

SKRIPSI
EVALUASI KONDISI STRUKTURAL PERKERASAN
DENGAN ALAT NON-DESTRUCTIVE TEST



ADI CHAKTI
NPM : 2012410034

PEMBIMBING : Aloysius Tjan, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/AK-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017

**EVALUASI KONDISI STRUKTURAL PERKERASAN
DENGAN ALAT NON-DESTRUCTIVE TEST**



**ADI CHAKTI
NPM : 2012410034**

PEMBIMBING

Aloysius Tjan, Ph.D

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/AK-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

EVALUASI KONDISI STRUKTURAL PERKERASAN DENGAN ALAT NON-DESTRUCTIVE TEST

Adi Chakti
NPM : 2012410034

Pembimbing : Aloysius Tjan, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor:227/SK/Ban-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017

ABSTRAK

Evaluasi kondisi pada perkerasan dilakukan pada kegiatan rutin pemeliharaan jalan, berguna untuk mengetahui perencanaan tebal *overlay* atau mengetahui umur sisa perkerasan. Dengan meninjau evaluasi kondisi perkerasan secara struktural maka pengujian pada perkerasan dilakukan dengan mencari lendutan dan tebal perkerasan. Hasil modulus dan tebal perkerasan dalam pengujian dapat diketahui selanjutnya menentukan tebal lapis tambah, SN_{eff} atau indeks nilai kekuatan struktur pada perkerasan. Pengujian dapat dilakukan secara *destructive* ataupun *non-destructive*. Pengujian secara *destructive* melakukan *coring* kemudian dilanjutkan pada laboratorium, sedangkan *non-destructive* dilakukan secara langsung tanpa merusak perkerasan. Perbandingan alat *non-destructive test* untuk mencari lendutan, modulus, dan tebal perkerasan. Metode pengujian yang digunakan sebagai perbandingan yaitu dengan pembebanan statis dan dinamis, seismik, serta radar. Metode pembebanan secara statis dan dinamis diwakili oleh alat Benkelman Beam dan Falling Weight Deflectometer. Metode pengujian dengan cara seismik diterapkan oleh alat Seismic Pavement Analyzer, sedangkan radar oleh alat Ground Penetrating Radar. Perbandingan dari tiap pengujian alat diperlukan untuk mengetahui modulus atau tebal lapis perkerasan yang mendekati dengan hasil laboratorium. Hasil dari penelitian modulus hasil pengujian secara dinamis yang paling mendekati dengan keadaan yang sebenarnya. Tebal perkerasan yang didapatkan dengan menggunakan radar lebih mendekati dengan hasil uji *coring* dibandingkan dengan metode seismik.

Kata kunci : *Non-destructive test*, lendutan, modulus, tebal lapis perkerasan

EVALUATING THE STRUCTURAL CONDITION OF PAVEMENT WITH NON-DESTRUCTIVE TEST DEVICE

Adi Chakti
NPM : 2012410034

Advisor : Aloysius Tjan, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Accredited by SK BAN-PT Nomor:227/SK/Ban-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017

ABSTRACT

Evaluation of pavement condition is a routine road maintenance activity. Evaluation on flexible pavement is used to measure the overlay thickness or pavement remaining life. By overviewing the evaluation structural of pavement, the testing can be done by deflection or pavement layer thickness. The result of modulus and layer thickness then can be used to measure the overlay, SN_{eff} , or Structural Strength Index (SSI) on pavement. The testing can be done destructively or non-destructively. Destructive testing is done by coring test, while non-destructive testing is done on site without damaging the pavement. The instrument comparison of non-destructive test is to measure deflection, modulus, and pavement layer thickness. The testing method is done by performing static and dynamic loading, seismic, and radar. The static and dynamic loading method is performed by Benkelman Beam and Falling Weight Deflectometer. The seismic testing is performed by Seismic Pavement Analyzer, while radar testing performed by Ground Penetrating Radar. The comparison result from each testing instrument is needed to know which modulus and pavement thickness is closer to laboratory result. The modulus result gained from dynamic testing is closer to the actual condition. While, pavement thickness result with radar instrument is closer with the coring test than with seismic method.

