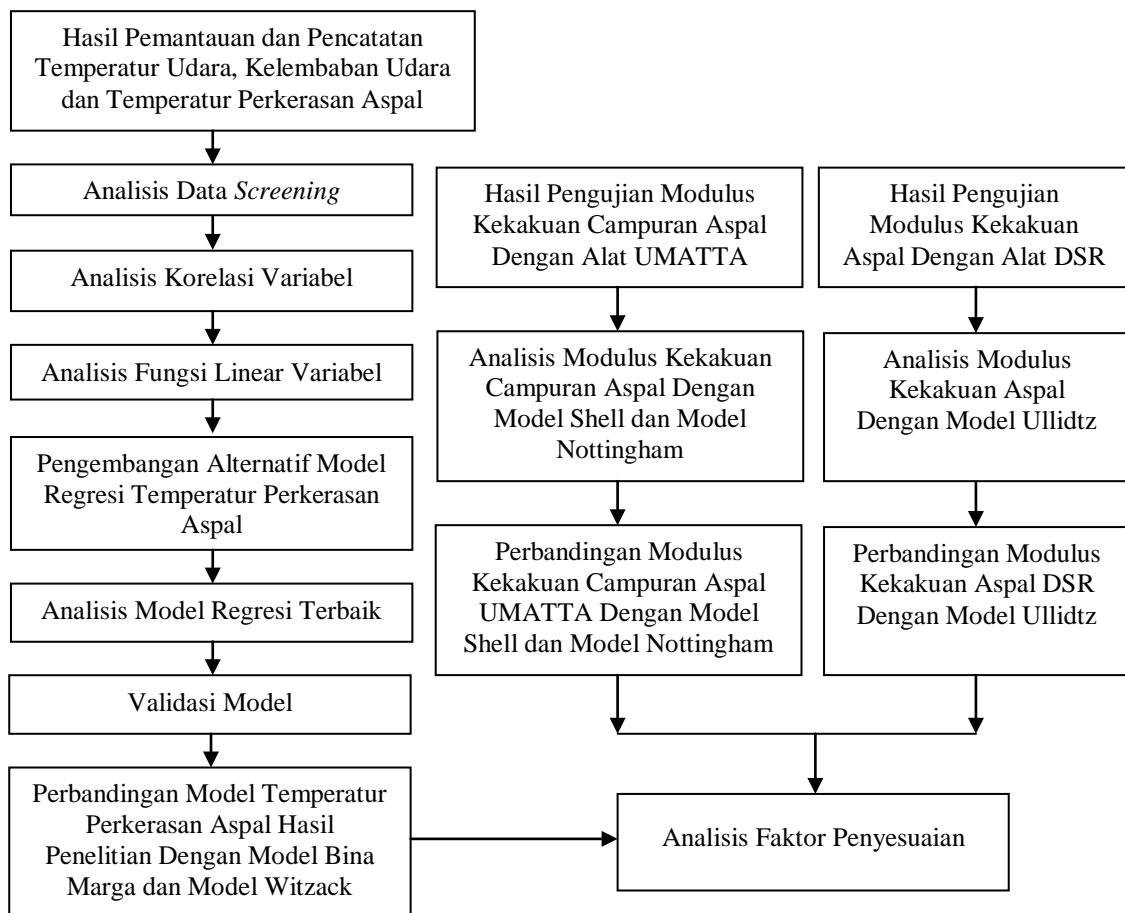
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian di Lapangan



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian di Laboratorium



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian di Laboratorium (Lanjutan)



Gambar 3.4. Diagram Alir Pengembangan Model dan Faktor Penyesuaian

3.2 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian mencakup:

- 1) Pemilihan dan penetapan lokasi penelitian, baik untuk penelitian di lapangan maupun di laboratorium.
- 2) Penentuan metode pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal.
- 3) Pengambilan sampel campuran aspal di lapangan.
- 4) Pengambilan sampel agregat dan aspal di *Asphalt Mixing Plant* (AMP).
- 5) Menentukan periode waktu pengukuran temperatur udara, kelembaban udara, temperatur perkerasan aspal di lapangan.

3.2.1 Lokasi Penelitian

Wilayah Indonesia yang terletak pada lintang 6° LU – 11° LS dan membujur dari 95° BT – 141° BT sehingga berada pada zona iklim tropis. Dengan luasnya wilayah tersebut, sehingga perlu dilakukan pembatasan lokasi penelitian. Seperti disampaikan pada bab pendahuluan, penelitian mengambil lokasi di wilayah Pulau Bali sebagai lokasi awal dan kedepannya dapat dikembangkan pada wilayah-wilayah lainnya di Indonesia. Pemilihan lokasi ini dengan pertimbangan utama adalah temperatur perkerasan rata-rata tahunan (TPRT) untuk beberapa kota di Indonesia berada pada rentang $24,4^{\circ}\text{C}$ – $44,2^{\circ}\text{C}$ dengan nilai rata-rata $34,85^{\circ}\text{C}$. Sekitar 57 % wilayah di Indonesia mempunyai TPRT pada rentang 36°C – 38°C (Departemen Pekerjaan Umum, 2005). TPRT di wilayah pulau Bali adalah sebesar $36,4^{\circ}\text{C}$, dianggap mewakili wilayah mayoritas TPRT kota-kota di Indonesia. Pertimbangan lainnya sebagai pendukung adalah berdasarkan zona iklim, wilayah pulau Bali mewakili zona III yang meliputi pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Papua (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012c). Mengacu pada SK Men PU No. 631KPTS/M/2009, tentang penetapan jalan nasional, dari total 38.569, 823 Km panjang jalan nasional, mayoritas (90,6 %) berada pada wilayah zona III.

Penelitian di lapangan dilakukan pada perkerasan jalan yang terbuat dari beton aspal dengan kriteria umur perkerasan aspal relatif baru (< 3 tahun). Untuk memvalidasi data temperatur udara dan kelembaban udara hasil pengukuran, lokasi penelitian diusahakan berada sedekat mungkin dengan lokasi stasiun pengamatan Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan pada kondisi perkerasan aspal yang masih stabil. Berdasarkan letak stasiun BMKG, ditetapkan lokasi penelitian di lapangan seperti diperlihatkan pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.5.

