

**PENGARUH PEMASANGAN *WIREMESH* TERHADAP DEFORMASI
PERKERASAN KAKU DI TENGAH SEGMENT SEBELUM MASA *OPEN*
*TRAFFIC***

(Skripsi)

Oleh

**AUFAL ARIEF REYHAN SULISTYONO
2015011048**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

EFFECT OF WIREMESH INSTALLATION ON RIGID PAVEMENT DEFORMATION IN THE MIDDLE OF SEGMENT BEFORE OPEN TRAFFIC PERIOD

by

AUFAL ARIEF REYHAN SULISTYONO

Rigid pavement is made of concrete either reinforced or unreinforced and is more widely used on roads that have a high volume of heavy vehicles and are subject to frequent flooding. Severe shrinkage will cause cracks in the structure. One method to reduce the adverse effects of shrinkage cracking is to reinforce the concrete with randomly distributed short fibres. Another possible method is the use of wiremesh, Based on the above description, this research studies using wiremesh in the centre position of rigid pavement for 2-28 days. This test uses Embedded Vibration Wired Strain Gauge (EVWSG) and Handheld Readout (VW) Model GK-404. The result is that rigid pavement installed with wiremesh has a decrease in strain compared to rigid pavement without wiremesh, which is 1.09%. In addition to the influence of wiremesh installation, the increase and decrease in strain values are also influenced by other factors such as relative humidity, concrete temperature and ambient temperature.

Keyword : Concrete, deformation, rigid pavement, shrinkage, wiremesh

ABSTRAK

PENGARUH PEMASANGAN *WIREMESH* TERHADAP DEFORMASI PERKERASAN KAKU DI TENGAH SEGMENT SEBELUM MASA *OPEN TRAFFIC*

Oleh

AUFAL ARIEF REYHAN SULISTYONO

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang terbuat dari beton baik bertulang maupun tanpa tulangan dan lebih banyak digunakan pada ruas jalan yang mempunyai volume kendaraan berat yang tinggi serta sering mengalami banjir. Penyusutan yang parah akan menyebabkan retakan pada struktur. Salah satu metode untuk mengurangi efek buruk dari retak susut adalah dengan memperkuat beton dengan serat pendek yang didistribusikan secara acak. Metode lain yang mungkin adalah penggunaan *wiremesh*. Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini mempelajari dengan menggunakan *wiremesh* pada posisi tengah perkerasan kaku untuk waktu 2-28 hari. Pengujian ini menggunakan alat *Embedded Vibration Wired Strain Gauge* (EVWSG) dan *Handheld Readout* (VW) Model GK-404. Hasilnya perkerasan kaku yang dipasang dengan *wiremesh* memiliki penurunan strain dibandingkan dengan perkerasan kaku yang tanpa *wiremesh* yaitu sebesar 1,09 %. Selain pengaruh dari pemasangan *wiremesh* naik turunnya nilai *strain* juga dipengaruhi faktor lain seperti kelembapan relatif, suhu beton dan suhu sekitar.

Kata kunci : Beton, deformasi, perkerasan kaku, susut, *wiremesh*.

**PENGARUH PEMASANGAN *WIREMESH* TERHADAP DEFORMASI
PERKERASAN KAKU DI TENGAH SEGMENT SEBELUM MASA *OPEN*
*TRAFFIC***

Oleh

AUFAL ARIEF REYHAN SULISTYONO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGARUH PEMASANGAN WIREMESH
TERHADAP DEFORMASI PERKERASAN
KAKU DI TENGAH SEGMENT SEBELUM
MASA OPEN TRAFFIC**

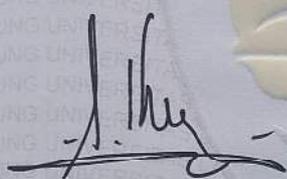
Nama Mahasiswa : **Aufal Arief Reyhan Sulistyono**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015011048

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

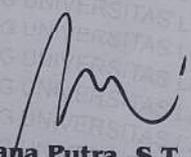


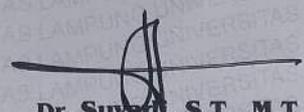

Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.
NIP 19580613 198403 2 003


Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP 19740530 200012 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi Teknik Sipil


Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002

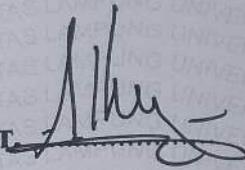

Dr. Suyadi, S.T., M.T.
NIP 19741225 200501 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

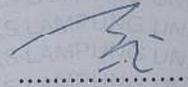
Ketua

: **Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.**



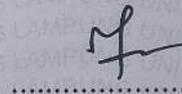
Sekretaris

: **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**

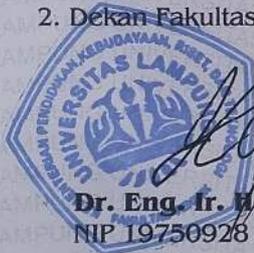


Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Mohd. Isneini, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 Juli 2024**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **AUFAL ARIEF REYHAN SULISTYONO**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2015011048**

Judul : Pengaruh Pemasangan *Wiremesh* Terhadap
Deformasi Perkerasan Kaku Di Tengah *Segmen*
Sebelum masa *Open Traffic*

Jurusan : **Teknik Sipil**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung

Bandar Lampung, 1 Agustus 2024

Pembuat Pernyataan



Aufal Arief Reyhan Sulistyono

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aupal Arief Reyhan Sulistyono merupakan anak pertama dari Bapak Hery Sulistyono. dan Ibu Atik Hermawati. Penulis dilahirkan di Lampung Timur pada tanggal 1 Agustus 2002. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDS Al Kautsar Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2014 kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Al Kautsar Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017. Setelah itu, melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMA Al Kautsar Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Pada tahun 2018 penulis aktif sebagai anggota Palang Merah Remaja (PMR) yang merupakan ekskul di SMA Al Kautsar Bandar Lampung. Pada tahun 2019 penulis menjabat sebagai wakil ketua Palang Merah Remaja (PMR).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi yakni: sebagai anggota bidang hubungan luar Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) pada tahun 2021 sampai 2024. Pada tahun 2023 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Sindi, Kecamatan Karya Penggawa, Kabupaten Pesisir Barat, Lampung dan penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di Proyek pembangunan Gedung Radioterapi Kedokteran Nuklir (RTKN) Rumah Sakit Urip Sumoharjo, yang berada di Jl. Urip Sumoharjo no. 200 Gn. Sulah, Way Halim Kota Bandar Lampung.

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan berkah, rahmad, dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ku persembahkan karya ku ini kepada:

Papa dan Mama ku tercinta yang selalu mendukung, membimbing, mendoakan, memberi semangat, memotivasi dan hal lainnya yang tak dapat kuungkapkan dengan kata-kata.

Adik ku yang banyak membantu, menemani dan memotivasi agar aku bisa mencapai semua mimpi ku selama ini.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa yang selalu membimbing dan mendidikku untuk segera menyelesaikan kewajibanku.

Sahabat dan teman-temanku. Terimakasih karena selalu menemani, mendukung dan memotivasiku selama ini untuk menjadi manusia terbaik dalam hidupku.