Keyword : Non-destructive test, deflection, modulus, pavement layer thickness

PRAKATA

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “EVALUASI KONDISI STRUKTURAL PERKERASAN DENGAN ALAT NON-DESTRUCTIVE TEST”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis hendak berterimakasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Aloysius Tjan, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Tri Basuki Joewono, Ph.D., Bapak Santoso Urip Gunawan, Ir., M.T., dan Ibu Yustina Niken, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji.
3. Kedua orang tua tercinta, Alie Winata dan Meilani Julita yang senantiasa memberikan dorongan, nasihat dan semangat dalam proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.
4. Seluruh keluarga yang selalu mendoakan dan memberi arahan sepanjang perjalanan menempuh masa perkuliahan.
5. Lisa Sandy yang selalu memberi semangat dan memberi motivasi dalam bentuk apapun selama pengerjaan skripsi dan selama perkuliahan berlangsung.
6. Seluruh teman-teman REVOLUTIONER telah menemani penulis selama berkuliah di Bandung baik suka maupun duka, Ahiap, Andrew, Anton, Billy

P., Billy S., Budi, Dito, Dodo, Edo, Frandy, Freddy, Hess, Ija, Jessi, Joshu, Kainde, Lisa, Marco, Maria, Riki, Roben, Sherly, Tanu, dan Windy.

7. Pasukan BJ68 selaku teman satu atap penulis selama berkuliah di Bandung, Calvin, Riki, dan Windy.
8. Teman seperjuangan skripsi yaitu Albirra Dito Ismail dan rekan grup kerja praktek kelompok 5, Dito dan Priscillia.
9. Rekan-rekan Sipil Unpar, khususnya pekerja keras Sipil Unpar Angkatan 2012.
10. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung dalam pembuatan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan waktu dari penulis, oleh karena ini penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dan berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan di masa yang akan datang.

Bandung, 13 Januari 2017
Penulis,



Adi Chakti
2012410034

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama lengkap : Adi Chakti

NPM : 2012410034

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul : “EVALUASI KONDISI STRUKTURAL PERKERASAN DENGAN ALAT NON-DESTRUCTIVE TEST” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 13 Januari 2017

Penulis,



Adi Chakti
2012410034

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
PERNYATAAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Umum	6
2.2 Perkerasan Lentur	6
2.3 Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan	7
2.4 Pengukuran Temperatur	9
2.5 Metode NDT untuk SN_{eff} (AASHTO 1993)	11
2.6 Tebal Lapis Tambah Dari Hasil Lendutan	12
2.7 Falling Weight Deflectometer	12