Tabel 3.1. Lokasi Penelitian Perkerasan Aspal di Lapangan

Lokasi Stasiun BMKG	Lokasi Penelitian Lapangan	Zona Wilayah	Lintang	Elevasi (m dpl)
Stasiun Negara, Kab. Negara.	Jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Ruas Jalan Cekik – Batas Kota Negara.	Bali Barat	008° 20' 40''	23,65
Stasiun Ngurah Rai, Kab. Badung.	Jalan <i>Sunset Road</i> , Segmen Simpang Jalan Imam Bonjol – Simpang Jalan Dewi Kunti	Bali Selatan	008° 44' 45''	8
Stasiun Sanglah, Kodya Denpasar.	Jalan Mahendradatta, Segmen Simpang Gatot Subroto Barat – Simpang Gunung Soputan.	Bali Selatan	008° 40' 37''	15
Stasiun Kahang-Kahang, Kab. Karangasem.	Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00	Bali Timur	008° 21' 53''	145



Gambar 3.5. Lokasi Penelitian Perkerasan Aspal di Lapangan

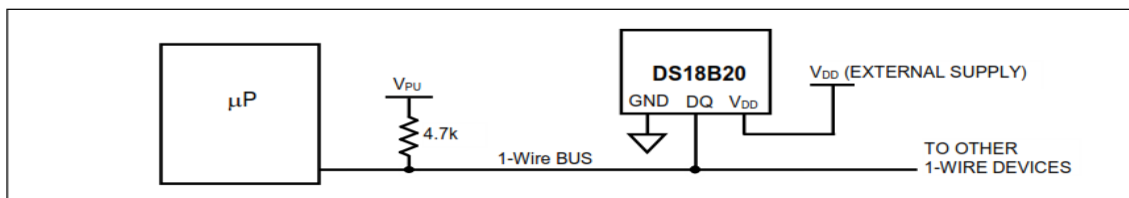
3.2.2 Metode Pengukuran Temperatur Udara, Kelembaban Udara dan Temperatur Perkerasan Aspal

Metode yang digunakan untuk mengukur temperatur udara, kelembaban udara, temperatur perkerasan aspal adalah melakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan *thermocouple*. Pada penelitian ini digunakan *thermocouple* tipe DS yang dilengkapi data *logger* dan aplikasi *software SAGA Technology*. Secara umum, diagram blok sistem pengukuran dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Sensor dan *Sinyal Conditioning*

Sensor yang digunakan adalah jenis DS18B20, merupakan jenis sensor temperatur digital, dengan resolusi 9 - 12 Bit $\pm 0,5$ °C, dan dapat digunakan untuk mengukur temperatur - 55 °C sampai +125 °C. Sensor dan *sinyal conditioning*, memiliki sistem

komunikasi data dengan jalur BUS 1 *wire*. Keluaran dari sensor ini berupa data digital, dengan format komunikasi BUS 1 *wire*, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Sensor dan Sinyal *Conditioning*

2) Sinyal *Processing*

Bagian sinyal *processing* menggunakan mikrokontroler ATmega 8. Bagian ini, berfungsi sebagai pemroses sinyal dan pengendali komunikasi data antara sensor-sensor dengan komputer.

3) *Interfacing*

Bagian *interfacing*, merupakan bagian dari sistem data logger yang berfungsi sebagai antarmuka, antara mikrokontroler dengan komputer.

4) *Display*

Merupakan bagian yang berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran. Dalam hal ini, menggunakan monitor komputer melalui *software* aplikasi SAGA *Technology* yang dibuat khusus.

5) *Data Recorder*

Merupakan bagian yang berfungsi untuk melakukan perekaman data hasil pengukuran. Dalam hal ini dibuat melalui program aplikasi SAGA *Technology*, yang dibangun berbasis bahasa pemrograman visual basic.

3.2.3 Pengambilan Sampel Campuran Aspal Pada Perkerasan Aspal di Lapangan

Pengambilan sampel uji campuran aspal pada perkerasan aspal di lapangan diperlukan untuk mengetahui ketebalan susunan struktur perkerasan aspal dan selanjutnya digunakan sebagai sampel uji pada pengujian modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dengan alat UMATTA seperti yang telah dibahas pada sub bab 2.12. Metode pengambilan sampel uji dilakukan dengan *core drill test* pada empat lokasi penelitian di lapangan yaitu Jalan Mahendradatta Segmen Simpang Gatot Subroto – Simpang Gunung Sopotan, Jalan *Sunset Road*, Segmen Simpang Jalan Imam Bonjol – Simpang Jalan Dewi Kunti, Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00 dan Jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Ruas Jalan Cekik – Batas Kota Negara.

Prosedur pengambilan sampel uji di lapangan, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Mesin *core drill* diletakkan pada lapisan perkerasan aspal dengan posisi datar.
- 2) Air dimasukkan ke mesin *core drill* melalui selang kecil pada tempat yang sudah disediakan, sehingga mesin tidak mengalami kerusakan terutama mata bor yang berbentuk silinder selama proses pengeboran.
- 3) Mesin *core drill* dihidupkan dengan menggunakan tali yang dililitkan pada starter dan ditarik. Selanjutnya mata bor diturunkan secara perlahan-lahan pada titik yang telah ditentukan sampai kedalaman tertentu, kemudian setelah kedalaman tertentu alat dimatikan dan mata bor dinaikkan.
- 4) Hasil pengeboran diambil dengan menggunakan penjepit, setelah itu diukur tebal dan dimensinya serta susunan struktur perkerasannya.

Pengambilan sampel uji campuran aspal di lapangan dilakukan pada titik yang berdekatan dengan titik pengujian temperatur perkerasan dan pada struktur perkerasan yang masih baik. Gambar 3.7 memperlihatkan pengambilan sampel uji pada lokasi penelitian di lapangan, tepatnya di Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00.



Gambar 3.7. Pengambilan Sampel Uji Campuran Aspal Dengan *Core Drill Test*

3.2.4 Pengambilan Sampel Agregat dan Aspal Pada *Asphalt Mixing Plant (AMP)*

Untuk keperluan pembuatan sampel uji campuran aspal di laboratorium, dengan metode *simple random sampling*, sampel aspal dan agregat diambil pada populasi material di empat lokasi AMP yang melaksanakan konstruksi perkerasan aspal pada masing-masing lokasi penelitian di lapangan. Gambar 3.8 memperlihatkan pengambilan sampel material agregat dan aspal di lokasi AMP. Nampak pada gambar tersebut, deposit aspal dan agregat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta abu batu diambil secara sampel dan acak pada beberapa tempat yang diharapkan dapat mewakili sifat populasi agregat yang telah digunakan untuk campuran aspal di lapangan.



Gambar 3.8. Pengambilan Sampel Agregat dan Aspal di AMP

3.2.5 Periode Waktu Penelitian Lapangan

Periode waktu penelitian di lapangan untuk melakukan pengamatan dan pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal, idealnya dilakukan setiap hari sepanjang tahun untuk dapat menggambarkan karakteristik iklim tropis di Indonesia (musim hujan dan musim kemarau). Sehubungan dengan perhatian penelitian ini pada karakteristik temperatur udara maksimum atau kelembaban udara minimum, maka periode waktu penelitian dilakukan pada musim kemarau dan cuaca cerah. Pertimbangan pemilihan waktu ini adalah terdapatnya panas sinar matahari maksimum dan minimumnya kelembaban pada lapisan perkerasan aspal. Periode musim kemarau didasarkan atas data *time series* dari BMKG wilayah III Denpasar dan realitas cuaca di lapangan, dan penelitian di lapangan dilakukan pada periode waktu di bulan Juli – Agustus.