Almamaterku Universitas Lampung

KATA INSPIRASI

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Surat Al-Insyirah Ayat 5-6)

“Allah tidak akan merubah nasib (seseorang) suatu kaum apabila ia tidak ingin atau mau merubah nasibnya sendiri”

(QS. Ar-Radu' : 11)

"Tujuan pendidikan itu untuk mempertajam kecerdasan, memperkukuh kemauan serta memperhalus perasaan"

(Tan Malaka)

"Raihlah ilmu! Dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar"

(Umar bin Khattab)

"Jalanilah kehidupan di dunia ini tanpa membiarkan dunia hidup di dalam dirimu, karena ketika perahu berada di atas air, ia mampu berlayar dengan sempurna, tetapi ketika air masuk ke dalamnya, perahu itu tenggelam."

(Ali bin Abi Thalib)

SANCAWANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Pemasangan *Wiremesh* Terhadap Deformasi Perkerasan Kaku Di Tengah Segmen Sebelum Masa *Open Traffic*” dengan tepat waktu.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. Bapak Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi S-1 Teknik Sipil, Universitas Lampung.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T., selaku dosen Pembimbing Utama yang memberikan bimbingan, pengarahan dan saran kepada penulis dalam proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Pembimbing Kedua yang memberikan motivasi saran dan membimbing penulisan skripsi.
6. Bapak Dr. Mohd. Isneini, S.T., M.T selaku Pembahas atas kesediaannya memberikan kritik dan saran bagi perbaikan skripsi.
7. Ibu Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
8. Rekan – rekan penelitian (Rohim, Dimas, Iswadi, Indah, Faza), yang membantu selama penelitian.
9. Serta seluruh rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil UNILA angkatan 2020 yang telah membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dan berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 1 Agustus 2024

Penulis,

Aufal Arief Reyhan Sulistyono

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton	6
2.2 <i>Curing</i>	6
2.3 Perkerasan kaku (<i>rigid pavement</i>)	7
2.2.1 Jenis Jenis Perkerasan Kaku.....	8
2.2.2 Struktur Perkerasan Kaku.....	8
2.4 Susut (<i>Shinkage</i>).....	10
2.5 <i>Wiremesh</i>	11
2.6 <i>American Concrete Institute (ACI) 209R 1992</i>	12
2.7 Penelitian Terdahulu	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Lokasi Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan	20
3.3 Pembuatan Benda Uji	23
3.4 Pengujian <i>Workability</i> Beton Segar	24
3.5 Perlakuan Benda Uji Saat Penelitian	24
3.6 Metode Pengamatan Deformasi Terhadap Temperatur dan RH Sekeliling Sampel	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur perkerasan kaku	9
3.1 Tampak atas benda uji dengan EVWSG dengan <i>wiremesh</i>	18
3.2 Potongan melintang dari perkerasan kaku	19
3.3 Lokasi penelitian.....	19
3.4 <i>Embedded Vibrating Wire Strain Gauge</i> (EVWSG).....	20
3.5 <i>Handheld Readout</i> (VW) Model GK-404	21
3.6 Hygrometer	21
3.7 <i>Wiremesh</i>	22
3.8 Diagram alir penelitian	25
4.1 Hubungan umur beton dengan <i>strain</i> pada perkerasan kaku.....	29
4.2 Laju perubahan kelembapan relative siring bertambahnya umur perkerasan kaku tanpa <i>wiremesh</i>	30
4.3 Laju perubahan suhu udara seiring bertambahnya umur perkerasan kaku tanpa <i>wiremesh</i>	31
4.4 Laju perubahan suhu beton siring bertambahnya umur perkerasan kaku tanpa <i>wiremesh</i>	31
4.5 Hubungan umur beton dengan <i>strain</i> perkerasan kaku dengan <i>wiremesh</i>	32
4.6 Laju perubahan kelembapan relatif siring bertambahnya umur perkerasan kaku dengan <i>wiremesh</i>	33
4.7 Laju perubahan suhu udara siring bertambahnya umur perkerasan kaku dengan <i>wiremesh</i>	34
4.8 Laju perubahan suhu beton siring bertambahnya umur perkerasan kaku dengan <i>wiremesh</i>	34
4.9 Perbandingan <i>strain</i> dari perkerasan kaku tanpa <i>wiremesh</i> dan dengan <i>wiremesh</i>	35
4.10 Perbandingan dengan deformasi perkerasan kaku dengan laju perubahan kelembapan relatif, suhu sekitar, dan suhu beton	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Faktor Koreksi <i>Curing</i>	12
2.2 Faktor Koreksi Kelembapan Relatif.....	13
2.3 Faktor Koreksi Ketebalan Rata -Rata.....	13
3.1 Hasil Uji Lab <i>wiremesh</i> M10.....	23
3.2 Rentang Waktu Pengambilan data.....	25
4.1 Tabel Persentase Kenaikan/ Penurunan.....	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur saat ini merupakan hal yang menjadi fokus dari pembangunan dalam beberapa tahun terakhir, hal ini terlihat dari pembangunannya yang sangat pesat. Beragam macam infrastruktur terus dikebut oleh pemerintah Indonesia demi terlaksananya pemerataan pembangunan. Infrastruktur yang dibangun meliputi bendungan, jalan dan jembatan, hingga pembangunan ibukota baru.

Infrastruktur jalan merupakan infrastruktur penunjang yang cukup penting dan cukup vital terhadap perputaran roda perekonomian suatu negara. Menurut data dari Dirjen Bina Marga Kementerian PUPR (Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat), tahun 2020-2023 adalah 1.874 Km jalan nasional baru, 63.029 meter jembatan dibangun, 5.995 meter *flyover* dan *underpass* dibangun, 845 Km jalan tol baru dan/atau beroperasi, serta 3.142 Km dukungan jalan daerah.

Letak geografis Indonesia yang berada di sepanjang garis khatulistiwa menyebabkan iklim tropis yang ditandai dengan suhu tinggi dan musim kemarau dan musim hujan yang berbeda. Musim kemarau, yang biasanya ditandai dengan suhu panas dan kelembapan sedang, berbeda dengan musim hujan yang ditandai dengan suhu dingin dan kelembapan tinggi. Kondisi cuaca yang bervariasi secara signifikan mempengaruhi daya tahan infrastruktur jaringan jalan raya di Indonesia. Struktur perkerasan jalan diharapkan dapat mendukung beban yang diberikan oleh faktor eksternal dan internal. Pada intinya, jalan harus mampu secara terus menerus menyediakan lapisan permukaan yang kuat dan tahan lama untuk menjamin kenyamanan dan keamanan yang tinggi selama masa pelayanannya (Mahfuda dkk., 2023).

Perencanaan infrastruktur jalan sudah pasti membutuhkan perkerasan yang sesuai dengan aturan AASHTO (*American Association of State High-way and Transportation Officials*) *guide for design of pavement structures* 1993, sehingga perkerasan yang direncanakan sesuai dengan beban lalu lintas yang diterima. Jenis perkerasan jalan, dapat berupa perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit, yang menggabungkan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang terbuat dari beton baik bertulang maupun tanpa tulangan dan lebih banyak digunakan pada ruas jalan yang mempunyai volume kendaraan berat yang tinggi serta sering mengalami banjir (Ridwan dkk. 2019).