2.7.1	Komponen Alat Falling Weight Deflectometer	13
2.7.2	Pengukuran Lendutan	14
2.7.3	Metode Perhitungan Balik (<i>Back calculation</i>).....	15
2.8	Benkelman Beam	17
2.8.1	Komponen Pengujian dengan Benkelman Beam.....	17
2.8.2	Pengukuran Lendutan	18
2.9	Ground Penetrating Radar.....	20
2.9.1	Prinsip Kerja	20
2.9.2	Aplikasi GPR	22
2.10	Seismic Pavement Analyzer	25
BAB 3 ANALISIS		30
3.1	Lendutan	30
3.1.1	Mode Pembebanan.....	34
3.1.2	Kurva Cekung Lendutan (<i>Deflection Basin</i>)	35
3.1.3	Modulus Resilien	37
3.2	Tebal Perkerasan.....	43
3.3	Hasil Pengujian Alat Non-Destructive Test.....	45
3.3.1	Falling Weight Deflectometer	45
3.3.2	Benkelman Beam.....	46
3.3.3	Seismic Pavement Analyzer	46
3.3.4	Ground Penetrating Radar	46
BAB 4 KESIMPULAN DAN SARAN.....		47
4.1	Kesimpulan	47
4.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C_a	= Faktor pengaruh muka air tanah.
CH	= Lempung plastisitas tinggi.
CI	= Lempung plastisitas sedang.
CL	= Lempung plastisitas rendah.
D	= Tebal total lapis perkerasan diatas tanah dasar.
$D_{sbl\ ov}$	= Lendutan sebelum lapis tambah.
$D_{stl\ ov}$	= Lendutan rencana.
d_1	= Leendutan pada saat beban tepat pada titik pengukuran.
d_3	= Lendutan pada saat beban berada pada jarak 6 meter dari titik pengukuran.
d_B	= Lendutan balik.
d_{fl}	= Lendutan langsung pada pusat beban.
d_L	= Lendutan langsung.
d_{max}	= Lendutan maksimum.
d_r	= Lendutan permukaan perkerasan yang diukur sejauh r dari pusat beban.
$E_{(sta)}$	= Modulus tanah dasar dengan beban statis.
E_p	= Modulus lapis perkerasan.
F_t	= Faktor penyesuaian lendutan.
GT	= Ground Truth.
H_L	= Tebal lapis beraspal.
H_o	= Tebal lapis tambah sebelum dikoreksi temperatur rata-rata tahunan daerah tertentu.

M_R	= Modulus resilien.
$M_{R(dyn)}$	= Modulus resilien tanah dasar dengan beban dinamis.
$M_{R(Lab)}$	= Modulus resilien hasil uji laboratorium.
P'	= Besar beban pada <i>surface loading test</i> .
R	= Koefisien determinasi.
T_b	= Temperatur bawah.
T_L	= Temperatur lapis permukaan.
T_p	= Temperatur permukaan.
T_t	= Temperatur tengah.
T_u	= Temperatur udara.
δ_{FWD}	= Lendutan FWD.
δ_{BB}	= Lendutan BB.
AC	= <i>Asphalt Concrete</i> .
BB	= Benkelman Beam.
CBR	= California Bearing Ratio.
FHWA	= The Federal Highway Administration.
FWD	= Falling Weight Deflectometer.
GPR	= Ground Penetrating Radar.
IE	= Impact Echo.
IR	= Impulse Response.
KTC	= Kentucky Transportation Center.
M&R	= Maintenance and Rehabilitation.
MnDOT	= Minnesota Department of Transportation.
NAASRA	= National Association of Australia State Road Authorities.

NDT = Non-Destructive Test.

SASW = Spectral Analysis of Surface Waves.

SHRP = Strategic Highway Research Program.

SN_{eff} = Structural Number Effective.

SPA = Seismic Pavement Analyzer.

SSI = Structural Strength Index.

TNZ = Transit New Zealand.

TxDOT = Texas Department of Transportation.

UBW = Ultrasonic Body Wave.

USW = Ultrasonic Surface Wave.