3.2.6 Pemasangan *Thermocouple* + *Data Logger*

Pemasangan *thermocouple* + *data logger* dilakukan setelah lokasi ruas jalan untuk penelitian lapangan ditetapkan. Tepatnya setelah titik penelitian pada ruas jalan tersebut ditentukan. Pemilihan titik penelitian dilakukan dengan kriteria : perkerasan aspal dengan kondisi baik, berada pada ruang terbuka sehingga menerima panas langsung dari sinar matahari dan sebagai tambahan lainnya adalah berdekatan dengan adanya bangunan sekunder dari suatu instansi misalnya pos *security* untuk menempatkan data *logger* dan komputer.

Untuk menempatkan *thermocouple* pada titik pengujian, dilakukan pengeboran dengan diameter 4 mm pada perkerasan aspal pada kedalaman ± 02 mm, 20 mm, 65 mm atau 70 mm sesuai dengan ketebalan struktur perkerasan AC-WC dan AC-BC. Gambar 3.9

memperlihatkan pemasangan *thermocouple* + data *logger* pada lokasi penelitian di lapangan, tepatnya di jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Cekik – Batas Kota Negara.



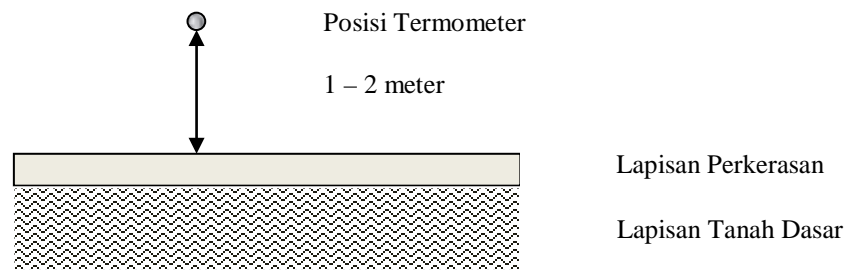
Gambar 3.9. Pemasangan *Thermocouple* + Data *Logger* di Lapangan

3.3 Penelitian Lapangan

Penelitian di lapangan mencakup pengamatan dan pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan temperatur perkerasan aspal pada permukaan (00 mm), kedalaman 20 mm, 65 mm dan 70 mm pada Jalan Mahendradatta Segmen Simpang Gatot Subroto – Simpang Gunung Sopotan, Jalan *Sunset Road*, Segmen Simpang Jalan Imam Bonjol – Simpang Jalan Dewi Kunti, Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00 dan Jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Ruas Jalan Cekik – Batas Kota Negara. Pada masing-masing lokasi penelitian dilakukan pengamatan, pengukuran selama tujuh hari dengan interval pencatatan setiap 30 menit.

3.3.1 Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara

Pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara pada masing-masing lokasi penelitian dilakukan selama periode waktu tujuh hari di bulan Juli – Agustus, dengan pencatatan dan perekaman dilakukan setiap interval waktu 30 menit. Pengukuran dilakukan pada ketinggian kira-kira 1 sampai 2 meter di atas permukaan perkerasan aspal dan metode ini sesuai dengan referensi dari penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh Subagio dan Soedjatmiko (1999) dan rekomendasi dari BMKG seperti dilihat pada Gambar 3.10. Data temperatur udara dan kelembaban udara harian secara *time series* selama lima tahun (2008 – 2012) juga dikumpulkan berdasarkan data sekunder dari stasiun BMKG terdekat. Gambar 3.11 memperlihatkan aplikasi pengukuran temperatur udara dan kelembaban pada dua lokasi penelitian, yaitu di jalan Mahendradatta Segmen Simpang Gatot Subroto – Simpang Gunung Sopotan dan Jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00.



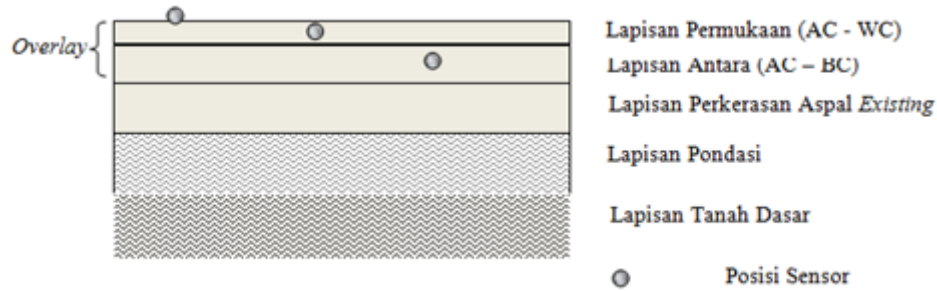
Gambar 3.10. Posisi Penempatan *Thermocouple*



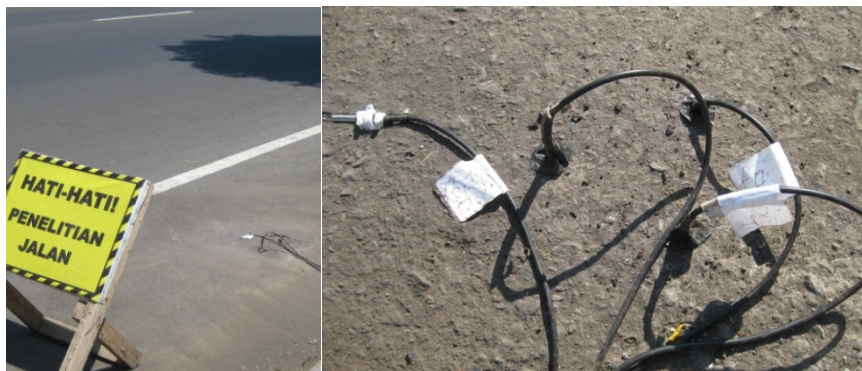
Gambar 3.11. Pengukuran Temperatur Udara dan Kelembaban Udara di Lapangan

