

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu adalah studi atau penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain di bidang yang sama atau terkait dengan topik yang sedang diteliti. Hal ini sangat penting karena dapat membantu memperluas pemahaman topik penelitian, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, serta menunjukkan relevansi penelitian yang sedang dilakukan.

Dalam penelitian ini penulis menyajikan 15 artikel seperti yang terdapat dalam tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel. 2.1 Penelitian Terdahulu

NO	JUDUL	AUTHOR	TERBIT (JUDUL JURNAL,TA HUN)	PERSAMAAN/PERBE DAAN DENGAN TEMA RISET
1	Analisis Peningkatan Jalan Akibat Kerusakan Struktur Perkerasan Di Atas Tanah Ekspansif	Faizul Chasanah	Jurnal Teknisia, Mei 2015	Persamaan: Obyek yang sama yaitu kerusakan pada badan jalan.  Perbedaan: Penanganan peningkatan badan jalan hanya dengan metode overlay, sedangkan pada riset penulis dengan

				rekonstruksi badan jalan dan pemberian CCSP untuk memperkuat penopang badan jalan.
2	Konsep Desain Geosintetik Untuk Konstruksi Jalan	Gaow Tjie-Liong	Indonesia Chapter of IGS, April 2006	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan Geosintetik untuk peningkatan konstruksi jalan.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel tidak disebutkan penyelesaian akhir dalam penanganan peningkatan jalan tersebut hanya metodenya saja memakai geosintetik.</p> <p>Sedangkan pada riset penulis menuliskan di BAB IV dalam penggunaan geosintetik yang diisi agregat B sebagai alas timbunan kemudian dijahit sehingga menyerupai bantal sebagai perkuatan lapisan badan jalan.</p>
3	Metode Pelaksanaan Lapis Pondasi	Andhika Ulil Amri, dkk	Jurnal Media Konstruksi, Desember	<p>Persamaan:</p> <p>Penggunaan lapis pondasi Agregat Kelas</p>

	Agregat Kelas A “Studi Kasus Rekonstruksi Jalan lingkar Wawonii”.		2021	A Perbedaan: Pada artikel finishing hanya sampai pematatan Lapis Agregat saja. Sedangkan pada riset penulis finishing konstruksi badan jalan adalah hampar laston ACWC.
4	Perkuatan dan Stabilisasi Badan Jalan Menggunakan Sistem Plat Spun Pile	Putra Agung Maha Agung, dkk	Construction and Material Journal, Maret 2020	Persamaan: Rekonstruksi badan jalan. Perbedaan: Pada artikel dituliskan dalam penyelesaian masalah adalah dengan mengganti landasan konstruksi badan jalan dengan plat beton yang didukung oleh sistem pondasi spun pile. Sedangkan dalam riset penulis dalam penyelesaian masalah badan jalan dengan rekonstruksi badan jalan dengan menggali badan jalan dengan landasan Agregat kelas B yang di

				bungkus dengan Geotek Non Woven yang kemudian ditimbung oleh Agregat kelas A dan di perkuat dengan turap CCSP.
5	Penggunaan Geotextile Non Woven Pada Proyek Peningkatan Jalan Anjir Pasar Marabahan	Tria Dika Kumala -	Buletin Profesi Insinyur, 2018	<p>Persamaan:</p> <p>Penggunaan geotek non woven sebagai sarana separator dari tanah asal dengan tanah timbunan dalam peningkatan jalan.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel tanah dasar berupa tanah gambut. Sedangkan dalam riset penulis tanah dasar adalah lempung.</p>
6	Analisa Stabilitas Timbunan Pada Konstruksi Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode	Aisyah Anugerah Arsy, dkk	Dura Space Naskah Publikasi, November 2018	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan Geotekstil sebagai menstabilkan timbunan dalam konstruksi badan jalan.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel pada konstruksi badan jalan dengan perkuatan geotekstil menggunakan</p>

	Fellenius			metode fellenius, sedangkan pada riset penulis menggunakan geotekstil sebagai pembungkus agregat B dalam menstabilkan timbunan.
7	Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar Pada Proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta. 9 + 550 – 9 + 850	Savira S. Kirana A., dkk	Jurnal Teknik ITS, 2020	<p>Persamaan:</p> <p>Jenis tanah di lokasi pekerjaan sebagian tanah lempung dan sebagian tanah keras. Juga sama-sama menggunakan geotek sebagai pelapis dalam perkuatan tanah.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel geotek hanya 1 lapis saja sebagai dasar dari timbunan tanah baru, sedangkan pada riset penulis menginformasikan bahwa geotek sebagai pembungkus agregat B yang menyerupai bantal besar untuk perkuatan yang kemudian ditimbun material agregat A</p>

8	Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan Dengan Menggunakan Geotextile Ruas Jalan Ngawi Caruban	Yeni Anang Setiawan, dkk	Seminar Keinsinyuran Universitas Muhammadiyah Malang, 2021	<p>Persamaan: Pemakaian geotextile sebagai bahan perkuatan tanah untuk mencegah tercampurnya tanah timbunan dengan tanah bergerak/ekspansif.</p> <p>Perbedaan: Pada artikel geotek hanya 1 lapis saja sebagai dasar pembatas dari timbunan tanah baru dan tanah asli, sedangkan pada riset penulis menginformasikan bahwa geotek sebagai pembungkus agregat B yang menyerupai bantal besar untuk perkuatan yang kemudian ditimbun material agregat A.</p>
9	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Jalan Lingkar	Hendra Setiawan	Jurnal Teknik Sipil Universitas Tadulako, 2012	<p>Persamaan: Menanggulangi masalah penurunan tanah dengan perkuatan geotekstil.</p> <p>Perbedaan: Pada artikel di sebutkan bahwa penurunan tanah akibat dari kondisi pasang surut air laut</p>

	Donggala)			menyebabkan <i>differential settlement</i> , sedangkan pada riset penulis memberikan informasi bahwa penurunan tanah akibat bergeraknya tanah asli (lempung) mendesak dinding penahan tanah tepi badan jalan.
10	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Jalan Gubernur Syarkawi (Sp. Empat Handil Bakti – By Pass Banjarmasin)	Adhi Surya, dkk	Jurnal Keilmuan Teknik Sipil (Jurnal Kacapuri), Juni 2021	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan dinding penahan tanah untuk mengatasi masalah penurunan tanah.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel menggunakan dinding penahan tanah pasangan batu tipe <i>Graviasi</i>. Sedangkan pada riset penulis menggunakan dinding penahan tanah jenis <i>sheet pile</i> (CCSP).</p>
11	Perencanaan Turap / Retaining Wall Pembangunan Jalan Tol	Marbono Widya Diputra, dkk	Jurnal Teknik Pomits, Juni 2016	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan dinding penahan tanah untuk mengatasi masalah penurunan tanah.</p> <p>Perbedaan:</p>

	Gempol – Pandaan Sta. 6 +518 – 6 +575			Pada artikel menggunakan <i>Bored Piles</i> dan <i>Stell Pipe Pile (SPP)</i> sebagai turap/dinding penahan tanah . Sedangkan pada riset penulis menggunakan dinding penahan tanah jenis <i>sheet pile</i> (CCSP).
12	Evaluasi Dinding Penahan Tanah Bangunan Pelengkap Jalan Pada Ruas Jalan Sukabumi (Baros) – Sagaranten Km Bdg 115 + 200	Muhammad Kemal Pasha	Jurnal Teknik Sipil Universitas Nusa Putra, 2021	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan dinding penahan tanah untuk mengatasi masalah kerusakan jalan karena penurunan tanah.</p> <p>Perbedaan:</p> <p>Pada artikel menggunakan Bronjong sebagai turap/dinding penahan tanah . Sedangkan pada riset penulis menggunakan dinding penahan tanah jenis <i>sheet pile</i> (CCSP).</p>
13	Perencanaan Dinding Turap di tepi Sungai Pada Tanah Lunak	Muhammad Toyeb, dkk	JICE - Journal of Infrastructure and Cicil Engineering,	<p>Persamaan:</p> <p>Menggunakan dinding penahan tanah untuk mengatasi masalah kerusakan jalan karena</p>