WASHO = Western Association of State Highway Official.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Perkerasan Lentur	7
Gambar 2.2 Koreksi Lendutan Terhadap Temperatur	10
Gambar 2.3 Skema Diagram FWD	15
Gambar 2.4 Proses Back Calculation	16
Gambar 2.5 Benkelman Beam	17
Gambar 2.6 Dimensi Benkelman Beam	18
Gambar 2.7 Kurva Cekung Lendutan	19
Gambar 2.8 Prinsip Dasar Metoda Kerja Alat Georadar	21
Gambar 2.9 <i>Typical GPR Scan of CSAH 61 and Layer Interpretation</i>	23
Gambar 2.10 Penggunaan GPR Menentukan Tebal dan Kepadatan.....	23
Gambar 2.11 Letak dan Tebal Stripping oleh GPR	24
Gambar 2.12 Letak Void Di bawah Permukaan	25
Gambar 2.13 Perangkat Seismic Pavement Analyzer	26
Gambar 2.14 Skema Tes SASW	27
Gambar 2.15 Evaluasi Modulus Tanah Dasar Dengan Teknik IR.....	28
Gambar 2.16 Evaluasi Modulus Elastisitas dan Tebal Overlay dengan UBW dan IE.....	29
Gambar 3.1 Perbandingan Lendutan Pavementinteractive.org dengan Zhou et al.	32
Gambar 3.2 Perbandingan Lendutan Dinamis dan Statis.....	33
Gambar 3.3 Skema Pembebanan BB	34
Gambar 3.4 Skema Pembebanan FWD	34
Gambar 3.5 Kurva Cekung Lendutan	35
Gambar 3.6 Perbandingan Cekung Lendutan Statis dan Dinamis	37
Gambar 3.7 Rasio Modulus Subgrade	39
Gambar 3.8 Perbandingan Modulus AC	40
Gambar 3.9 Metal Plate Diberikan Untuk Kalibrasi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Temperatur tengah (Tt) dan bawah (Tb) lapis beraspal berdasarkan data temperatur udara (Tu) dan temperatur permukaan (Tp)	10
Tabel 2.2 Aplikasi Metode Seismik Dalam Evaluasi Perkerasan	27
Tabel 3.1 Rangkuman Parameter Cekung Lendutan (Deflection Basin)	36
Tabel 3.2 Modulus Subgrade FWD dan BB	38
Tabel 3.3 Analisis Modulus Statis dan Modulus Lab Subgrade	40
Tabel 3.4 Korelasi Tiap Jenis lokasi	41
Tabel 3.5 Validasi Tiap Jenis Lokasi	41
Tabel 3.6 Modulus AC dari Seismic Pavement Analyzer.....	42
Tabel 3.7 FWD Backcalculated AC Modulus.....	42
Tabel 3.8 Perbedaan <i>coring</i> dengan hasil GPR.....	43
Tabel 3.9 Hasil Rata-Rata Tebal Lapis Perkerasan Dengan Alat GPR.....	44
Tabel 3.10 Tebal Lapis Perkerasan Dengan Alat GPR	44
Tabel 3.11 Hasil Tebal Lapis Aspal Dengan Menggunakan GPR dan SPA.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan yang masih mempunyai fungsi layan yang baik, sebaiknya diperhatikan M &R (*maintenance and rehabilitation*) sehingga dapat mencapai umur layan sesuai pada rencana. Untuk menentukan apakah perkerasan dalam kondisi yang baik, pada saat masa sekarang atau masa yang akan datang, diperlukan suatu evaluasi terhadap kondisi permukaan, kemampuan struktur dan fungsional pada perkerasan. Evaluasi dilakukan secara periodik untuk menentukan kecenderungan yang akan mempengaruhi kondisi perkerasan di masa yang akan datang.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, banyak metode-metode yang yang dapat digunakan untuk melakukan evaluasi kondisi perkerasan. Berkembangnya berbagai metode tersebut tidak dapat dipungkiri bahwa tiap metode memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Mulai dari cara melakukan *survey* hingga *rating* kondisi perkerasan. Evaluasi pada kondisi jalan dapat bersifat subjektif, tergantung pada penglihatan dan pengalaman penilai, atau bersifat objektif, tergantung pada prosedur evaluasi dan peralatan yang digunakan untuk evaluasi (Ibrahim 2012). Metode evaluasi bersifat subjektif menyulitkan penilaian karena setiap penilai akan memiliki hasil yang berbeda-beda walaupun dengan objek kondisi perkerasan yang sama.

Secara garis besar, dalam menentukan kondisi perkerasan terdapat karakteristik kondisi perkerasan yang akan dievaluasi, antara lain *functional evaluation*, dan *structural evaluation*. *Structural evaluation* membahas kekuatan perkerasan. Dalam pengujian evaluasi struktural ada beberapa aspek yang dapat di ukur untuk melakukan evaluasi, yaitu mengukur lendutan untuk mencari modulus tiap lapisan dan tebal perkerasan. Namun, ada juga alat yang langsung mendapatkan modulus AC.