3.3.2 Pengukuran Temperatur Perkerasan Aspal

Pengamatan dan pengukuran temperatur perkerasan aspal pada masing-masing lokasi penelitian dilakukan bersamaan dengan pengukuran temperatur udara dan kelembaban udara yaitu selama periode waktu tujuh hari di bulan Juli – Agustus. Pencatatan dan perekaman juga dilakukan setiap interval waktu 30 menit. Pengukuran dilakukan pada lapisan *overlay* perkerasan aspal yaitu pada permukaan perkerasan aspal (00 mm), kedalaman tengah dari lapisan permukaan yang terbuat dari *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yaitu pada kedalaman 20 mm (T.20) dan pada kedalaman tengah dari lapisan antara yang terbuat dari *Asphalt Concrete Bearing Course (AC-BC)* pada kedalaman 65 mm atau 70 mm (T.65 atau T.70) seperti dilihat pada Gambar 3.12. Aplikasi pengukuran temperatur perkerasan aspal di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.13, tepatnya di lokasi penelitian jalan Singaraja – Amlapura, Segmen Km 81 + 100 – Km 95 + 00 dan Jalan Denpasar – Gilimanuk, Segmen Ruas Jalan Cekik – Batas Kota Negara. Nampak terlihat pada Gambar 3.13, struktur perkerasan aspal dibor dengan diameter 4 mm sesuai dengan diameter sensor *thermocouple* dengan kedalaman ± 02 mm, 20 mm, 65 mm dan 70 mm. Setelah proses pembersihan lubang, sensor *thermocouple* ditancapkan hingga ujung sensor menyentuh kedalaman lubang dan untuk keamanannya disekitar lokasi penelitian dipasang rambu lalu lintas.



Gambar 3.12. Posisi Penempatan Sensor



Gambar 3.13. Pengukuran Temperatur Perkerasan Aspal

3.4 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium mencakup sejumlah pengujian yaitu:

- 1) Pengujian gradasi agregat.
- 2) Pengujian aspal yang meliputi : penetrasi aspal, *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT) dan *Pressure Aging Vessel* (PAV).
- 3) Pembuatan sampel uji campuran aspal.
- 4) Ekstraksi dan *recovery* aspal dari sampel uji campuran aspal yang dibuat di laboratorium dan sampel uji campuran aspal hasil *core drill* di lapangan.
- 5) Pengujian modulus kekakuan aspal (S_b).
- 6) Pengujian modulus kekakuan campuran aspal (S_m).

Sehubungan dengan ketersediaan bahan dan peralatan, penelitian ini dilakukan pada beberapa laboratorium yaitu Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Kementerian Pekerjaan Umum dan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional IV, Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum.

3.4.1 Pengujian Gradasi Agregat

Pengujian gradasi agregat bertujuan menentukan distribusi butiran agregat sesuai ukurannya. Dalam penelitian ini, gradasi agregat berguna untuk pembuatan gradasi campuran aspal, sampel uji campuran AC-WC dan AC-BC sesuai dengan RCK. Prosedur secara ringkas pengujian gradasi agregat dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Benda uji berupa agregat kasar, agregat halus atau *filler* dikeringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C, sampai mencapai berat tetap.
- 2) Benda uji berupa agregat kasar, agregat halus atau *filler* disaring pada susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas dan diguncang dengan mesin pengguncang selama 15 menit.
- 3) Benda uji berupa agregat yang tertahan pada masing-masing saringan dikelompokkan sesuai dengan ukuran butirannya.

Pengujian gradasi agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana.

3.4.2 Pengujian Penetrasi Aspal

Berdasarkan dokumen RCK, aspal yang digunakan untuk campuran aspal pada lokasi penelitian di lapangan menggunakan aspal pertamina Pen. 60/70 dan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal dilakukan pengujian penetrasi aspal. Terdapat tiga tipe aspal yang diuji yaitu aspal murni (*Original Binder*) yang diambil dari lokasi AMP, aspal *recovery* sampel uji campuran aspal yang dibuat di laboratorium dan aspal *recovery* sampel uji campuran aspal hasil *core drill* di lapangan. Pengujian penetrasi aspal murni dilakukan di Laboratorium Jalan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, sedangkan pengujian untuk aspal *recovery*, baik sampel uji di laboratorium maupun di lapangan dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Kementerian Pekerjaan Umum.

Mengacu pada standard pengujian ASTM D 5-06 (*Penetration of Bituminous Materials*), prosedur pengujian dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Benda uji berupa aspal keras yang telah dipersiapkan diletakkan pada tempat air dan dimasukkan kedalam bak perendam pada suhu 25°C selama 1-1,5 jam.
- 2) Jarum penetrasi dibersihkan dengan toluena atau pelarut lainnya serta dikeringkan, selanjutnya dipasang pada pemegang jarum dengan baik.

- 3) Pemberat 50 gram diletakkan diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gram.
- 4) Tempat air berikut benda uji dipindahkan dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
- 5) Jarum penetrasi diturunkan perlahan-lahan hingga menyentuh permukaan benda uji, selanjutnya penyetel alat agar jarum penunjuk berimpit dengan angka 0 pada alroji penetrometer.
- 6) Pemegang jarum dilepaskan dan *stopwatch* dijalankan serentak selama $(5 \pm 0,1)$ detik.
- 7) Alroji penetrometer diputar dan angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk dibaca dan bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat.
- 8) Jarum dilepaskan dari pemegang jarum dan alat penetrasi disiapkan untuk pengujian berikutnya.
- 9) Pengujian dilakukan untuk benda uji yang sama minimal sebanyak 3 kali, dengan ketentuan setiap titik pengujian berjarak lebih dari 1 cm dari tepi titik pengujian yang lainnya.

Berikut Gambar 3.14, memperlihatkan alat penetrometer beserta perlengkapan yang digunakan untuk pengujian pada Laboratorium Jalan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana.



Gambar 3.14. Pengujian Penetrasi Aspal Dengan Alat Penetrometer

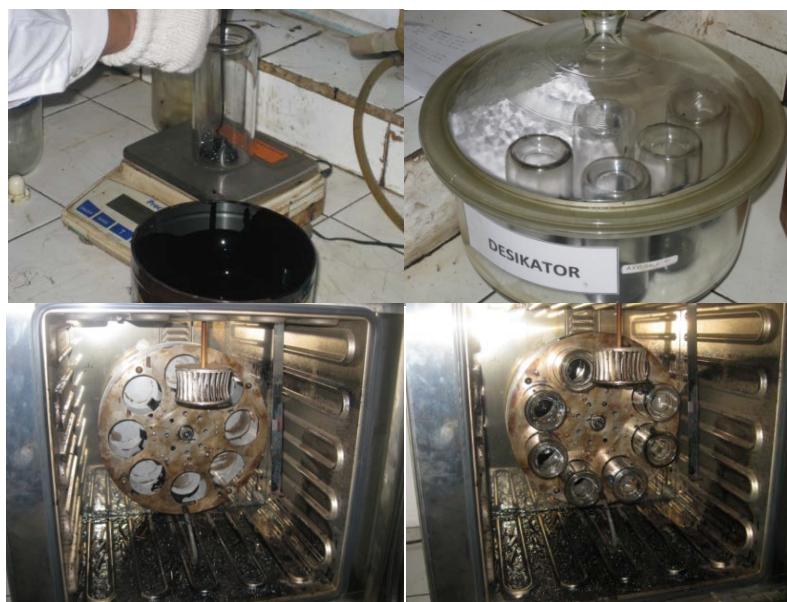
3.4.3 Pengujian *Rolling Thin Film Oven (RTFO)*

Pengujian RTFO bertujuan untuk mensimulasikan penuaan fisik aspal untuk mencapai penuaan jangka pendek (*short term aged*) yang terjadi akibat proses pencampuran dan konstruksi. Pada penelitian ini pengujian RTFO hanya dilakukan pada aspal murni (*Original Binder*) sedangkan aspal *recovery* sampel uji laboratorium dan lapangan dikondisikan sebagai aspal residu RTFOT.