Lendutan dan daya tahan struktur beton bertulang akan menurun secara signifikan karena penyusutan beton bertulang. Ini melewati tahapan yang berbeda dari waktu ke waktu, tergantung pada sifat penyusutan beton yang dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kelembapan, rasio w / c , jenis agregat kasar, bentuk, dan kekerasan agregat, penggunaan bahan semen tambahan, dan kondisi pengawetan (Elzokra dkk., 2020). Penyusutan yang parah akan menyebabkan retakan pada struktur (Soltani dkk, 2004) mengatakan bahwa *wiremesh* yang dilas, menunjukkan jarak retak dan lebar retak yang lebih kecil dibandingkan dengan batang penguat konvensional. Salah satu metode untuk mengurangi efek buruk dari retak susut adalah dengan memperkuat beton dengan serat pendek yang didistribusikan secara acak.

Penyusutan beton bertulang akan menyebabkan perubahan volumenya sendiri, yang akan memiliki dampak serius terhadap lendutan. Penyusutan beton bertulang yang serius menyebabkan retakan pada struktur, dan mengurangi daya tahan dan daya dukung seluruh struktur (Zhang dkk., 2022) Regangan susut beton menurun seiring dengan peningkatan rasio tulangan (Zhang dkk, 2019). Penurunan susut beton yang ditahan oleh tulangan tidak hanya disebabkan oleh deformasi bersama antara beton dan tulangan, tetapi juga karena adanya pembatasan tegangan kapiler, yang merupakan kekuatan pendorong susut beton (Huang dkk., 2019)

Deformasi jangka panjang terbesar terjadi pada posisi sudut dan terkecil pada posisi berton berkinerja tinggi (Niken dkk., 2018). Deformasi terbesar kedua dan ketiga terjadi pada posisi memanjang dan posisi tengah.

Berbagai faktor menjadi penyebab terjadinya keretakan pada struktur perkerasan, namun sebagian besar terjadi dikarenakan ketidakmampuan suatu struktur karena fenomena deformasi dalam strukturnya. Untuk menahan deformasi, diharuskan dipasang tulangan susut suhu. Semakin tinggi kualitas tulangan susut, semakin sedikit jumlah tulangan susut yang harus dipasang (SNI 2847, 2019). Penanganan akibat kegagalan karena deformasi kebanyakan dengan pembongkaran dan pergantian dengan beton baru sehingga cukup memakan waktu dan biaya. Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini mempelajari dengan menggunakan *wiremesh* pada posisi tengah perkerasan kaku. Pemilihan posisi tengah juga dikarenakan posisi ini merupakan posisi yang dipengaruhi oleh semua pergerakan partikel yang mengelilingi, dan paling banyak dipengaruhi oleh cuaca. Selain itu, pemilihan jangka waktu penelitian yaitu sebelum masa *open traffic* yaitu hingga waktu 28 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat ditentukan sebagai berikut:

Bagaimana pengaruh terhadap deformasi beton perkerasan kaku dengan *wiremesh* pada posisi tengah

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mengetahui pengaruh terhadap deformasi beton perkerasan kaku dengan *wiremesh* pada posisi tengah

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Wiremesh* yang digunakan dipasang pada posisi tengah.
2. *Wiremesh* yang digunakan adalah M10
3. Pengamatan dilakukan selama umur 2-28 hari.
4. Benda uji yang akan digunakan adalah perkerasan kaku yang sedang di kerjakan di lokasi Jalan Korpri – Purwotani pada STA 0+450

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai pengaruh penggunaan *wiremesh* terhadap deformasinya beton pada perkerasan kaku yang sesungguhnya.
2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan *wiremesh* terhadap susut beton perkerasan kaku.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang merupakan kerangka dari penulisan skripsi diperlukan untuk mempermudah melihat dan mengetahui pembahasan pada penelitian ini. Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat dari penelitian, batasan masalah penelitian, sistematika penulisan, dan kerangka pikir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian yang akan dilakukan meliputi pemilihan lokasi dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, data yang dibutuhkan, prosedur penelitian, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian yang sudah dilakukan dan saran untuk tindak lanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka berisi referensi-referensi yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

LAMPIRAN

Pada lampiran berisi data-data tambahan yang mendukung pada pembuatan skripsi ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Material beton ini banyak dijumpai pada bangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, maupun konstruksi yang lainnya. Beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) membentuk massa padat. Beton yang banyak digunakan saat ini adalah beton normal. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2002). Kelebihan utama beton adalah memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tarik yang dimilikinya rendah. Untuk mengatasi kelemahannya terhadap tarik maka beton dikombinasikan dengan baja tulangan, sehingga menjadi beton bertulang, dimana baja tulangan berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton.

2.2 *Curing*

Menurut ACI 308R-01-R08, Istilah "curing" sering digunakan untuk menggambarkan proses dimana beton semen hidrolis menjadi matang dan mengembangkan sifat mengeras seiring waktu sebagai hasil dari hidrasi semen yang terus menerus dengan adanya air dan panas yang cukup. Meskipun semua beton mengeras pada tingkat kematangan yang berbeda-beda seiring berjalannya waktu, kecepatan pengembangan ini bergantung pada lingkungan alami yang mengelilingi beton dan pada tindakan yang diambil untuk memodifikasi lingkungan ini dengan membatasi hilangnya air, panas, atau keduanya, dari beton, atau dengan memberikan kelembaban dan panas secara eksternal.

Pengeringan beton mempertahankan kadar air dan suhu yang memuaskan pada beton selama tahap awal untuk melepaskan panas hidrasi dan kelanjutan reaksi hidrasi. Hal ini memainkan peran utama dalam mengembangkan struktur mikro beton yang baik dengan meningkatkan daya tahan dan kekuatannya.(Rath dkk., 2018)

2.3 Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan tersebut, merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang digunakan selain dari perkerasan lentur (aspal). Perkerasan ini umumnya dipakai pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas yang cukup padat dan beban yang besar, seperti pada jalan - jalan lintas antar provinsi, jembatan layang (*fly over*), jalan tol, maupun pada persimpangan bersinyal. Jalan-jalan tersebut umumnya menggunakan beton sebagai bahan perkerasannya, namun untuk meningkatkan kenyamanan biasanya diatas permukaan perkerasan dilapisi asphalt.

Menurut SNI Pd-T-14-2003 perkerasan kaku dibedakan menjadi 4 macam, yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan.
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan.
4. Perkerasan beton semen pra-tegang.

Perkerasan kaku direncanakan untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman serta dalam umur rencana tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan kaku mampu:

1. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan penurunan atau lendutan yang dapat merusak perkerasan.

2. Mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) penggunaan perkerasan kaku memiliki keuntungan dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya antara lain:

1. Perkerasan memiliki tebal lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak.
2. Pelaksanaan konstruksi dan pengendalian mutu lebih mudah.
3. Pemeliharaan memerlukan biaya lebih rendah jika mutu pelaksanaan baik.
4. Pembuatan campuran lebih mudah.

Adapun kelemahan perkerasan kaku diantaranya:

1. Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
2. Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak atau tanpa daya dukung yang memadai, atau tidak dilaksanakan dengan baik (mutu pelaksanaan rendah).