Dari banyaknya alat in-situ *Non-Destructive Test* (NDT) yang dipakai saat ini, tidak dipungkiri bahwa masing-masing tiap alat memiliki kelebihan dan

kekurangannya. Hasil modulus atau tebal perkerasan yang didapatkan dari tiap alat memiliki perbedaan dengan hasil yang ada di uji laboratorium. Selain itu, output hasil pengujian dari tiap alat memiliki perbedaan yang tidak semua bisa dibandingkan satu sama lain.

Skripsi ini membahas evaluasi kondisi perkerasan secara struktural. Maka dari itu, penelitian ini akan akan meninjau manakah dari alat evaluasi NDT struktural yang terbaik agar bisa menjadi pertimbangan menggunakan metode evaluasi kondisi perkerasan.

1.2 Inti Permasalahan

Lendutan dan tebal perkerasan merupakan parameter yang digunakan dalam evaluasi kondisi struktural dengan menggunakan alat non-destruktif. Tingkat akurasi nilai lendutan atau tebal perkerasan dari alat NDT menghasilkan nilai berbeda-beda bila dibandingkan dengan uji laboratorium dan uji *coring*, sehingga pengujian alat NDT masing-masing manakah yang lebih baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini adalah mencari manakah yang terbaik dari masing-masing alat NDT. Untuk menentukan modulus dari alat NDT terbaik yaitu dengan membandingkan modulus yang dihasilkan oleh alat FWD, BB, dan SPA dengan uji laboratorium. Sedangkan, untuk menentukan tebal perkerasan dari alat NDT terbaik yaitu dengan membandingkan tebal perkerasan hasil *coring* dengan hasil yang didapatkan oleh alat GPR dan SPA. Nilai modulus hasil NDT yang mendekati uji laboratorium merupakan alat yang terbaik dan nilai tebal perkerasan hasil NDT yang mendekati uji *coring* merupakan hasil yang terbaik.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik evaluasi kondisi perkerasan yang ditinjau merupakan struktural.
2. Analisis dengan cara membandingkan masing-masing evaluasi.
3. Evaluasi didapat dengan studi literatur.

4. Alat Pengujian yaitu Falling Weight Deflectometer (FWD), Benkelman Beam (BB), Seismic Pavement Analyzer (SPA), dan Ground Penetrating Radar (GPR).
5. Alat NDT dengan mencari lendutan dan tebal perkerasan masing-masing dibandingkan dengan hasil yang didapatkan dari uji laboratorium.
6. Alat FWD dan BB dibandingkan untuk mencari modulus manakah dari hasil kedua alat yang terbaik, kemudian alat SPA dan GPR dibandingkan untuk mencari nilai tebal perkerasan manakah dari kedua alat yang terbaik.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur
Studi Literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi mengenai metode-metode apa saja yang digunakan untuk melakukan evaluasi kondisi perkerasan.
2. Mengklasifikasi
Mengklasifikasi berbagai metode evaluasi kondisi perkerasan dengan cara menyortir hasil yang didapat dari studi literatur sehingga mempermudah melakukan analisis.
3. Menganalisis
Analisis dilakukan dengan membandingkan masing-masing yang telah didapat melalui studi literatur.

Diagram alir mengenai skripsi studi evaluasi kondisi perkerasan dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penulisan, pembahasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