Prosedur standar pengujian RTFO mengacu pada ASTM D 2872-04 (*Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt*) dan secara ringkas dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Sampel aspal dipanaskan hingga mencair dan diaduk agar tercapai suatu homogenitas.
- 2) Jika penentuan perubahan massa yang diinginkan, dua botol RTFOT diberi label dan ditimbang dalam keadaan kosong serta dicatat beratnya.
- 3) Aspal cair dituangkan sebanyak 35 gram ke dalam setiap botol, dan segera botol diputar dan ditempatkan pada rak pendingin.
- 4) Botol didinginkan selama 60 – 180 menit, dan dua botol RTFOT (diberi label) ditimbang beratnya.
- 5) Botol-botol ditempatkan pada rangkaian di dalam oven RTFOT, pintu oven ditutup, dan rangkaian diputar pada kecepatan 15 RPM selama 85 menit. Selama pengujian, temperatur oven dipertahankan pada temperatur 325 °F (163 °C) dan aliran udara ke dalam botol pada 244 in³ / menit (4000 ml / menit).
- 6) Botol dilepaskan satu per satu dari rangkaian, residu aspal dari botol yang tersisa harus dituangkan ke dalam ke satu wadah dan harus diuji dalam waktu 72 jam.
- 7) Setelah pendinginan dua selama 60 - 180 menit, botol (label) perubahan massa ditimbang dan mencatat beratnya.

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional IV, Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Gambar 3.15, memperlihatkan proses pengujian RTFO yang telah dilakukan.



Gambar 3.15. Proses Pengujian RTFO

3.4.4 Pengujian *Pressure Aging Vessel* (PAV)

Pengujian PAV bertujuan untuk mensimulasikan penuaan aspal dalam jangka panjang (*Long Term Aged*), sehubungan aspal mengalami oksidasi selama masa layan jalan. Pada penelitian ini pengujian PAV dilakukan pada aspal residu RTFOT aspal murni (*Original Binder*) dan aspal *recovery* sampel uji laboratorium, sedangkan aspal *recovery* sampel uji hasil *core drill* di lapangan dikondisikan sebagai aspal residu PAV. Pada penelitian ini, pengujian PAV dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional IV, Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Gambar 3.16, memperlihatkan proses pengujian PAV yang telah dilakukan.



Gambar 3.16. Proses Pengujian PAV

Pengujian PAV mengacu pada standar ASTM D 6521-08 (*Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel*), yang secara ringkas prosedurnya dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Aspal residu RTFO dipanaskan sampai cukup cair untuk dituangkan, kemudian diaduk dan dituangkan sebanyak 50 gram ke dalam panci oven yang dipanaskan. Biasanya diperlukan sebanyak 1-3 panci.
- 2) Panci ditempatkan pada pemegangan panci dan ditempatkan ke dalam PAV.
- 3) PAV ditutup dan dikunci serta mengatur temperatur penuaannya.
- 4) Setelah temperatur penuaan yang diinginkan PAV tercapai, PAV ditekan pada tekanan 300 psi (2,07 MPa) dan dipertahankan tekanannya selama 20 jam.
- 5) Pada akhir periode penuaan, secara bertahap tekanan dilepaskan dan panci dipindahkan dari PAV.

- 6) Panci ditempatkan dalam oven pada temperatur 325 °F (163 °C) selama 15 menit, kemudian aspal dituangkan ke dalam wadah tunggal sehingga kedalaman residu dalam wadah antara 0,55 dan 1,57 inci (14 dan 40 mm).
- 7) Wadah ditempatkan ke dalam oven vakum pada temperatur 338 °F (170 °C) selama 30 menit untuk menghilangkan udara terperangkap.

3.5 Pembuatan Sampel Uji Campuran Aspal

Berdasarkan material agregat dan aspal yang diambil pada masing-masing AMP, selanjutnya dilakukan pembuatan sampel uji campuran aspal di laboratorium berdasarkan masing-masing rancangan campuran kerja (RCK) di lapangan. Sampel uji ini digunakan untuk pengujian modulus kekakuan campuran aspal dengan alat UMATTA. Standar pembuatan sampel uji mengacu pada ASTM D6926-04 (*Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus*), yang meliputi persiapan dan pemadatan sampel uji campuran aspal berdiameter 102 mm (4 in), tinggi 64 mm (2,5 in) dan menggunakan metode Marshall. Secara ringkas prosedur pembuatan benda uji meliputi:

- 1) Agregat dikeringkan pada suhu 105 °C – 110 °C minimum selama 4 jam, hingga mencapai berat yang tetap.
- 2) Agregat dipisahkan ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan.
- 3) Aspal dipanaskan sampai mencapai tingkat kekentalan yang disyaratkan baik untuk pekerjaan pencampuran maupun pemadatan.
- 4) Pencampuran, dilakukan sebagai berikut:
 - (1) Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak \pm 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 63,5 mm \pm 1,27 mm.
 - (2) Panci pencampur dipanaskan beserta agregat kira-kira 28 °C di atas suhu pencampuran untuk aspal padat, bila menggunakan aspal cair pemanasan sampai 14 °C di atas suhu pencampuran.
 - (3) Aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan dituangkan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian diaduk dengan cepat pada suhu yang sesuai, sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
- 5) Pemadatan, dilakukan sebagai berikut:
 - (1) Perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 93,3 °C – 148,9 °C.
 - (2) Cetakan diletakkan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
 - (3) Selembar kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting dan diletakkan menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan.