2.2.1 Jenis Jenis Perkerasan Kaku

Berdasarkan Pd-T-14-2003, terdapat 4 jenis perkerasan kaku diantaranya yaitu:

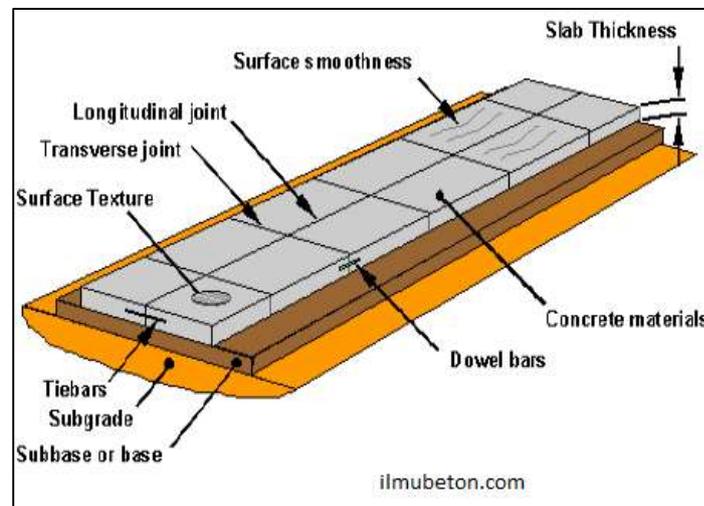
1. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (*Joint Plain/Unreinforced Concrete Pavement*)
2. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan (*Joint Reinforced Concrete Pavement*)
3. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan (*Continuously Reinforced Concrete Pavement*)
4. Perkerasan kaku pra tegang (*Prestressed Concrete Pavement*)

2.2.2 Struktur Perkerasan Kaku

Berdasarkan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) 2008 susunan lapisan perkerasan kaku terdiri dari:

1. Batuan dasar (*bedrock*)
Batu dasar dapat berupa batuan yang sangat retak dan lapuk, atau batuan yang masif dan kontinu.
2. Tanah dasar alami (*natural subgrade*)
Sesuai dengan pedoman konstruksi dan bangunan Pd T-14-2003, daya dukung tanah dasar dapat diukur dengan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) insitu sesuai dengan SNI 031731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989. Pengujian ini digunakan baik untuk perencanaan tebal perkerasan jalan yang sudah ada (lama) maupun perkerasan jalan baru. Jika nilai CBR tanah dasar kurang dari 2%, maka diperlukan pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm. Beton kurus tersebut diasumsikan memiliki nilai CBR tanah dasar efektif sekitar 5%.
3. Tanah dasar yang dipadatkan (*compacted subgrade*)
Lapisan tanah ini dapat berupa tanah asli, tanah hasil galian, atau timbunan yang telah dipadatkan. Fungsinya sebagai dasar tempat berdirinya lapisan-lapisan keras yang terletak di atasnya.
4. Pondasi bawah (*subbase course*)
Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK).
5. Pelat beton (*course slab*)
Pelat beton biasanya ditempatkan di atas satu atau beberapa sublapisan, tetapi dapat juga ditempatkan langsung di atas tanah dasar yang telah dipersiapkan untuk jalan dengan volume lalu lintas rendah. Penting untuk dicatat bahwa lapis pondasi bawah

didefinisikan sebagai lapisan yang berada tepat di bawah pelat beton, sementara lapisan subbase berada di bawah lapis pondasi bawah, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Kaku

2.4 Susut (*Shrinkage*)

Pada saat proses pematangan beton, beton akan mengalami fenomena susut. Penyusutan beton dapat menyebabkan retakan awal pada beton, dan secara umum, pelat memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan jenis elemen struktur lainnya, seperti balok dan kolom. Oleh karena itu, pelat cenderung mengalami retakan yang lebih beresiko. Meskipun ada upaya untuk mengurangi penyusutan beton, namun penyusutan dalam jumlah tertentu tidak dapat sepenuhnya dihindari. Penyusutan beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Susut plastis

Susut ini umumnya terjadi segera setelah beton segar dicor ke dalam cetakan atau ketika beton masih dalam fase plastis. Pada fase plastis, terjadi susut karena reaksi kimia dan apabila dilindungi terhadap pengaruh luar maka disebut susut *autogenous*. Pada fase plastis, ikatan antar partikel penyusun beton masih lemah, sehingga rentan terhadap penyusutan yang disebabkan oleh penguapan air dari permukaan beton.

Upaya pencegahan, seperti perlindungan dari angin kencang atau sinar matahari langsung, dapat membantu mengurangi efek penyusutan plastis ini selama fase awal pengerasan beton. (Matalkah et al., 2019)

2. Susut *autogenus*

Penyusutan ini terjadi tanpa pengaruh dari luar, hanya dipengaruhi oleh kondisi di dalam beton itu sendiri. Masalah ini paling umum terjadi pada beton berkekuatan tinggi. Beberapa jam setelah pengecoran beton, saat beton mulai mengeras, seringkali terjadi retak susut autogenous untuk pertama kalinya. Periode krusial di mana tegangan tarik tertinggi terjadi biasanya berlangsung setelah 24 hingga 48 jam dari waktu pengaturan beton, sehingga diperlukan langkah-langkah pencegahan yang tepat untuk mengatasi retak susut autogenous ini (Cusson & Hoogeveen, 2008)

3. Susut kering

Susut kering terjadi setelah proses hidrasi semen sebagian besar telah terjadi. Susut kering adalah kondisi dimana penguapan menyebabkan kehilangan air dari elemen beton. Karakteristik beton serta kondisi lingkungan memiliki dampak pada susut pengeringan beton. Faktor-faktor karakteristik beton seperti rasio air-semen (w/c), jenis semen, dosis semen, karakteristik agregat, dosis agregat, komposisi campuran, dan lain sebagainya, dapat mempengaruhi tingkat susut kering. Selain itu, kondisi lingkungan, termasuk suhu udara, kelembapan relatif, dan faktor-faktor lainnya, dapat mempengaruhi proses penguapan air dari beton (Jianxia, 2012)

2.5 *Wiremesh*

Wiremesh adalah bahan konstruksi terdiri dari jaringan logam yang terbuat dari kawat baja, diatur dalam pola berbentuk segi empat atau persegi. Secara umum, *wiremesh* digunakan untuk memberikan penguatan pada beton atau struktur bangunan dan diletakkan di dalam beton. *Wiremesh* berfungsi untuk

meningkatkan kekuatan struktural, mengurangi risiko retak, dan memberikan tambahan dukungan konstruktif.

Struktur *wiremesh* terdiri dari dua set kawat baja yang saling bersilangan dan terhubung di persimpangan melalui proses pengelasan atau penenunan. Ukuran dan bentuk pola jaringan *wiremesh* dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi. Penggunaan *wiremesh* umumnya pada proyek konstruksi seperti pembangunan jalan, jembatan, dinding, dan struktur beton lainnya.