			July 2022	penurunan tanah. Perbedaan: Pada artikel menggunakan Turap Baja sebagai turap/dinding penahan tanah lunak . Sedangkan pada riset penulis menggunakan dinding penahan tanah jenis <i>sheet pile</i> (CCSP) pada tanah agak keras.
14	Studi Pasangan CCSP Untuk Perkuatan Tanggul Pada Proyek Rentang Irrigation Modernization Project	Heru Wahaerudin, dkk	Jurnal Universitas Majalengka, September 2023	Persamaan: Menggunakan CCSP sebagai perkuatan dinding penahan tanah. Perbedaan: Pada artikel, pemasangan CCSP adalah untuk perkuatan dinding penahan tanah berupa tanggul dengan menggunakan CCSP tipe W325, sedangkan pada riset penulis menggunakan CCSP sebagai dinding penahan tanah tipe W350.

15	Pemancangan Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Pada Proyek Wonokromo River Improvement Surabaya Sub Project Package-3	Djoni Irianto, dkk	Jurnal Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya, Januari 2021	<p><b>Persamaan:</b> Menggunakan CCSP sebagai perkuatan dinding penahan tanah.</p> <p><b>Perbedaan:</b> Pada artikel tersebut pemancangan CCSP difungsikan untuk perkuatan dinding penahan tanah berupa tanggul dengan menggunakan CCSP tipe W350 B, sedangkan pada riset yang dilakukan penulis material CCSP sebagai dinding penahan tanah menggunakan tipe W350 A.</p>
----	--	--------------------	--	---

Sumber: Hasil Studi Pustaka, 2024

## **2.2 Landasan Teori**

Pada Bab II ini berisikan tinjauan pustaka yang merupakan kerangka berpikir. Tinjauan pustaka berisi uraian mengenai landasan teori serta tinjauan temuan - temuan hasil penelitian sebelumnya yang memiliki korelasi dengan permasalahan penelitian ini. Landasan teori merupakan teori yang digunakan sebagai landasan untuk melakukan pendekatan pada masalah penelitian.

### **2.2.1 Definisi dan Klasifikasi Jalan**

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan penunjang dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, baik itu yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, maupun di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (menurut UU No. 22 Tahun 2009).

Klasifikasi jalan fungsional di Indonesia berdasarkan peraturan perundangan UU No 22 tahun 2009 (Putra, 2022) adalah:

#### **1. Jalan Arteri**

Merupakan jalan yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk (akses) dibatasi secara efisien. Terdapat dua jalan arteri, yaitu:

##### **a. Jalan arteri primer**

Jalan arteri primer menghubungkan secara berdaya guna antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat

kegiatan wilayah. Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

b. Jalan arteri sekunder

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi seefisien dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota. Didaerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol.

2. Jalan Kolektor

Merupakan jalan yang berfungsi untuk melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan kolektor terbagi menjadi dua, jalan kolektor primer dan jalan kolektor sekunder.

a. Jalan kolektor primer

Jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kota-kota antar pusat kegiatan wilayah dan pusat kegiatan lokal dan atau kawasan-kawasan berskala kecil dan atau pelabuhan pengumpan regional dan pelabuhan pengumpan lokal.

b. Jalan kolektor sekunder

Jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota.

### 3. Jalan Lokal

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

#### a. Jalan lokal primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antarpusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antarpusat kegiatan lingkungan.

#### b. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder adalah menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dengan perumahan dan seterusnya sampai keperumahan.

### 4. Jalan Lingkungan

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

Menurut UU No 22 tahun 2009 Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan:

- a. Fungsi dan intensitas Lalu Lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan Jalan dan Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- b. Daya dukung untuk menerima muatan sumbu terberat dan dimensi Kendaraan Bermotor.

Pengelompokan Jalan menurut kelas Jalan berdasarkan Peraturan Pemerintah:

UU No.22 Tahun 2009 (Putra, 2022) kelas jalan dibagi kedalam empat kelas, yaitu kelas I, II, III, dan Khusus berdasarkan kemampuan untuk dilalui oleh kendaraan dengan dimensi dan Beban Gandar Maksimum Muatan Sumbu Terberat (MST) tertentu sebagaimana dimaksud pada pada ketentuan di atas terdiri atas:

1. Jalan kelas I, yaitu Jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton.
2. Jalan kelas II, Jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.

3. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak lebih melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton.
4. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

Kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan diatur sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang Jalan. Ketentuan lebih lanjut mengenai jalan kelas khusus sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf d diatur dengan peraturan pemerintah. Penetapan kelas jalan pada setiap ruas jalan dilakukan oleh:

- a. Pemerintah, untuk jalan nasional.
- b. Pemerintah provinsi, untuk jalan provinsi.
- c. Pemerintah kabupaten, untuk jalan kabupaten.
- d. Pemerintah kota, untuk jalan kota.

### **2.2.2 Jenis Perkerasan**

Jenis konstruksi perkerasan seharusnya disesuaikan dengan kondisi tiap-tiap tempat atau daerah yang akan dibangun jalan tersebut, khususnya

mengenai bahan material yang digunakan diupayakan mudah didapatkan disekitar trase jalan yang akan dibangun, sehingga biaya pembangunan dapat ditekan.

(Bamher, 2020) menyatakan bahwa berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat antar material. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan meneruskan serta menyebarluaskan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang terdiri atas beberapa lapis perkerasan. Susunan lapisan perkerasan lentur secara ideal antara lain lapis tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*) (Bakri, 2020).

Susunan perkerasan jalan yang digunakan pada umumnya terdiri dari 3 (tiga) lapisan diatas tanah dasar (*sub grade*) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1. Susunan Perkerasan Lentur  
Sumber: Bakri, 2020

## 2. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan lentur (Sari, 2021) . Lapisan permukaan terdiri dari dua lapisan yakni:

- a. Lapisan teratas disebut lapisan penutup (*Wearing course*)
- b. Lapisan kedua disebut lapisan pengikat (*Blinder Course*)

Perbedaan antara lapisan penutup dan lapisan pengikat yaitu pada komposisi campuran aspal. Mutu campuran pada lapisan penutup lebih baik daripada lapisan pengikat. Lapisan aspal merupakan lapisan yang tipis tetapi kuat dan bersifat kedap air. Adapun fungsi dari lapisan permukaan tersebut adalah:

- 1) Sebagai bagian dari perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban-beban roda kendaraan yang melintas diatasnya.
- 2) Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- 3) Sebagai lapisan aus (*Wearing Course*).
- 4) Sebagai lapisan yang menyebarkan beban kebagian bawah (*structural*) sehingga dapat dipikul oleh lapisan yang mempunyai daya dukung lebih jelek.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti

mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

### 3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian dari perkerasan terletak antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah (Paudi, 2022) . Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

### 4. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan lapisan tanah dasar (*sub grade*) (Paudi, 2022) .

Adapun fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bagian dari perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Untuk mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan diatasnya dapat dikurangi ketebalannya, untuk menghemat biaya.
- c. Sebagai lapisan peresapan, agar air tanah tidak mengumpul pada pondasi.