- (4) Seluruh campuran dimasukkan ke dalam cetakan dan campuran ditusuk keras-keras dengan spatula yang dipanaskan sebanyak 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
- (5) Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali dengan tinggi jatuh 457,2 mm dan selama pemadatan harus diperhatikan agar sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
- 6) Pelat alas berikut leher sambung dilepas dari cetakan sampel uji, kemudian cetakan yang berisi sampel uji dibalikkan dan dipasang kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalikkan.
- 7) Terhadap permukaan sampel uji yang sudah dibalikkan ini, ditumbuk dengan jumlah tumbukkan yang sama.
- 8) Sesudah pemadatan, keping alas dilepaskan dan alat pengeluar sampel uji dipasang pada permukaan ujung ini.
- 9) Kemudian dengan hati-hati sampel uji dikeluarkan dan diletakkan di atas permukaan yang rata dan dibiarkan selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

Pada penelitian ini pembuatan sampel uji campuran aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana dan Gambar 3.17 memperlihatkan proses pembuatan sampel uji campuran aspal.



Gambar 3.17. Pembuatan Sampel Uji Campuran Aspal

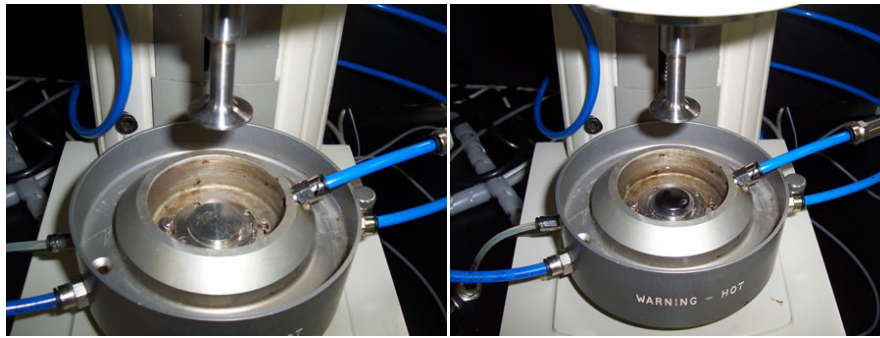
3.5.1 Penentuan Modulus Kekakuan Aspal (S_b)

Berdasarkan sampel aspal yang diambil pada masing-masing AMP, aspal *recovery* sampel campuran aspal di laboratorium dan aspal *recovery* sampel campuran aspal hasil *core drill* di lapangan, selanjutnya ditentukan nilai modulus kekakuan aspal (S_b). Dalam penelitian ini penentuan S_b dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pengujian secara mekanik di laboratorium dengan alat DSR dan dengan analisis menggunakan persamaan empiris Ullidtz. Masing-masing pendekatan dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Pengujian modulus kekakuan aspal (S_b) dengan DSR bertujuan untuk mengetahui ketahanan aspal terhadap deformasi akibat tegangan geser berulang sesuai dengan yang telah diuraikan pada Sub Bab 2.11. Berdasarkan standard pengujian ASHTO T 315 atau ASTM D 7175-08 (*Determining The Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*), pengujian aspal dilakukan dengan tiga pengkondisian aspal, yaitu kondisi aspal murni (*Original Binder*), aspal residu RTFOT dan aspal residu PAV. Untuk mengamati pengaruh temperatur terhadap perilaku modulus kekakuan aspal (S_b) dan sesuai kapasitas alat DSR yang tersedia untuk menghasilkan persentase regangan yang sama, pada pengkondisian aspal murni (*Original Binder*) dan aspal residu RTFOT, variasi temperatur dimulai dari 46 °C dengan peningkatan setiap 6 °C. Untuk pengkondisian aspal residu PAV, variasi temperatur dimulai dari 31 °C dengan penurunan setiap 6 °C. Pada pengujiannya, banyak prosedur dilakukan secara otomatis oleh uji perangkat lunak, namun secara mendasar dapat diuraikan sebagai berikut:
- (1) Aspal yang diuji, dipanaskan hingga mencapai kekentalan yang cukup untuk dituangkan sebagai spesimen uji.
 - (2) Temperatur pengujian dipilih sesuai dengan grade aspal, DSR dipanaskan sesuai temperatur uji yang merupakan pemanasan awal untuk pelat atas dan pelat bawah (Gambar 3.18) dan sampel aspal diletakkan di antara pelat (Gambar 3.19).
 - (3) Pelat uji dipindahkan bersama-sama sampai jarak diantaranya sebesar kesenjangan uji ditambah 0,002 inci (0,05 mm) dan spesimen dipangkas di sekitar tepi pelat uji menggunakan alat pemangkas yang dipanaskan.
 - (4) Spesimen dibawa ke temperatur uji, pengujian mulai dilakukan setelah spesimen berada pada temperatur yang diinginkan selama minimum 10 menit.



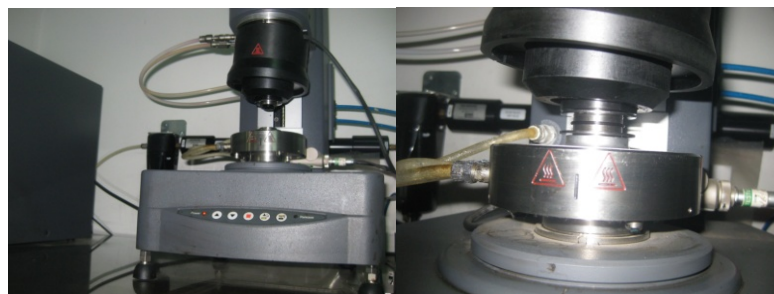
Gambar 3.18. Pelat Atas dan Bawah



Gambar 3.19. Penempatan Pelat Atas, Bawah pada DSR dan Penempatan Sampel Aspal Pada Plat Bawah

- (5) Perangkat lunak DSR menentukan torsi sasaran di mana untuk memutar pelat atas didasarkan pada bahan yang diuji (misalnya, aspal murni (*Original Binder*), residu RTFO atau residu PAV). Torsi ini dipilih untuk memastikan bahwa pengukuran berada dalam wilayah spesimen perilaku linear dan dikondisikan spesimen pada DSR selama 10 siklus pada frekuensi 10 rad/detik (1,59 Hz).
- (6) DSR mengambil uji pengukuran selama 10 siklus berikutnya dan kemudian perangkat lunak mengurangi data untuk menghasilkan nilai modulus kompleks geser (G^*) dan sudut fase (δ). Pengujian dilakukan pada beberapa temperatur dan semua pengujian harus diselesaikan dalam waktu empat jam.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional IV, Dirjen Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Gambar 3.20 menunjukkan proses pengujian modulus kekakuan aspal (S_b) dengan alat DSR.