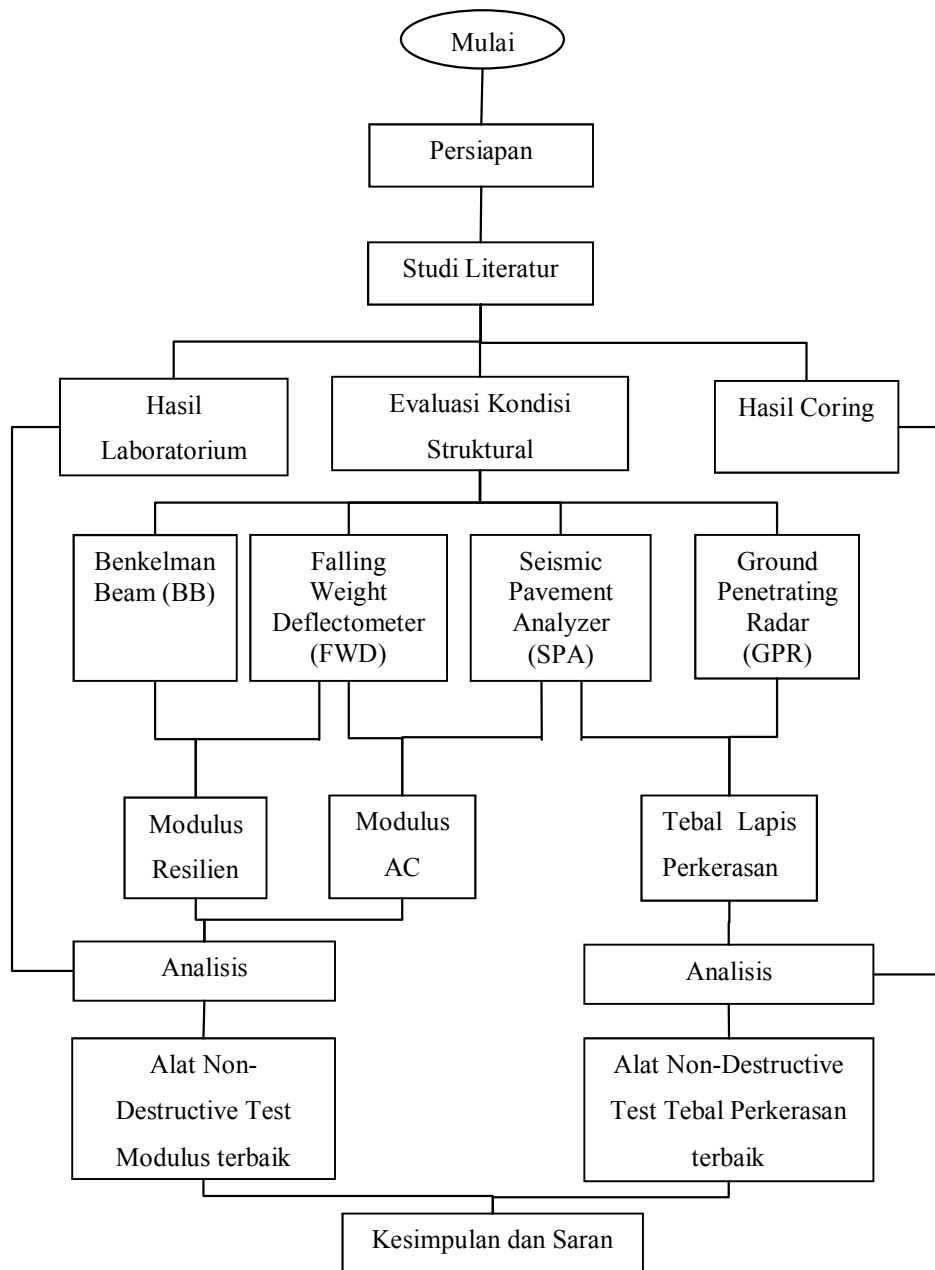
Bab ini mencakup tentang dasar teori yang menjadi landasan dalam penyusunan skripsi. Meliputi teori mengenai perkerasan lentur, evaluasi kondisi perkerasan, maksud dari pengukuran temperatur, cara kerja masing-masing alat, hasil yang didapatkan dari masing-masing alat.

Bab 3 Analisis

Bab ini akan membahas mengenai analisis perbandingan hasil yang didapat dari NDT dengan hasil laboratorium didapat dari studi literatur dengan menghasilkan hasil akhir berupa alat evaluasi struktural yang terbaik.

Bab 4 Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan membahas mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan saran-saran yang dapat disimpulkan dari hasil analisis yang didapat.



Gambar 1.1 Diagram Alir