- d. Sebagai lapisan pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar.
- e. Sebagai lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik kelapisan pondasi atas.

#### 5. Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar adalah merupakan tanah asli, tanah galian atau tanah timbunan yang merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan jalan (Andajani, 2022). Kekuatan dan keawetan dari konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan tentang tanah dasar adalah :

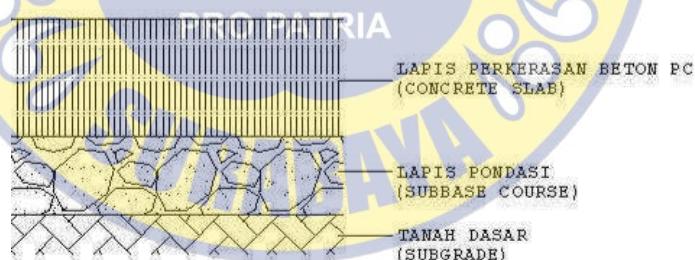
- a. Perubahan bentuk tetap (*deformasi*) permanen dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengambang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air yang terkandung di dalamnya.
- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya atau akibat pelaksanaannya.
- d. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk tetap.

Kriteria tanah dasar (*sub grade*) yang perlu dipenuhi adalah :

- a. Kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan 100% kepadatan kering maksimum untuk 30 cm langsung di bawah lapis perkerasan.

- b. Air Voids setelah pemedatan tidak boleh lebih dari 10% untuk timbunan tanah dasar dan tidak boleh lebih dari 5% untuk lapisan 60 cm paling atas.
- c. Pemedatan dilakukan bila kadar air tanah berada dalam rentang kurang 3% sampai lebih dari 1% dari kadar air optimum.
6. Kontruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat antar materialnya. Pelat beton dengan atar lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dilimpahkan ke pelat beton, mengingat biaya yang lebih mahal dibanding perkerasan lentur perkerasan kaku jarang digunakan, tetapi biasanya digunakan pada proyek-proyek jalan layang, apron bandara, dan jalan-jalan tol (Lendra, 2022).

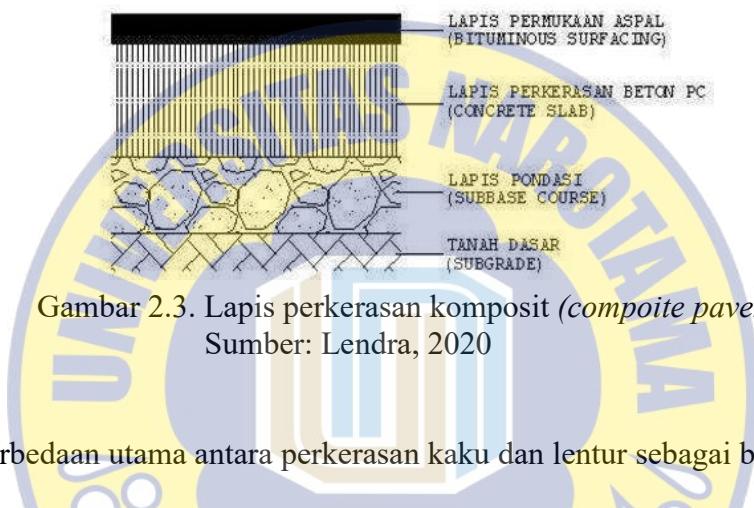


Gambar 2.2. Lapis *rigid pavement*  
Sumber : Lendra, 2020

Karena beton akan segerah mengeras setelah dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasan ini terdapat sambungan-sambungan beton atau joint. Pada perkerasan ini juga slab beton akan ikut memikul beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada *rigid pavement*.

## 7. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*).

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku. Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas.



Gambar 2.3. Lapis perkerasan komposit (*compoite pavement*)  
Sumber: Lendra, 2020

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur sebagai berikut:

Tabel 2.2 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No	Penyebab	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul Rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perlletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul teganganan	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, 1992

### **2.2.3 Jenis Kerusakan Jalan**

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B/1983 (Fikri, 2020) , jenis kerusakan jalan dapat dibedakan atas:

1. Retak (*Cracking*) : berupa retak halus (*hair cracking*), retak kulit buaya (*alligator crack*), retak pinggir (*edge crack*), retak refleksi (*reflecision crack*), retak susut (*shrinkage crack*)
2. Distorsi (*Distortion*) : berupa alur (*ruts*), keriting (*corrugation*), sungkur (*shoving*), amblas (*grade depression*), jembul (*upheavel*)
3. Cacat Permukaan (*Disentegration*) : berupa lubang (*potholes*), pelepasan butir (*reveling*), pengelupasan lapisan permukaan (*striping*)
4. Pengausan (*Polished aggregate*)
5. Kegemukan (*Bleending or flushing*)
6. Penurunan pada bekas penanaman utilitas

### **Faktor Penyebab Kerusakan Jalan**

(Farhan, 2022) Kerusakan pada suatu jalan dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sebagai berikut:

1. Lalu lintas yang berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
2. Air hujan dan system drainase yang kurang maksimal.
3. Sifat material konstruksi perkerasan dan system pengolahan material yang tidak baik
4. Iklim. Curah hujan yang tinggi dapat meruoakan salah satu penyebab

kerusakan jalan.

5. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh system pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat disebabkan oleh sifat tanah dasar yang memang jelek.
6. Proses pemanatan tanah dasar yang kurang baik.

#### **2.2.4 Pemeliharaan Jalan**

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 1985 Tentang Jalan, pemeliharaan jalan adalah usaha penanganan jalan yang meliputi perawatan, rehabilitasi, penunjang dan peningkatan (Fahmi, 2023) . Terdapat 3 jenis kategori pemeliharaan jalan, diantaranya adalah sebagai berikut:

##### **1. Pemeliharaan rutin**

Pemeliharaan rutin adalah penanganan terhadap lapis permukaan yang sifatnya untuk meningkatkan kualitas berkendaraan (*riding quality*), tanpa meningkatkan kekuatan struktural dan dilakukan sepanjang tahun. Pemeliharaan rutin dilakukan apabila nilai prioritas  $>7$  yang menandakan jalan dalam kondisi baik.

##### **2. Pemeliharaan Berkala**

Pemeliharaan berkala adalah pemeliharaan yang dilakukan terhadap jalan pada waktu tertentu (tidak menerus sepanjang tahun) dan sifatnya meningkatkan kemampuan structural jalan. Pemeliharaan ini dilakukan apabila urutan prioritas di angka 4 – 6 yang menandakan bahwa jalan mengalami kerusakan ringan.

### 3. Peningkatan Jalan

Peningkatan jalan adalah penanganan jalan guna memperbaiki pelayanan jalan yang berupa peningkatan structural dan atau geometriknya agar mencapai tingkat pelayanan yang direncanakan. Peningkatan jalan biasanya dalam bentuk lapis ulang permukaan (*overlay*) dengan urutan prioritas 0 – 3 yang menandakan jalan dalam kondisi rusak berat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan Dan Penilitian Jalan Pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai. (Fahmi, 2023)

Perbedaan antara pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala dan rehabilitasi jalan adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan rutin adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dengan interval penanganan kurang dari 1 (satu) tahun. Kegiatan pemeliharaan ini dibedakan atas yang direncanakan secara rutin (*cyclic*) dan tidak direncanakan yang tergantung pada kejadian kerusakan (*reactive*),
2. Pemeliharaan berkala adalah kegiatan pemeliharaan jalan yang dilakukan dengan interval penanganan beberapa tahun. Kegiatan pemeliharaan ini dilakukan baik untuk menambah nilai struktural

ataupun memperbaiki nilai fungsionalnya yang meliputi kegiatan-kegiatan yang bersifat pencegahan (*preventive*), pelaburan (*resurfacing*), pelapisan tambahan (*overlay*) dan rekonstruksi perkerasan (*rehabilitation*),

3. Rehabilitasi jalan adalah kegiatan pemeliharaan jalan yang dilaksanakan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan pada segmen tertentu yang mengakibatkan penurunan tidak wajar pada kemampuan pelayanan jalan pada bagian-bagian tertentu.