2.6 American Concrete Institute (ACI) 209R 1992

Perhitungan susut yang berdasarkan ACI 209R 1992 dengan Persamaan 2.1 – 2.3 sebagai berikut :

$$(\epsilon_{sh})_t = \frac{t}{35+t} (\epsilon_{sh})_u \dots\dots\dots(2.1)$$

$$(\epsilon_{sh})_t = \frac{t}{35+t} 780\gamma_{sh} \times 10^{-6} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\gamma_{sh} = \gamma_{cp} \cdot \gamma_{\lambda} \cdot \gamma_h \cdot \gamma_s \cdot \gamma_{\psi} \cdot \gamma_c \cdot \gamma_{\alpha} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan

T : Waktu

$(\epsilon_{sh})_t$: Regangan susut saat t

$(\epsilon_{sh})_u$: Regangan susut *ultimate*

γ_{sh} : Faktor koreksi

Beberapa faktor koreksi untuk perhitungan susut diantaranya :

a. *Curing*

Faktor koreksi *curing* dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Faktor Koreksi *Curing*

<i>Moist curing duration, days</i>	<i>Shrinkage γ_{cp}</i>
1	1,2
3	1,1
7	1,0
14	0,93
28	0,86
90	0,75

(Sumber: ACI 209R-92)

b. Kelembapan relatif (*Relative humidity*)

Faktor koreksi kelembapan relatif ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Kelembapan Relatif

<i>Relative Humidity, Percent</i>	<i>Creep γ_{λ}</i>	<i>Shrinkage γ_{λ}</i>
<40	1,00	>1,00
40	1,00	1,00
50	0,94	0,90
60	0,87	0,80
70	0,80	0,70
80	0,73	0,60
90	0,67	0,30
100	0,60	0,00

(Sumber: ACI 209R-92)

Atau untuk kelembapan relatif yang lebih besar dari 40 % dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.4.a-2.4.b berikut :

$$\gamma_{\lambda} = 1,40 - 0,0102\lambda, \text{ untuk } 40 \% \leq \lambda \leq 80 \% \dots\dots\dots(2.4.a)$$

$$\gamma_{\lambda} = 3,00 - 0,0302\lambda, \text{ untuk } 80 \% \leq \lambda \leq 100 \% \dots\dots\dots(2.4.b)$$

Keterangan

 γ_{λ} : Faktor koreksi kelembapan relatif λ : Kelembapan relatif (%)

c. Ketebalan rata-rata

Ketebalan rata-rata untuk pelat ≥ 2 in. ≤ 15 in. dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Ketebelan Rata – Rata

Average Thickness of Member		Creep γ_h		Shrinkage γ_λ	
In.	mm	≤ 1 year	Ult. value	≤ 1 year	Ult. value
2	51	1,30	1,30	1,35	1,35
3	76	1,17	1,17	1,25	1,25
4	104	1,11	1,11	1,17	1,17
5	127	1,04	1,04	1,08	1,08
Eqs.		(2 – 17)	(2 – 18)	(2 – 19)	(2 – 20)
6	152	1,00	1,00	1,00	1,00
8	203	0,96	0,96	0,93	0,94
10	254	0,91	0,93	0,85	0,88
12	305	0,86	0,90	0,77	0,82
15	381	0,80	0,85	0,66	0,74
<i>This method is recommended for average thickness (part being considered) up to about 12' to 15'. (305 to 381 mm)</i>					

(Sumber: ACI 209R-92)

Untuk faktor koreksi ketebalan pelat selain yang disajikan dalam Tabel 2.3 dapat dihitung dengan Persamaan 2.6 – 2.7 berikut:

Selama tahun pertama permuaian :

$$\gamma_h = 1,23 - 0,000015 h \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk nilai *ultimate* :

$$\gamma_h = 1,17 - 0,0114 h \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

γ_h : Faktor koreksi ketebalan perkerasan kaku

h : Ketebalan perkerasan kaku (mm)

d. *Slump*

Faktor koreksi *slump* atau kekentalan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$\gamma_s = 0,89 - 0,00161 s \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

γ_s : Faktor koreksi *slump*

s : Nilai *slump* (mm)

e. Presentase Agregat Halus

Faktor koreksi persentase agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.9 dan 2.10 sebagai berikut:

Untuk $\psi \leq 50 \%$

$$\gamma_\psi = 0,30 - 0,014 \psi \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk $\psi \geq 50 \%$

$$\gamma_\psi = 0,90 - 0,002 \psi \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan

γ_ψ : Faktor koreksi persentase agregat halus

h : Rasio agregat halus terhadap total agregat menurut beratnya (%)

f. Kandungan Semen

Faktor koreksi kandungan semen ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\gamma_c = 0,75 - 0,00061 c \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

γ_c : Faktor kandungan semen

c : Kandungan semen (kg/m^3)

g. Kandungan Udara

Faktor koreksi kandungan udara ditentukan dengan Persamaan 2.12 berikut:

$$\gamma_\alpha = 0,75 - 0,00061 \alpha \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

γ_c : Faktor kandungan udara

α : Kandungan semen (%)

2.7 Penelitian Terdahulu

(Zhang dkk., 2022) melakukan penelitian dengan total 36 sampel beton bertulang dengan dimensi 150mm × 150mm × 450mm untuk mengevaluasi nilai kekuatan beton dan perbandingan tulangan longitudinal terhadap penyusutan sampel beton menggunakan uji susut. Tulangan yang diterapkan mencakup *hot-rolled ribbed* HRB500 diameter 12 mm, HRB600 diameter 10 mm, dan sengkang dengan diameter 6 mm, jarak 38 mm. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan beton dari 35MPa menjadi 58,2MPa, sementara tingkat penyusutan beton mengalami penurunan sekitar 30%. Rasio tulangan juga meningkat dari 0 menjadi 2,01%, dan tingkat penyusutan beton menurun sekitar 40%.

(Zuhuri & Kopa, 2021) melakukan analisis terhadap pengaruh penguatan *wiremesh* terhadap kekuatan pilar di tambang bawah tanah melalui pengujian skala laboratorium. *Wiremesh* yang digunakan memiliki diameter 8 mm, sedangkan sampel pilar dibuat dari bahan silinder homogen yang terbuat dari campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1:2. Sampel pilar dibuat agar mendekati kekuatan batubara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan perkuatan (*wiremesh*) mengakibatkan peningkatan nilai kekuatan pada pilar. Pada awalnya, pilar tanpa perkuatan memiliki kekuatan tekan uniaksial sebesar 10,4 MPa. Setelah dilakukan penguatan dengan *wiremesh*, nilai kekuatan pilar meningkat menjadi 14,65 MPa, mengalami peningkatan sebesar 42,5%.

(Niken dkk., 2018) menyajikan hubungan antara kelembapan relatif dan temperatur lingkungan terhadap perilaku deformasi satu sampel pelat beton dengan kuat tekan 60MPa. Penelitian ini dilakukan di Indonesia yang beriklim tropis lembap. Spesimen yang digunakan berukuran 3000 mm

×1600 mm × 150 mm. Perilaku diperoleh dengan menggunakan empat alat pengukur regangan titik kawat getar tertanam (VWESG). Hasilnya, terdapat hubungan yang sangat kuat antara kelembapan dan deformasi pada rentang umur 7 hingga 21 hari. Deformasi terbesar terjadi di bagian sudut dan fluktuasi deformasi pada posisi samping lebih besar dibandingkan di bagian sudut dan tengah. Puncak kelembapan relatif di sekitarnya sepenuhnya diikuti oleh lembah deformasi terdalam tepat waktu di sudut, sementara di posisi lain terdapat waktu tunda berkisar antara 8-11 jam. Terdapat hubungan yang kuat antara suhu udara sekitar dan deformasi pada kisaran 7 hingga 14 hari. Pengaruh kelembapan relatif sekitar terhadap perilaku beton lebih cepat dan lebih lama dibandingkan dengan suhu sekitar. Pengaruh temperatur lingkungan pada cuaca tropis lembap lebih pendek dibandingkan dengan cuaca tropis tidak lembap.