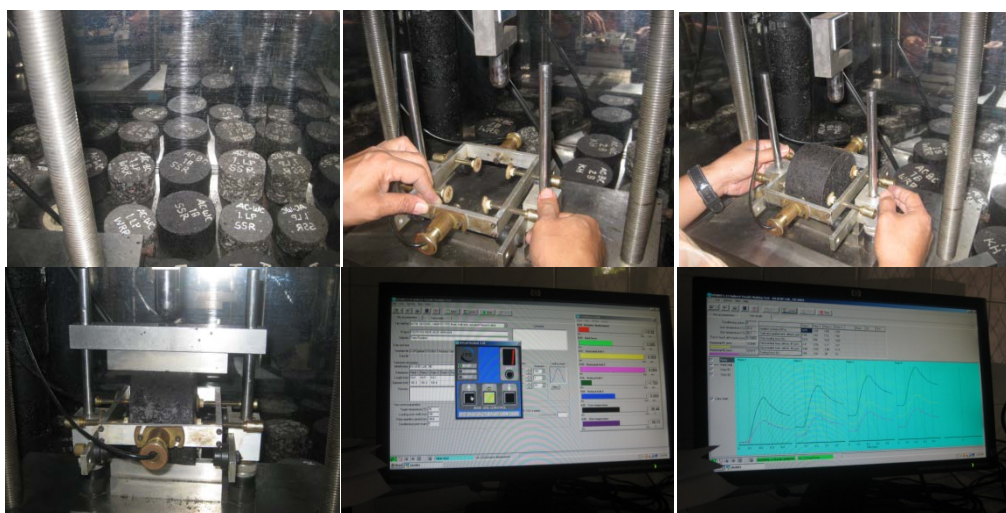
Gambar 3.20. Pengujian Modulus Kekakuan Aspal (S_b) Dengan Alat DSR

- 2) Analisis S_b berdasarkan pendekatan model Ullidtz, mengacu pada Persamaan 2.8. Dalam analisis ini, beberapa parameter diperlukan sebagai *input* seperti waktu pembebanan (t) dianalisis berdasarkan kecepatan kendaraan (v) 60 Km/jam, *penetration index recovered* (PIr) dianalisis dengan Persamaan 2.4, Titik lembek aspal (S_{Pr}) dianalisis dengan Persamaan 2.6 dan temperatur aspal ditetapkan pada 25 °C. Detail mengenai pembahasan model Ullidtz seperti yang sudah dibahas pada Sub Bab 2.8.

3.5.2 Penentuan Modulus Kekakuan Campuran Aspal (S_m)

Penentuan modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dilakukan terhadap sampel uji campuran aspal AC-WC dan AC-BC yang dibuat di laboratorium dan hasil *core drill* di lapangan. Untuk mengamati pengaruh temperatur pada perilaku S_m , dilakukan analisis S_m pada variasi temperatur 25 °C, 35 °C dan 45 °C dengan pertimbangan, temperatur tersebut berada dalam rentang temperatur perkerasan di lapangan. Dalam penelitian ini penentuan S_m dilakukan dengan beberapa metode, yaitu melakukan pengujian campuran aspal secara mekanik di laboratorium dengan alat UMATTA, pendekatan analisis S_m dengan menggunakan persamaan empiris Nottingham dan persamaan empiris Shell.

- 1) Pengujian S_m dengan alat UMATTA dan terkait dengan pemaparan alat ini sudah dibahas juga pada Sub Bab 2.12. Untuk keperluan pengujian, dibutuhkan tiga buah sampel uji campuran aspal AC-WC dan AC-BC yang dibuat di laboratorium dan hasil *core drill* di lapangan pada setiap lokasi penelitian. Pengujian S_m pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Kementerian Pekerjaan Umum dan Gambar 3.21 memperlihatkan proses pengujian S_m yang telah dilakukan.



Gambar 3.21. Pengujian Modulus Kekakuan Campuran Aspal Dengan Alat UMATTA

Pengujian modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dengan alat UMATTA mengacu pada standar ASTM D 7369-09 (*Determining The Resilient Modulus of Bituminous Mixtures by Indirect Tension Test*). Secara ringkas tahapan pengujian dapat diuraikan sebagai berikut:

- (1) Sampel uji diukur dimensinya yaitu diameter dan ketinggian pada tiga sisi, kemudian ditentukan nilai rata-ratanya, untuk menentukan *cross-sectional area* (mm^2).

- (2) Sampel uji dimasukkan ke dalam lemari pengatur temperatur (*Chamber*) selama ± 6 jam untuk mengkondisikan sampel uji mencapai temperatur pengujian.
 - (3) Sampel uji ditempatkan dalam perangkat pembebanan dan diposisikan paralel serta berpusat pada bidang diametral vertikal, dalam hal ini sangat ditentukan oleh sistem pengaturan dan keseimbangan pengukur elektronik.
 - (4) Beberapa *setup* parameter ditetapkan sebagai *input*, dalam penelitian ini adalah target temperatur (25 °C, 35 °C, 45 °C), *loading pulse width* (250 ms), *pulse repetition period* (3000 ms), *conditioning pulse count* (5), *peak loading force* (1000 N) dan *estimated poisson's ratio* (0,4).
 - (5) *Output* hasil pengujian yang dihasilkan berupa nilai-nilai *resilient modulus* (MPa), *total recoverable horizontal deformation* (μm), *peak loading force* (N), *recoverable horizontal deformation #1* (μm), *recoverable horizontal deformation #2* (μm) dan *seating force* (N).
- 2) Analisis S_m berdasarkan pendekatan model Nottingham, mengacu pada Persamaan 2.14, seperti yang sudah dibahas dalam sub bab 2.9. Dalam analisis ini diperlukan *input* S_b yang dihitung berdasarkan model Ullidtz atau menggunakan nomograph Van Der Poel dan rongga dalam campuran agregat (VMA) yang nilainya diambil dari dokumen rancangan campuran kerja (RCK).
 - 3) Analisis S_m berdasarkan pendekatan model Shell, mengacu pada Persamaan 2.15 dan Persamaan 2.16, seperti yang sudah dibahas dalam sub bab 2.9. Penggunaan model Shell mempunyai batasan nilai S_b yaitu $5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 < S_b < 10^9 \text{ N/m}^2$ dan $10^9 \text{ N/m}^2 < S_b < 3 \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Selain S_b yang dihitung berdasarkan model Ullidtz atau menggunakan nomograph Van Der Poel, *input* yang diperlukan adalah persentase volume agregat (V_g) dan persentase volume bitumen (V_b) yang nilainya diambil dari dokumen rancangan campuran kerja (RCK).

3.6 Analisis Pengembangan Model Regresi

Analisis pengembangan model temperatur perkerasan aspal bertujuan untuk menyederhanakan fenomena hubungan antara T.Udara, RH, dan temperatur perkerasan aspal pada beberapa kedalaman (T.00, T.20, T.65 dan T.70) dalam hubungan fungsi matematis. Untuk maksud tersebut, dilakukan pengamatan dan pengukuran pada variabel T.Udara, RH, T00, T.20, T.65 dan T.70 dan selanjutnya dapat dilakukan pengembangan model regresi. Sesuai dengan persyaratan pengembangan model, terdapat sejumlah tahapan yang dilakukan terhadap data variabel hasil pengukuran, yang meliputi analisis data *screening*, analisis

korelasi antar variabel pengamatan dan analisis fungsi linear antar variabel. Dalam penelitian ini analisis statistik pengembangan model regresi menggunakan *software* SPSS for window.