Menurut Permen PU No.13/PRT/M/2011 pasal 2 ayat (3), menyatakan bahwa lingkup pengaturan tata cara pemeliharaan jalan dan penilikan jalan, meliputi:

- a. Rencana umum pemeliharaan jalan;
- b. Survey pemeliharaan jalan;
- c. Pemrograman pemeliharaan jalan;
- d. Pembiayaan pemeliharaan jalan;
- e. Perencanaan teknis pemeliharaan jalan;
- f. Pelaksanaan pemeliharaan jalan;
- g. Penilikan jalan;
- h. Pengawasan termasuk pemantauan dan evaluasi, serta pelaporan kegiatan pemeliharaan jalan nasional, jalan provinsi dan jalan kabupaten/kota; dan
- i. Peran masyarakat dalam pemeliharaan jalan

Pemeliharaan jalan sebagaimana dimaksud meliputi pemeliharaan rutin,

pemeliharaan berkala, dan rehabilitasi jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapan jalannya.

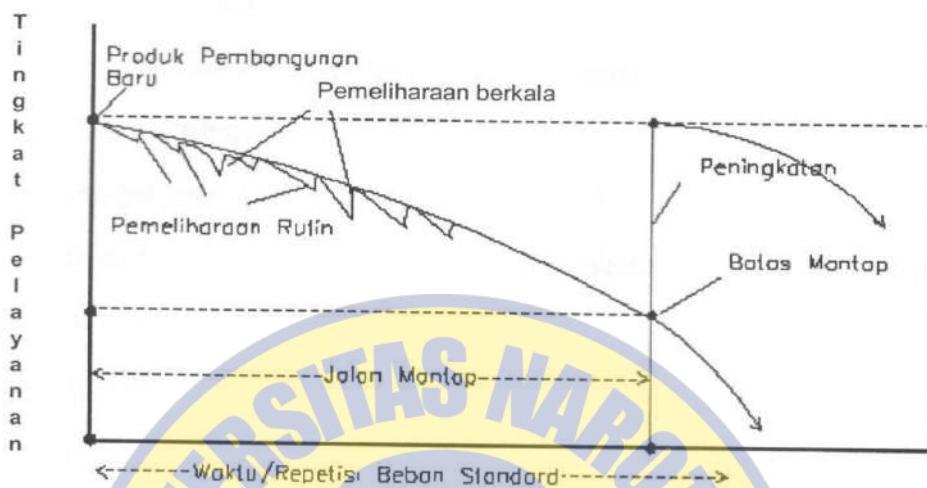
### **Umur Rencana Lapis Perkerasan Lentur Jalan (*flexible pavement*)**

Salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan adalah konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarluaskan beban lintas ke tanah dasar. Berbeda dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah (Krisdiyanto, 2022) . Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton berdasarkan Metode Perencanaan Perkerasan Lentur Analisa Komponen Dirjen Bina Marga tahun 1993 yang diadopsi dari AASTHO 1993 umur rencana dapat ditentukan berdasarkan jenis pekerjaan diantaranya pemeliharaan berkala selama 5 tahun dan peningkatan 10 tahun namun untuk Manual Desain Perkerasan (MDP) No.02/M/BM/2013 untuk umur rencana pekerasan lentur jalan baru selama 20 tahun.

### **Kinerja Perkerasan Jalan**

Kinerja perkerasan meliputi kinerja struktural (*structural performance*) maupun kinerja fungsional (*fungsional performance*). Kinerja perkerasan secara struktural meliputi keamanan atau kekuatan perkerasan, sedangkan kinerja perkerasan secara fungsional dinyatakan dengan Indek Permukaan (IP)

atau *Present Serviceability Index* (PSI) dan Indeks Kondisi Jalan atau *Road Condition Index* (RCI) (Hawa, 2023).



Gambar Grafik.2.4.Hubungan Tingkat Pelayanan Jalan terhadap Waktu dalam menentukan Pemeliharaan Rutin maupun Berkala  
Sumber : Modul Pemeliharaan Jalan Dirjen Bina Marga, 2009

Kinerja perkerasan jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan tingkat penurunan pelayanan perkerasan jalan di pengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kualitas produksi atau kualitas pekerjaan pada saat membangun jalan. Pengaruh tersebut sangat signifikan terhadap penurunan tingkat pelayanan jalan setelah jalan tersebut dibuka. Tingkat pelayanan jalan memiliki kriteria yang menjadi ukuran penilaian hasil dalam penyelenggaraan jalan pengertian kriteria adalah tingkat kerataan permukaan jalan yang dinyatakan dengan jumlah perubahan vertikal permukaan jalan untuk setiap semua panjang (mm/km) atau yang dinyatakan dengan IRI (International Roughness Index), IRI menjadi ukuran tingkat kerusakan jalan yang terjadi, semakin tinggi nilai IRI maka jalan

dikatakan makain besar tingkat kerusakannya (Hawa, 2023).

Tabel 2.3 Nilai Kerataan Permukaan Perkerasan Jalan (IRI)

RCI	Kondisi Visual	Tipe Permukaan Tipikal
8–10	Sangat rata dan halus	Hotmix (AC dan/HRS) yang baru dibuat/ ditingkatkan dengan beberapa lapisan.
7–8	Sangat baik dan rata	Hotmix setelah dipakai beberapa tahun atau lapisan tipis hotmix di atas Penetrasi Macadam.
6–7	Baik	Hotmix lama, Naca/Lasbutag baru
5–6	Cukup, sedikit/tidak ada lubang, Permukaan jalan tidak rata	Penetrasi Macadam, Latasbum baru, Lasbutag baru.
4–5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata	Penetrasi Macadam setelah pemakaian 2 atau 3 tahun, jalan kerikil yang tidak terpelihara.
3–4	Rusak, bergelombang, banyak lubang	Penetrasi Macadam lama, Latasbum lama, jalan kerikil yang tidak terpelihara.
2–3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur	Semua tipe perkerasan yang diabaikan
	Tidak dapat dilewati kecuali oleh kendaraan 4 WD	-

Sumber : Road Condition Index/RCI

Nilai Kerataan Permukaan Perkerasan Jalan (IRI) dapat diperoleh dari hasil survey menggunakan alat ukur kerataan *NAASRA Roughness Meter*

dengan mengacu pada SNI. 03-3426-1994, atau dapat ditentukan secara visual (*Road Condition Index/RCI*) dengan ketentuan skala pada Tabel 2.3.

### 2.2.5 Klasifikasi Tanah Gerak/Expansif

Tanah gerak/expansif yang juga disebut tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir, atau berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Kuat geser tanah ini ditentukan terutama dari kohesinya. Tanah gerak/expansif yang dimaksud disini adalah tanah yang didefinisikan sebagai tanah lempung dan gambut dengan nilai kuat geser kurang dari 25 kN/m<sup>2</sup> (Panduan Geoteknik 1, DPU 2002) (Setiawan, 2021).