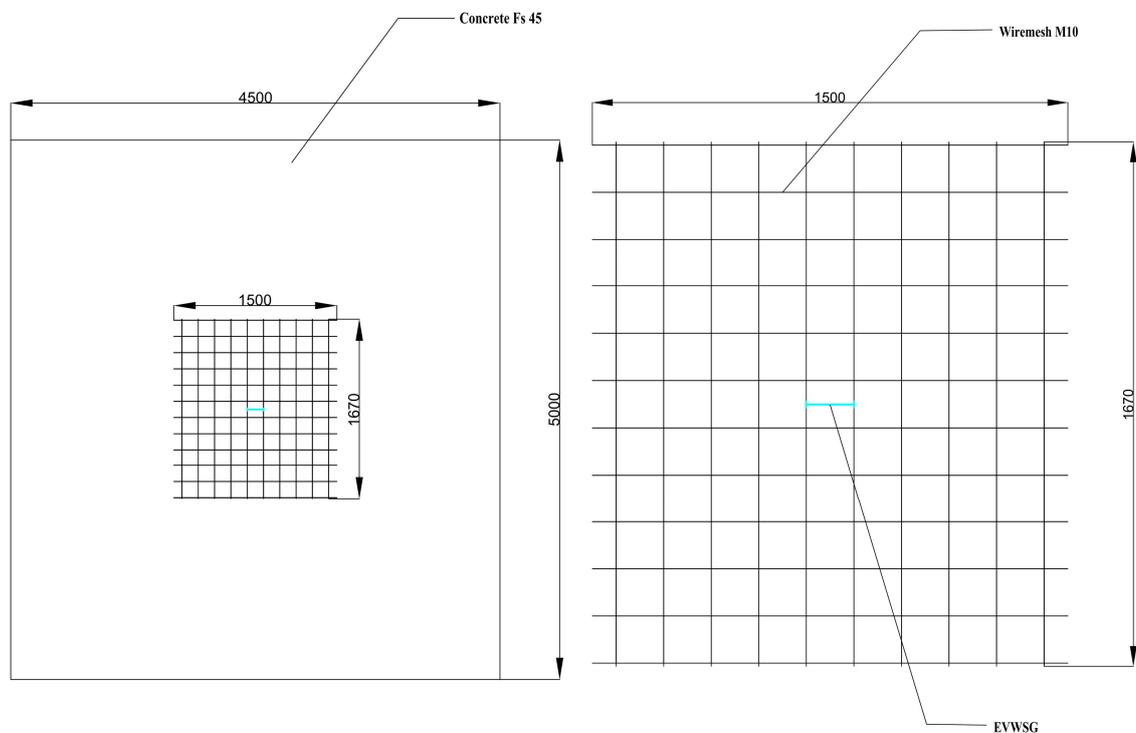
(Elzokra dkk., 2020) merangkum lebih dari 100 studi penelitian yang dipublikasikan. Secara umum, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penyusutan pada beton dimulai sejak dini. Penyusutan ini melewati tahapan yang berbeda dari waktu ke waktu, tergantung pada sifat penyusutan beton yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Selain itu, tulangan serat dianggap sebagai teknik yang berguna untuk mengurangi dan membatasi pengembangan susut plastis karena dapat meningkatkan rangkai tarik dan menunda keretakan beton. Shah dkk., (1994) juga mengatakan bahwa serat pendek yang didistribusikan secara acak merupakan salah satu metode untuk mengurangi efek buruk dari retak susut. Metode lain yang memungkinkan adalah penggunaan *wiremesh*.

(Niken C, 2023) Makalah ini menyajikan model deformasi berdasarkan kelembapan relatif di sekitarnya pada satu pelat beton skala penuh dengan kuat tekan 60MPa di mana pelat beton tersebut diletakkan di atas beberapa tumpuan. Penelitian ini dilakukan di Indonesia, sebuah negara dengan cuaca tropis lembap dengan kondisi kering-basah. Spesimen pelat berukuran 3.00m × 1.60m × 0.15m digunakan untuk percobaan. Beban diberikan pada umur 14 hari. Perilaku pelat beton diperoleh dengan menggunakan empat pengukur regangan kawat getar tertanam. Spesimen diamati antara periode 7 hingga 97

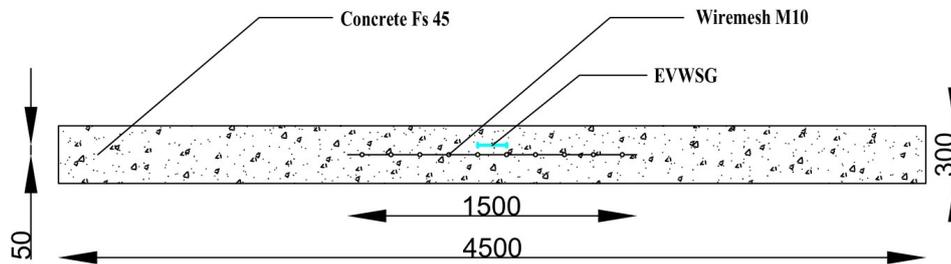
hari. Hasilnya, model deformasi mirip dengan model refleksi kelembaban relatif di sekitarnya. Hasil penelitian Omar dkk., 2008 di Malaysia juga menunjukkan kemiripan dengan model refleksi kelembaban relatif di sekitarnya (SRH). Model deformasi atau susut untuk pelat beton kinerja tinggi adalah $\epsilon_t = -SRH_t \cdot 10^{-5} + SRH_{initial} \cdot 10^{-5} \cdot f + C$. "f" adalah faktor kelembaban relatif awal, C adalah faktor yang berhubungan dengan posisi, dan luas permukaan. Sementara itu, kesalahan rata-rata pada posisi deformasi maksimum adalah sekitar 26,8%. Perbedaan yang besar menunjukkan bahwa tingkat kesulitan kelembaban masuk ke dalam jaringan pori.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara langsung dalam proyek Jalan Korpri – Purwotani, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan dengan menggunakan dua segmen benda uji yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) berukuran $4,5 \text{ m} \times 5$ dengan benda uji 1 dipasangkan *wiremesh* berukuran $1,67 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ di tengah segmen (15 cm dari permukaan perkerasan kaku) dan benda uji 2 tidak dipasang *wiremesh* dengan perlakuan sesuai dengan di lapangan. Penelitian menggunakan dua buah pengukur regangan tertanam kawat getar yang disebut EVWSG (*Embedded Vibrating Wire Strain Gauge*) dengan panjang 153 mm pada setiap benda uji. Posisi EVWSG berada pada 5 cm dari tengah segmen seperti yang terlihat pada Gambar 3.2. Skema pemasangan *wiremesh* dan *strain gauge* dapat dilihat dari Gambar 3.1 dan 3.2



Gambar 3.1. Tampak atas benda uji dengan EVWSG dengan *wiremesh*



Gambar 3.2 Potongan melintang dari perkerasan kaku

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada perkerasan kaku di Jalan Kopri – Purwotani, Jati Agung, Lampung Selatan.



Gambar 3.3 Lokasi penelitian

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

1. *Embedded Vibrating Wire Strain Gauge (EVWSG)* model 4200
Model 4200 *Series Vibrating Wire Embedment Strain Gauges* dirancang untuk ditanam langsung pada beton. Model 4200 (model standar) umumnya digunakan untuk pengukuran regangan pada pondasi, tiang

pancang, jembatan, bendungan, bejana penahan, liner terowongan, dll. EVWSG mampu mendeteksi regangan hingga $3000 \mu\epsilon$ dengan akurasi sekitar 0,025% dan suhu beton antara -80°C dan 60°C dengan akurasi sekitar 0,5%.