3.6.1 Analisis Data Screening Variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70

Hasil pengamatan variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70 di lapangan selama tujuh hari atau 7 x 24 jam dengan interval waktu pencatatan setiap 30 menit pada masing-masing lokasi penelitian, untuk dapat diolah dalam analisis statistik maka langkah awal yang dilakukan adalah melakukan analisis data *screening* yang meliputi analisis normalitas variabel dan analisis data *outlier*.

Analisis normalitas bertujuan untuk menguji apakah distribusi variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70 memenuhi syarat sebagai distribusi normal. Analisis dilakukan berdasarkan nilai Zskewness dan Zkurtosis yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.22 dan Persamaan 2.23 atau dengan menganalisis gambar distribusinya. Analisis data *outlier* variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70 bertujuan untuk mendeteksi adanya data variabel yang bernilai ekstrim yang berbeda jauh dari pengamatan-pengamatan lainnya. Data *outlier* dianalisis berdasarkan nilai skor *standardized* atau yang disebut dengan Z Score, dimana pembahasannya seperti yang disampaikan dalam sub bab 2.14.2.

3.6.2 Analisis Korelasi Variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70

Analisis korelasi antar variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70 bertujuan untuk mengukur kekuatan hubungan linear antar dua variabel. Dalam penelitian ini koefisien korelasi antar variabel T.Udara, RH, T.00, T.20, T.65 dan T.70 dianalisis dengan korelasi Pearson yang dirumuskan pada Persamaan 2.24 dan hasilnya dapat diklasifikasikan dalam beberapa interval sesuai dengan yang dijabarkan dalam sub bab 2.15.2. Nilai koefisien korelasi antar variabel digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan variabel bebas yang diperhitungkan dalam pengembangan model dan sebagai parameter dalam proses mengevaluasi model terbaik.

3.6.3 Analisis Fungsi Linear Antar Variabel Bebas T.Udara, RH dan Variabel Terikat T.00, T.20, T.65 dan T.70

Berdasarkan salah satu asumsi dalam analisis regresi linear dengan menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) adalah linear dalam parameter dalam arti terdapat hubungan fungsi linear antar variabel bebas dan variabel terikat. Untuk memenuhi asumsi tersebut, maka dilakukan analisis fungsi linear antara variabel bebas T.Udara, RH dan variabel terikat T.00, T.20, T.65 dan T.70 serta antara variabel bebas T.00 dengan variabel terikat T.20, T.65

dan T.70. Analisis dilakukan dengan mengamati grafik *scatter* antara dua variabel (bebas dan terikat), menganalisis *trendline* korelasinya dan fungsi linear yang dikembangkan. Ketepatan fungsi linear yang dikembangkan dianalisis berdasarkan nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan.

3.6.4 Analisis Regresi Antar Variabel Bebas T.Udara, RH dan Variabel Terikat T.00, T.20, T.65 dan T.70

Mengacu pada hasil analisis korelasi antar variabel dan analisis fungsi linear antara 2 variabel (bebas dan terikat), selanjutnya dilakukan analisis regresi yang bertujuan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan antara variabel bebas T.Udara, RH dan variabel terikat T.00 serta antara variabel bebas T.Udara, RH, T.00 dengan variabel terikat T.20, T.65 dan T.70. Analisis regresi dapat dinyatakan dengan hubungan fungsi atau model regresi, hal penelitian ini adalah model regresi linear antara variabel bebas T.Udara, RH dan variabel terikat T.00 serta antara variabel bebas T.Udara, RH, T.00 dengan variabel terikat T.20, T.65 dan T.70. Berdasarkan variabel bebas yang telah ditetapkan dan dengan memperhitungkan semua kombinasi variabel bebas analisis model regresi dianalisis menggunakan Persamaan 2.27 untuk model regresi linear sederhana dan Persamaan 2.41 untuk model regresi linear berganda, seperti yang sudah dibahas dalam sub bab 2.15.3.

3.6.5 Analisis Model Terbaik Temperatur Perkerasan Aspal (T.00, T.20, T.65, T.70)

Berdasarkan pengembangan sejumlah alternatif model regresi linear temperatur perkerasan aspal (T.00, T.20, T.65 dan T.70), untuk mengaplikasikannya perlu ditetapkan model terbaik. Pengertian terbaik hendaknya diartikan relatif, sehubungan masing-masing alternatif model mempunyai kelebihan dan kekurangan. Indikator yang digunakan dalam mengevaluasi model terbaik adalah terpenuhinya *goodness of fit* model (Sub Bab 2.15.4) yaitu memberikan *Adjusted R²* yang paling tinggi, *Standard Error Estimate* (SEE) yang paling kecil, nilai F statistik yang paling besar dan nilai t statistik memberikan probabilitas signifikansi $< 0,05$. Hasil uji asumsi klasik model regresi (Sub Bab 2.15.5) seperti terpenuhinya uji multikolinearitas, autokorelasi, heteroskedastisitas dan normalitas juga digunakan sebagai penentuan model terbaik dan pertimbangan lainnya tentu kesederhanaan dan keefektifan model

3.6.6 Analisis Validasi Model Temperatur Perkerasan Aspal (T.00, T.20, T.65, T.70)

Analisis validasi model temperatur perkerasan aspal (T.00, T.20, T.65, T.70, T.d) bertujuan untuk mengukur akurasi model terbaik dalam memprediksi temperatur perkerasan aspal.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model T.00, T.20, T.65, T.70, T.d terhadap data pengamatan. Pendekatan analisis yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang merupakan kesalahan absolut pada setiap periode dibagi dengan nilai pengamatan yang nyata pada periode tersebut dan kemudian merata-ratakan kesalahan persentase absolut tersebut. Terkait dengan pemaparan MAPE sudah dibahas pada Sub Bab 2.15.4 dan pada penelitian ini, analisis MAPE dihitung berdasarkan Persamaan 2.42.

3.7 Analisis Faktor Penyesuaian

Faktor penyesuaian merupakan nilai perubahan dari hasil analisis model empiris terhadap hasil pengujian secara mekanik di laboratorium. Pada penelitian ini dianalisis faktor penyesuaian modulus kekakuan aspal (S_b) dari model Ullidtz terhadap hasil pengujian dengan alat DSR di laboratorium dan faktor penyesuaian modulus kekakuan campuran aspal (S_m) dari hasil analisis model Shell dan model Nottingham terhadap hasil pengujian dengan alat UMATTA di laboratorium.