Secara umum tanah kohesif umumnya mempunyai sifat-sifat teknis (*Engineering Properties*) sebagai berikut:

- a. Kuat geser rendah
- b. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah turun)
- c. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
- d. Berkurang kuat gesernya, bila kadar air bertambah
- e. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu
- f. Berubahnya volume dengan bertambahnya waktu akibat beban rangkak (*creep*) pada bagian yang konstan
- g. Merupakan material kedap air
- h. Material yang jelek untuk timbunan akan menghasilkan tekanan lateral yang tinggi memiliki kuat geser yang rendah dan sukar untuk dipadatkan

- i. Bersifat plastis dan kompresible
- j. Lereng akan mudah longsor

Nilai N-SPT untuk tanah lempung hanya sebagai pendekatan saja, sedangkan untuk tanah pasir pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Hubungan antara konsistensi, identifikasi, dan kuat tekan Bebas qu

Konsistensi Tanah Lempung	Identifikasi dilapangan	Qu (kN/m <sup>2</sup> )
Sangat gerak/expansif	Dengan mudah ditembus beberapa inci dengan kepalan tangan	<25
Gerak/expansif	Dengan mudah ditembus beberapa inci dengan ibu jari	25 - 50
Sedang	Melekuk bila ditekan dengan ibu jari, tapi dengan kekuatan besar	50 - 100
Kaku	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari	100 - 200
Sangat kaku	Dengan kesulitan, melekuk bila ditekan dengan ibu jari	200 - 400
Keras	Dengan kesulitan, melekuk bila ditekan dengan ibu jari	>400

Sumber : Terzaghi dan Peck, 1948 dalam Hardiyatmo, 2007

Tabel 2.5 Hubungan nilai N-Spt, tekanan konus, konsistensi dan kuat tekan bebas (qu) tanah lempung

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser <i>undrained</i> , Cu		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q (dari Sondir)	
	kPa	Ton/m <sup>2</sup>		Kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak ( <i>very soft</i> )	0 – 12,5	0 – 1,25	0 – 2,5	0 – 10	0-1000
Lunak ( <i>soft</i> )	12,5 – 25	1,25 – 2,5	2,5 – 5	10 – 20	1000-2000
Menengah ( <i>medium</i> )	25 – 50	2,5 – 5,0	5 – 10	20 – 40	2000-4000
Kaku ( <i>stiff</i> )	50 – 100	50 – 100	10 – 20	40 – 75	4000-7500

Sangat kaku ( <i>very stiff</i> )	100 - 200	100 - 200	20 - 40	75 - 150	7500- 15000
Keras ( <i>hard</i> )	>200	>20	>40	>150	>15000

Sumber : Terzaghi dan Peck, 1948 dalam Hardiyatmo, 2007

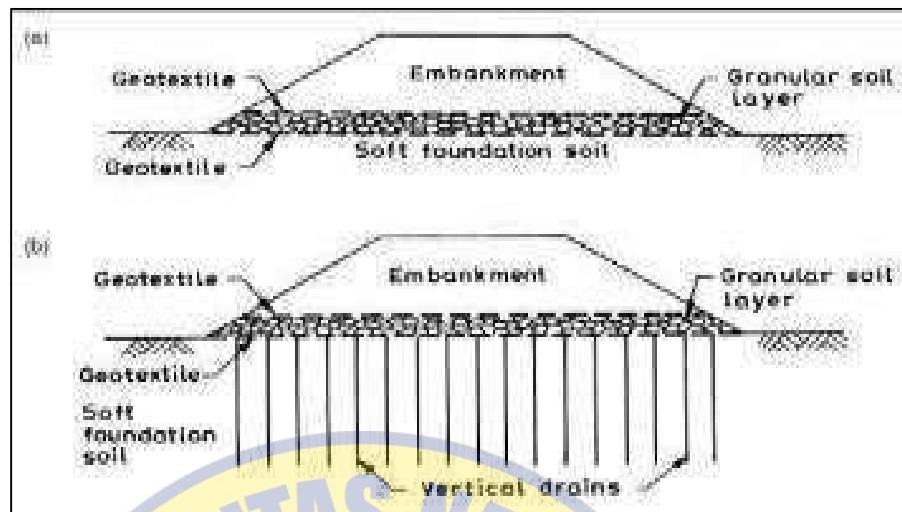
Tabel 2.6 Hubungan N-SPT dengan kerapatan Relatif (Dr) tanah pasir

Nilai N – SPT	Kerapatan Relatif (Dr)
< 4	Sangat tidak padat
4 – 10	Tidak padat
10– 30	Kepadatan sedang
30 – 50	Padat
>50	Sangat padat

Sumber : Terzaghi dan Peck, 1948 dalam Hardiyatmo, 2007

Alternatif penanganan yang lain adalah penggunaan lapisan geosintetik (geotekstil, geogrid atau geokomposit) di atas tanah dasar gerak/expansif dan membangun timbunan langsung di atasnya. Dalam hal ini akan dibutuhkan lebih dari satu lapis geosintetik, apabila tanah dasarnya memiliki zona lemah atau rongga akibat lubang amblasan, aliran sungai tua, atau kantung lanau, lempung ataupun gambut (Setiawan, 2021).

Untuk kondisi tersebut, lapisan geosintetik seringkali disebut sebagai lapisan perkuatan. Pada beberapa kasus, solusi yang paling efektif dan ekonomis kemungkinan adalah kombinasi dari metode perbaikan tanah konvensional dan/atau alternatif konstruksi lainnya bersamaan dengan penggunaan geosintetik.



Gambar 2.5 Timbunan di atas tanah dasar gerak/expansif (a) dengan basal drainage layer; (b) dengan pita drain vertikal dan basal drainage layer

Sumber : Perkuatan Timbunan Diatas Tanah Gerak/expansif, Bina Marga, 2009

## 2.2.6 Klasifikasi Tanah Lunak

Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan tanah yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai harga penetrasi standar (SPT) N yang lebih kecil dari 4. Nilai korelasi antara N-SPT pada jenis tanah lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.6 (Dahlia, 2020).

Tabel 2.7 Korelasi N-SPT dan Konsistensi (untuk tanah dominan lanau dan lempung)

Konsistensi Tanah	Taksiran harga kekuatan geser <i>undrained</i> , <i>Cu</i>		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, <i>q</i> (dari Sondir)	
	kPa	Ton/m <sup>2</sup>		Kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak ( <i>very soft</i> )	0 – 12,5	0 – 1,25	0 – 2,5	0 – 10	0-1000
Lunak ( <i>soft</i> )	12,5 - 25	1,25 – 2,5	2,5 – 5	10 – 20	1000 - 2000
Menengah ( <i>medium</i> )	25 – 50	2,5 – 5,0	5 – 10	20 – 40	2000 - 4000
Kaku ( <i>stiff</i> )	50 - 100	50 – 100	10 – 20	40 – 75	4000 - 7500

Sangat kaku ( <i>very stiff</i> )	100 - 200	100 – 200	20 – 40	75 – 150	7500 - 15000
Keras ( <i>hard</i> )	>200	>20	>40	>150	>15000

Sumber: Terzaghi dan Peck, 1948 dalam Hardiyatmo, 2017

## 2.2.7 Penurunan Konsolidasi

Penurunan tanah terjadi jika lapisan tanah dibebani, sehingga tanah mengalami rengangan atau penurunan (*settlement*). Rengangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori air didalam tanah tersebut. Penurunan tanah akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh terjadi dengan segera sesudah beban bekerja biasanya disebut penurunan segera (*immediate settlement*). Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastis yang dalam praktek sangat sulit memperkirakan besarnya penurunan segera. Penyebab sulitnya memperkirakan besarnya penurunan adalah karena kondisi alam dan sulitnya mengevaluasi kondisi tegangan dan regangan yang terjadi di lapisan tanah. (Widoanindyawati, 2021)

Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) adalah penurunan yang memerlukan waktu yang lama, waktu konsolidasi tergantung pada kondisi lapisan tanah dan terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak dibawah permukaan air tanah. Proses konsolidasi akibat pembebahan pada tanah berlangsung dalam 3 fase, yaitu;

1. Fase pertama, yaitu fase dimana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Akibat proses penekanan dari beban yang bekerja sehingga udara dari pori tanah keluar. Proporsi penurunan awal dapat dilihat dalam perubahan angka pori dan dapat ditentukan dari kurva waktu terhadap penurunan dari uji konsolidasi.
2. Fase kedua yaitu konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, dimana penurunan yang diakibatkan kecepatan aliran air yang meninggalkan rongga pori karena adanya tambahan tekanan pada tanah. Proses konsolidasi primer ini dipengaruhi oleh sifat asli tanah seperti permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horizontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air dimana air keluar pada lapisan yang lolos air ini.
3. Fase ketiga yaitu konsolidasi sekunder merupakan proses penurunan yang berjalan sangat lambat. Pada tanah-tanah anorganik penurunan konsolidasi sekunder jarang di perhitungkan karena pengaruhnya sangat kecil. Kecuali, pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung anorganik yang sangat mudah mampat.

Penurunan tanah diakibatkan oleh pengaruh angka pori dan hampir semua jenis tanah akan mengalami berkurangnya angka pori ( $e$ ). Hal ini terjadi bila beban vertikal bertambah dan apabila beban yang bekerja dikurangi maka angka pori ( $e$ ) pada tanah akan bertambah (Widoanindyawati, 2021).

## **2.2.8 Metode-metode Rekonstruksi Perkuatan Badan Jalan**

Metode rekonstruksi perkuatan badan jalan mencakup beberapa teknik yang berbeda, tergantung pada jenis jalan dan kondisi tanah. Berikut adalah beberapa metode umum yang digunakan:

### **1. Metode Geotextil**

Menggunakan geotextil untuk meningkatkan kapasitas beban tanah. Ini melibatkan penanaman geotextil di dalam embung jalan untuk meningkatkan stabilitas dan kekuatan.

#### **Fungsi Geotextil**

1. Penghalang: Membantu mencegah pencampuran antara lapisan tanah yang berbeda.
2. Filter: Memungkinkan aliran air tetapi menahan partikel tanah.
3. Penguat: Meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah yang lunak atau rapuh.
4. Pemisah: Menggunakan sebagai separator antara dua jenis material tanah.

#### **Jenis-Jenis Geotextil**

1. Geotextil Woven: Terbuat dari serat sintetis yang dianyam atau ditenun, memiliki kekuatan tarik tinggi dan sering digunakan di atas tanah lunak.
2. Geotextil Non-Woven: Terbuat dari serat sintetis yang tidak dianyam, memiliki elongasi tinggi dan lebih cocok digunakan sebagai filter atau separator.

## **2. Metode Fellenius**

Analisis stabilitas manual dan menggunakan program komputer seperti Geoslope untuk menentukan faktor keamanan pada embung jalan dengan dan tanpa penggunaan geotextil. Metode Fellenius, juga dikenal sebagai metode irisan Fellenius atau metode Swedish, adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitas lereng atau tanggul. Metode ini menganggap massa tanah yang akan dianalisis sebagai irisan-irisan vertikal, dan menghitung gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan untuk menentukan faktor keamanan.

### **Tahapan Analisis Metode Fellenius:**

#### **1. Pembagian Lereng Menjadi Irisan**

Lereng atau tanggul dibagi menjadi beberapa irisan vertikal. Masing-masing irisan diwakili oleh elemen tanah dengan berat tertentu.

#### **2. Perhitungan Gaya pada Setiap Irisan**

Untuk setiap irisan, dilakukan perhitungan terhadap gaya-gaya yang bekerja, termasuk gaya geser, gaya normal, dan gaya interaksi antar irisan.

#### **3. Perhitungan Gaya Interaksi**

Gaya interaksi antara irisan satu dengan yang lain diperhitungkan untuk mengetahui kontribusi gaya terhadap stabilitas keseluruhan lereng.

#### **4. Perhitungan Faktor Keamanan**

Faktor keamanan dihitung dengan membandingkan kapasitas geser tanah dengan gaya-gaya geser yang bekerja pada irisan. Metode Fellenius

menggunakan pendekatan sederhana, di mana gaya-gaya horisontal dan vertikal dianggap bekerja secara independen.

### **3. Metode Peningkatan Struktur**

Metode peningkatan struktur adalah serangkaian teknik yang digunakan untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas dan daya tahan suatu struktur, termasuk badan jalan. Berikut adalah beberapa penjelasan mengenai metode peningkatan struktur:

#### **A. Perbaikan Lapisan Perkerasan**

- a. Overlay, Menambahkan lapisan baru aspal atau beton di atas lapisan perkerasan yang ada untuk meningkatkan ketebalan dan kekuatan struktur jalan.
- b. Rekonstruksi, Mengganti atau memperbaiki lapisan perkerasan yang rusak dengan material baru untuk mengembalikan kondisi jalan ke keadaan optimal.

#### **B. Stabilisasi Tanah**

- a. Stabilisasi Kimia, Menggunakan bahan kimia seperti kapur, semen, atau bahan pengikat lainnya untuk meningkatkan kekuatan dan kestabilan tanah dasar jalan.
- b. Stabilisasi Mekanis, Menggunakan alat berat untuk mencampur dan memadatkan tanah dasar dengan agregat atau material tambahan lainnya.

### **C. Penggunaan Geogrid atau Geocell**

- a. Geogrid, Struktur grid yang digunakan untuk memperkuat lapisan tanah dengan meningkatkan distribusi beban dan mencegah deformasi.
- b. Geocell, Struktur selular yang digunakan untuk memperkuat dan menstabilkan tanah pada daerah dengan beban tinggi atau kondisi tanah yang buruk.

### **D. Drainase**

- a. Drainase Permukaan, Pemasangan saluran drainase untuk mengalirkan air permukaan agar tidak menggenangi jalan dan merusak struktur perkerasan.
- b. Drainase Bawah Tanah, Pemasangan sistem pipa atau saluran bawah tanah untuk mengeluarkan air dari lapisan tanah dasar yang dapat menyebabkan penurunan stabilitas.

### **E. Perkuatan Struktur**

- a. Perkuatan dengan Beton Bertulan, Penggunaan beton bertulang untuk meningkatkan daya tahan dan kekuatan struktur jalan, terutama pada jembatan atau jalan layang.
- b. Perkuatan dengan Baja, Menggunakan material baja untuk memperkuat struktur yang mengalami beban berat atau tekanan tinggi.

## **4. Metode Cold Milling Machine**

Digunakan untuk penggalian lapisan perkerasan beraspal yang lama dan kemudian menambahkan lapisan baru. Metode Cold Milling Machine, juga dikenal sebagai penggilingan dingin, adalah teknik yang digunakan dalam

proyek perbaikan dan pemeliharaan jalan untuk menghilangkan lapisan perkerasan aspal yang sudah ada. Mesin Cold Milling Machine dilengkapi dengan drum penggiling yang berputar cepat dan dilengkapi dengan gigi atau pisau penggiling untuk memotong dan menggiling lapisan aspal.

#### **Fungsi dan Manfaat Cold Milling Machine**

##### **1. Penghilangan Lapisan Aspal yang Rusak,**

Menghilangkan lapisan aspal yang retak, bergelombang, atau rusak, sehingga mempersiapkan permukaan jalan untuk perkerasan baru.