Gambar 3.4. *Embedded Vibrating Wire Strain Gauge (EVWSG) Model 4200*

(Sumber www.geokon.com)

2. *Handheld Readout (VW) Model GK-404*

Model GK-404 *Vibrating Wire Readout* adalah unit genggam portabel, berdaya rendah, yang mampu berjalan selama lebih dari 20 jam terus menerus pada dua baterai AA. Ini dirancang untuk pembacaan semua pengukur dan transduser kawat bergetar GEOKON, dan mampu menampilkan pembacaan dalam digit, frekuensi (Hz), periode (μs), atau *microstrain* ($\mu\epsilon$). GK-404 juga menampilkan suhu transduser (termistor tertanam) dengan resolusi $0,1^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.5. *Handheld Readout (VW) Model GK-404*

(Sumber www.geokon.com)

3. *Hygrometer*

Termometer ini digunakan untuk mengukur temperatur dan kelembapan relatif atau *relatif humidity (RH)* di sekeliling beton.



Gambar 3.6. *Hygrometer*

4. *Beton Ready Mix*

Penelitian ini menggunakan beton *ready mix* dari PT. Radja Mix dengan mutu fs 4,5 MPa.

5. *Wiremesh*

Dalam penelitian ini, *wiremesh* yang digunakan adalah M10 dengan dimensi 1,67 m × 1,5 m. Dimensi tersebut mencakup panjang 1/3 dari sisi panjang segmen dan lebar 1/3 dari sisi pendek segmen.

Tabel 3.1 Hasil Uji Lab *Wiremesh* M10

No.	Fy (MPa)	Fs (MPa)
1	613,74	613,81
2	604,77	604,80
3	480,80	480,84



Gambar 3.7. *Wiremesh*

3.3 Pembuatan Benda Uji

Setelah menyiapkan peralatan dan bahan, langkah berikutnya pembuatan benda uji. Fokus penelitian ini adalah deformasi pada perkerasan kaku. Benda uji yang akan dibuat adalah segmen perkerasan kaku yang sesuai kondisi jalan tol sebenarnya, dengan ukuran 4,5 m × 5 m, terdiri dari dua segmen. Satu segmen akan dilengkapi dengan tulangan *wiremesh* dan dipasang alat EVWSG, sementara segmen lainnya hanya dipasang alat EVWSG. Kedua segmen tersebut akan diamati selama 28 hari.

3.4 Pengujian *Workability* Beton Segar

Pada saat beton dalam kondisi segar diuji kelecakannya dengan menggunakan *slump test*. Menurut SK SNI M-12-1989-F, tahapan pelaksanaan pengujian nilai *slump* sebagai berikut:

1. Kerucut abrams bagian dalam dan bagian luar dibersihkan dengan air.
2. Cetakan kerucut diletakkan di atas pelat baja.
3. Adonan beton dimasukkan hingga 1/3 tinggi kerucut kemudian dipadatkan dengan cara menumbuknya menggunakan tongkat besi ujung bulat sebanyak 25 kali, dengan memegang kaki kerucut kuat - kuat.
4. Adonan selanjutnya dimasukkan sampai dua lapis berikutnya dan dipadatkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya sampai cetakan terisi penuh, pada bagian atas diratakan dengan sendok semen.
5. Cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
6. Tinggi penurunan yang terjadi diukur dari permukaan cetakan kerucut abrams ke permukaan beton segar, besar penurunan ini disebut nilai *slump test*.

3.5 Perlakuan Benda Uji Saat Penelitian

Penelitian dilakukan pada hari ke dua atau setelah 24 jam pertama. Terhadap benda uji dilakukan *curing* menggunakan *geoteks* yang disiram air setiap pagi hari, lalu setelah hari ke 10, *geoteks* diangkat dan tetap dilakukan *curing* namun hanya disiram dengan air 1 kali sehari hingga hari ke 28.

3.6 Metode Pengamatan Deformasi Terhadap Temperatur dan RH Sekeliling Sampel

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan regangan dan suhu di dalam sampel selama 28 hari dimulai dari hari ke 2 – hari ke 28. Pengambilan data tersebut menggunakan alat *Handheld Readout* (VW) Model GK-404 yang dijepitkan dengan kabel yang tersambung dengan *Embedded Vibrating Wire*

Strain Gauge (EVWSG) Model 4200. Pengamatan dengan *hygrometer* untuk mendapatkan nilai temperatur dan RH sekitar dilakukan pada saat yang bersamaan dengan nilai deformasi. Rentang waktu pengambilan data dilakukan seperti Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.2. Rentang waktu pengambilan data