##### **2. Presisi dan Ketebalan yang Terukur,**

Mesin ini dapat mengatur ketebalan lapisan yang akan dihilangkan dengan presisi tinggi, memungkinkan perbaikan yang tepat dan efisien.

##### **3. Penggunaan Kembali Material,**

Material hasil penggilingan dapat didaur ulang dan digunakan kembali dalam proses perkerasan jalan baru, mengurangi limbah dan biaya bahan.

##### **4. Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan,**

Menghilangkan lapisan permukaan yang rusak dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara, mengurangi risiko kecelakaan.

#### **2.2.9 Dinding Penahan Tanah (DPT)**

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif

pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya, bantaran sungai dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkонтur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan tanah merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Bangunan dinding penahan umumnya terbuat dari bahan kayu, pasangan batu, beton hingga baja. Bahkan kini sering dipakai produk bahan sintetis mirip kain tebal sebagai dinding penahan tanah. Produk bahan ini sering disebut sebagai geo textile atau geosynthetic. Dinding penahan tanah dan geosintetik berfungsi untuk menyokong tanah dan mencegahnya dari bahaya kelongsoran serta untuk menjaga kestabilan dari suatu timbunan atau galian tanah. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya (AZMI, 2023).

Berikut merupakan macam-macam bentuk yang bisa digunakan sebagai dinding penahan tanah :

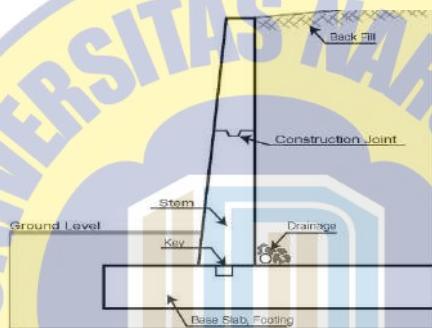
#### 1. Dinding Gravitasi



Gambar 2.6 Dinding Gravitas  
Sumber: Azmi, 2023

Dinding Gravitasi adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu dinding ini mengandalkan beratnya untuk mencapai kestabilan tanah, untuk bahan biasanya digunakan sedikit tulangan untuk memberikan pencegahan pada retakan permukaan akibat perubahan temperatur.

## 2. Dinding Kantilever



Gambar 2.7 Dinding Kantilever  
Sumber: Azmi, 2023

Dinding kantilever adalah dinding yang terdiri dari kombinasi dinding dan beton bertulang yang berbentuk huruf T, kombinasi ini digunakan sebagai penahan momen dan juga gaya lintang yang bekerja padanya.

## 3. Dinding Kantilever Sheet Pile



Gambar 2.8 Dinding Kantilever Sheet Pile  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dinding Sheet Pile atau dinding Turap adalah dinding Vertikal yang relatif tipis yang berfungsi sebagai menahan tanah, namun juga dapat berfungsi sebagai penahan air yang akan masuk kedalam lubang galian, karena pemasangan yang mudah maka biaya pelaksanaanya relatif murah. Turap ini banyak digunakan sebagai penahan tebing galian sementara, bangunan di pelabuhan, dinding penahan tanah, namun bila kondisi datang cukup dangkal tidak perlu digunakan turap ini, disarankan untuk digunakan dinding kantilever.

#### 4. Dinding Gabion (Penahan Bronjong)



Gambar 2.9 Dinding Gabion  
Sumber: Abrianto, 2022

Konstruksi Penahan Bronjong adalah kumpulan batu batu kali yang ditumpuk secara vertikal namun dengan beberapa step-step menyerupai terasering/tangga. kemudian dilakukan pengikatan menggunakan anyaman kawat logam ataupun galvanis, kemudian diisi dengan agregat kasar.

Dalam pelaksanaannya, merancang dinding membutuhkan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah yang sangat bergantung kepada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Dalam beberapa hal, hitungan tekanan lateral ini didasarkan kondisi regangannya.

### **Sheet Pile**

Menurut Modul Prasarana Sungai Pusdiklat PUPR, Sheet Pile atau Turap adalah konstruksi atau bangunan yang berfungsi mencegah terjadinya longsoran tebing sungai yang terdiri dari dinding turap, balok pengikat, dan penyangga berupa angkur. Berdasarkan bahannya, ada dua jenis turap, yaitu turap baja (steel sheet pile) dan turap beton (concrete sheet pile).

Sheet pile adalah sebuah struktur yang didesain dan dibangun untuk menahan tekanan lateral (horizontal) tanah. Tekanan tanah lateral di belakang dinding penahan tanah bergantung kepada sudut geser dalam tanah dan kohesi (gaya tarik menarik antara partikel tanah). Tekanan lateral tersebut bekerja dari atas sampai ke bagian paling bawah pada dinding penahan tanah. Apabila proyek pemasangan sheet pile ini tidak direncanakan dengan baik, maka tekanan tanah dapat mendorong konstruksi sheet pile sehingga menyebabkan kegagalan konstruksi serta kelongsoran.

Konstruksi sheet pile disusun menyerupai bentuk dinding yang terdiri dari beberapa lembaran turap yang dipancangkan ke dalam tanah, untuk

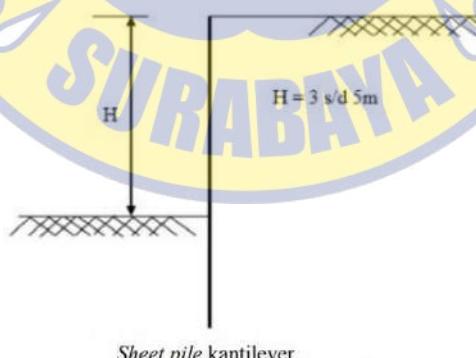
menahan timbunan tanah atau tanah yang memang berlereng. Sheet pile disusun sebagai struktur penahan tanah pada tebing jalan raya, pemanfaatan sheet pile sebagai tanggul pada aliran sungai, struktur penahan tanah pada galian, dan struktur penahan tanah yang berlereng agar tanah tersebut tidak longsor (Abrianto, 2022).

### Jenis-Jenis Sheet Pile

Menurut buku karya dari Respati NS yang berjudul "Pondasi", jenis-jenis sheet pile yaitu:

#### 1. Sheet Pile Kantilever

Sheet pile kantilever merupakan sheet pile yang dalam menahan beban lateral mengandalkan kekuatan struktur tanah di depan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar dan hanya cocok untuk menahan tanah dengan kedalaman sedang.



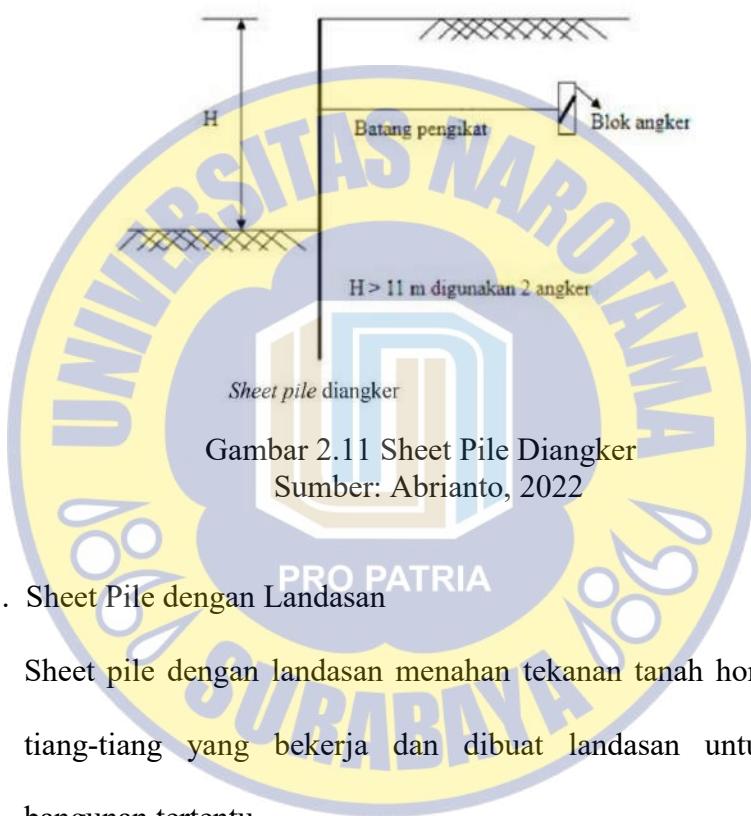
Gambar 2.10 Sheet Pile Kantilever

Sumber: Abrianto, 2022

#### 2. Sheet Pile Diangker

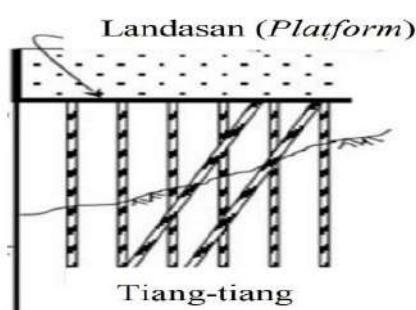
Sheet Pile diangker merupakan penjangkaran tanah yang dikenal juga dengan nama alluvian anchor atau ground anchor, telah dikembangkan

di eropa sekitar 20 tahun yang lalu. Sheet pile diangker cocok untuk menahan galian yang dalam, tetapi masih bergantung pada kondisi tanah. Menahan beban horizontal yang ada dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian sheet pile yang terpancang dalam tanah dengan dibantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya.



### 3. Sheet Pile dengan Landasan

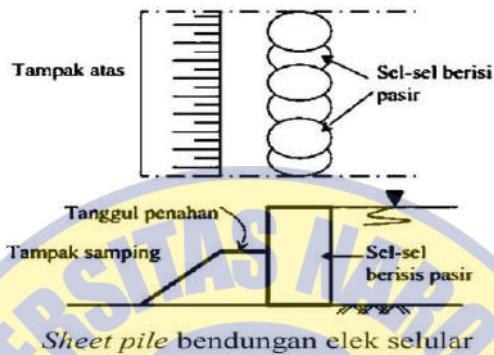
Sheet pile dengan landasan menahan tekanan tanah horizontal dengan tiang-tiang yang bekerja dan dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu.



Gambar 2.12 Sheet Pile dengan Landasan  
Sumber: Abrianto, 2022

#### 4. Sheet Pile Bendungan Elek Selular

Sheet pile bendungan elek selular merupakan sheet pile yang berbentuk selsel yang diisi dengan pasir. Sheet pile jenis ini mampu menahan tekanan tanah dengan mengandalkan beratnya sendiri.



Gambar 2.13 Sheet Pile Bendungan Elek Selular

Sumber: Abrianto, 2022

Sedangkan pembagian sheet pile berdasarkan pada bahan material yang digunakan dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Sheet pile dari material kayu
- b. Sheet pile dari material beton, dan
- c. Sheet pile dari bahan baja (steel).

Sheet pile dibentuk seragam dan pemasangannya disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan pemilik proyek.

Sheet pile dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. Parameter material yang digunakan mengacu pada standar sheet pile yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.8 Standart Spesifikasi Sheet Pile

	Lebar (mm)	Potongan (cm <sup>2</sup> )	Bagian Inersia (cm <sup>4</sup> )	Berat Jenis (kg/m)	Kelas	Moment (ton.m)		Allow Service Moment (ton.m)		Panjang (m)
						Crack	Break	Temporary	Permanen	
W-325	996	1.315	134.264	329	A	11.40	22.80	10.07	6.75	8-15
					B	13.30	26.60	11.97	8.64	8-16
W-350	996	1.468	169.432	368	A	15.60	31.20	14.04	10.14	9-17
					B	17.00	34.00	15.44	11.54	10-18
W-400	996	1.598	248.691	400	A	20.10	40.20	18.10	13.08	10-18
					B	23.40	46.80	21.40	16.38	11-20
W-450	996	1.835	353.363	459	A	26.90	53.80	24.37	18.04	11-20
					B	30.70	61.40	28.17	21.84	12-21
W-500	996	1.818	462.373	455	A	35.20	70.40	32.22	24.76	12-22
					B	40.40	80.80	37.42	29.96	13-24
W-600	996	2.078	765.907	520	A	50.60	101.20	46.48	36.19	14-25
					B	59.60	119.20	55.48	45.19	15-27

Sumber: Hardiyatmo, 2017

### Kelebihan Penggunaan Sheet Pile

Menurut (Abrianto, 2022) Dinding sheet pile dari beton bertulang banyak digunakan di daerah perkotaan karena memiliki kelebihan, antara lain:

1. Tidak mudah dirusak.
2. Memiliki berat yang lebih ringan karena didesain dengan dimensi yang cukup tipis;
3. Cocok digunakan untuk timbunan tanah dengan ketinggian sedang, yaitu antara 2-10 meter;

4. Dinding sheet pile mudah digunakan pada lahan yang terbatas karena mutu konstruksi yang seragam;
5. Lebih terjamin daripada konstruksi manual karena menggunakan konstruksi prefabricated atau dicetak terlebih dahulu (beton pre-cast).
6. Penggunaan atau pemasangannya tidak diperlukan pengeringan air (dewatering).

### **Corrugated Concrete Sheet Piles (CCSP)**

Corrugated Concrete Sheet Piles atau Sheet pile beton bergelombang adalah jenis sheet pile yang terbuat dari beton dengan bentuk permukaan bergelombang. CCSP dibuat khusus untuk dinding penahan tanah. Yang merupakan beton prategang pretension yang dalam proses pembuatan produk, tulangan strand pada beton ini di stressing terlebih dahulu sebelum dicor. Biasanya digunakan sebagai dinding penahan tanah, penahan tebing galian, perlindungan tepi sungai, bendungan dan lain sebagainya. Sheet pile beton jenis sheet pile yang terbuat dari beton prategang yang dirancang dengan tulangan untuk menahan tegangan selama proses konstruksi. Sheet pile beton merupakan balok-balok beton yang telah dicetak oleh pabrik sebelum dipasang. Sheet pile beton diproduksi sesuai kebutuhan momen lentur dan defleksi lateral yang diperbolehkan. Penampang tiang-tiang ini adalah sekitar 500-800 mm lebar dan tebal 150-120 mm. Ujung bawah turap biasanya dibentuk meruncing untuk memudahkan pemancangan. Balok-balok sheet pile dibuat saling mengkait satu sama lain. Sheet pile beton ini biasanya

digunakan untuk konstruksi berat yang dirancang dengan tulangan untuk menahan beban permanen setelah konstruksi dan juga untuk menangani tegangan yang dihasilkan selama konstruksi.

CCSP memiliki kualitas yang sangat baik dan daya tahan yang tinggi. Kualitasnya selalu dikontrol untuk menghasilkan beton yang sangat padat dan kompak. Sheet pile beton bergelombang dibuat menggunakan cetakan yang memiliki presisi tinggi. Hal ini memastikan akurasi dimensi beton sehingga dapat berfungsi dengan baik dalam konstruksi (Sari E. &., 2022).



Gambar 2.14 CCSP



Gambar 2.15 CCSP

Sumber: Dokumentasi Pribadi