Hari	Waktu (24 jam)
2	per 1 jam
3 - 10	per 2 jam
11 - 28	per 12 jam

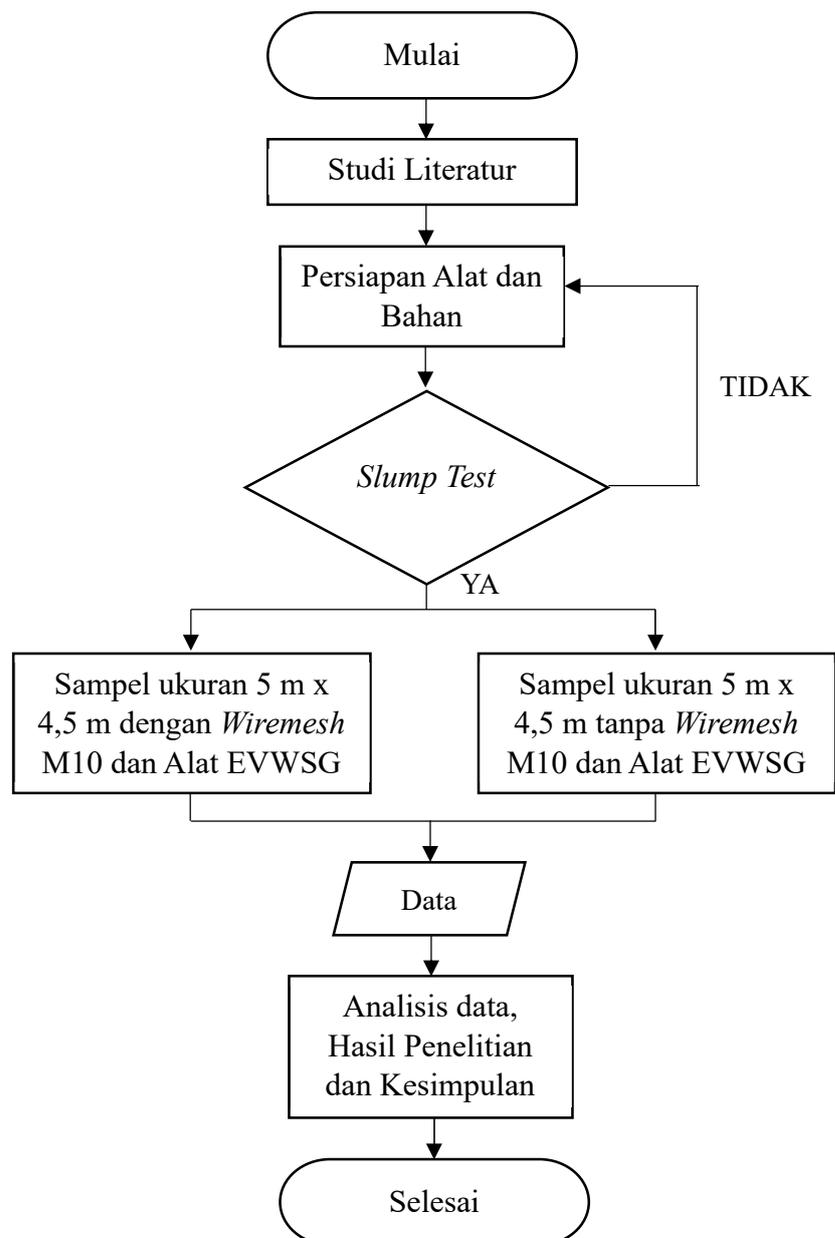
3.7 Analisis Hasil Penelitian

Data yang didapat dari *strain gauge* di masing – masing segmen di analisis secara terpisah dikarenakan satu segmen memakai *wiremesh* sedangkan segmen yang lain tidak. Oleh sebab itu, nilai deformasi dan suhu di dalam beton tidak digunakan sebagai parameter statistik. Data yang dihasilkan di masing masing segmen disatu waktu hanya menghasilkan satu data dan tidak rata – rata. Terkait data yang hanya dilakukan 1 kali pengambilan dapat diandalkan, dikarenakan alat telah dikalibrasi sebelumnya dan menggunakan skala penuh

Data yang didapatkan dari masing – masing segmen adalah regangan dan suhu di dalam perkerasan kaku yang menggunakan *wiremesh* dan yang tidak menggunakan *wiremesh*. Hasil yang didapatkan perbandingan dari deformasi pada 2 segmen tersebut. Data deformasi tersebut disandingkan dengan hasil pengamatan suhu di dalam beton, suhu dan kelembapan sekeliling baik pada segmen dengan *wiremesh* atau tanpa *wiremesh*. Deformasi tersebut dibuatkan model matematisnya dengan bantuan program dari Microsoft Excel. Parameter yang dibutuhkan diperoleh melalui metode *trial and error*, dengan memilih penyimpangan terkecil. Situasi ini wajar karena parameter tersebut bergantung pada posisi *strain gauge*. Hasilnya akan dibandingkan antara perkerasan kaku yang menggunakan *wiremesh* dan tidak memakai *wiremesh*.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan representasi visual dari urutan langkah-langkah atau proses dalam suatu sistem, algoritma, atau prosedur. Diagram ini menggunakan simbol-simbol grafis untuk menggambarkan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam proses atau urutan tindakan. Adapun diagram penelitian dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.8. Diagram alir penelitian

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu “Pengaruh Pemasangan *Wiremesh* Terhadap Deformasi Perkerasan kaku di tengah Segmen Sebelum Masa *Open Traffic*”, diperoleh kesimpulan bahwa pemasangan *wiremesh* pada perkerasan kaku pada posisi tengah pada mulai hari ke-2 hingga ke-28 (sebelum masa *open traffic*) mengurangi *strain* dengan rata rata penurunan sebesar 1,09%. Deformasi pada perkerasan kaku juga dipengaruhi oleh suhu beton, suhu sekitar, dan kelembapan relatif. Semakin tingginya dari kelembapan relatif, menurunnya suhu lingkungan dan suhu beton, namun hal ini mempengaruhi kenaikan pada *strain*. Sebaliknya jika kelembapan relatif turun hal ini, memperngaruhi dari naiknya suhu beton dan suhu lingkungan, dan mengakibatkan penurunan dari *strain*.

5.2 Saran

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran yang dapat penulis sampaikan untuk penyempurnaan ada/atau kelanjutan penelitian dapat dirangkum dalam poin berikut:

1. Pastikan kondisi alat dalam keadaan baik, sehingga kemungkinan terjadinya *error* pada data lebih kecil
2. Perlu adanya metode yang lebih baik dalam halnya pemasangan alat EWVSG dalam perkerasan kaku
3. Perlu dilakukan penelitian lebih dalam mengenai deformasi dalam jangka waktu yang lebih lama

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington DC.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- American Concrete Institute, (1992). ACI 209R-92: Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structure,
- Bina Marga. (2017). Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/Bm/2017. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Cusson, D., & Hoogeveen, T. (2008). Internal curing of high-performance concrete with pre-soaked fine lightweight aggregate for prevention of autogenous shrinkage cracking. *Cement and Concrete Research*, 38(6), 757–765. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2008.02.001>
- Elzokra, A., Al Hourri, A., Habib, A., Habib, M., & Malkawi, A. B. (2020). Shrinkage behavior of conventional and nonconventional concrete: A review. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 6(9), 1839–1851. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091586>
- Huang, L., Hua, J., Kang, M., Zhou, F., & Luo, Q. (2019). Capillary tension theory for predicting shrinkage of concrete restrained by reinforcement bar in early age. *Construction and Building Materials*, 210, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.154>
- Jianxia, S. (2012). Durability Design of Concrete Hydropower Structures. *Comprehensive Renewable Energy*, 377–403. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00619-3>
- Mahfuda, A., Siswosukarto, S., & Suhendro, B. (2023). The Influence of Temperature Variations on Rigid Pavement Concrete Slabs. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 139–150. <https://doi.org/10.22146/jcef.5744>
- Matalkah, F., Jaradat, Y., & Soroushian, P. (2019). Plastic shrinkage cracking and bleeding of concrete prepared with alkali activated cement. *Heliyon*, 5, 1514. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019>
- Niken C. (2023). Short-term Deformation Model based on Surrounding Relative Humidity of Concrete Plate under Humid Tropical Weather. *Civil and Environmental Research*. <https://doi.org/10.7176/ce/15-1-04>
- Niken, C., Elly, T., Supartono, F. X., & Laksmi, I. (2018). Deformation of high performance concrete plate under humid tropical weather. *IOP Conference*

Series: Materials Science and Engineering, 316(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/316/1/012036>

- Rath, B., Deo, S., & Ramtekkar, G. (2018). Curing: The easiest and cheapest method to increase the durability and strength of concrete. *Facta Universitatis - Series: Architecture and Civil Engineering*, 16(3), 475–487.
<https://doi.org/10.2298/fuace180919023r>
- Ridwan, A., & Romadhon, F. (2019). Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Plosoklaten - Gedangsewu Kabupaten Kediri. *Jurnal Aplikasi Pelayaran Dan Kepelabuhanan*, 9(2), 153.
<https://doi.org/10.30649/jurapk.v9i2.62>
- SNI 07:2529:1991 (1991) Metode Pengujian kuat Tarik baja beton : Badan Standarisasi Nasional
- SNI 1972:2008. (2008). Metode Pengujian Slump Beton. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2493:2011. (2011). Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847:2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Soltani, M., An, X., & Maekawa, K. (2004). Cracking response and local stress characteristics of RC membrane elements reinforced with welded wire mesh. *Cement and Concrete Composites*, 26(4), 389–404.
[https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(03\)00035-0](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00035-0)
- Zhang, G., Chen, P., Si, X., Wang, J., & Han, Y. (2022). Research on Shrinkage and Shrinkage Models of Reinforced Concrete Specimens. *The Open Civil Engineering Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/18741495-v16-e221103-2022-37>
- Zuhuri, A. A., & Kopa, R. (2021). ANALISIS PENGARUH PERKUATAN WIRE MESH TERHADAP KEKUATAN PILAR DI TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN PENGUJIAN SKALA LABORATORIUM. *Jurnal Bina Tambang*, 6(5).