

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pengeboran minyak bumi merupakan proses teknis yang membutuhkan dukungan infrastruktur permukaan yang stabil, aman, dan memiliki daya dukung memadai. Salah satu infrastruktur utama tersebut adalah *wellpad*, yaitu area kerja yang direkayasa sebagai tempat berdirinya rig pengeboran beserta seluruh peralatan pendukungnya. *Wellpad* harus dirancang agar mampu menahan beban statis dan dinamis selama kegiatan pengeboran berlangsung, serta memiliki sistem drainase yang baik untuk mencegah genangan dan penurunan tanah.

Menurut pedoman konstruksi fasilitas permukaan dari *American Petroleum Institute* (API, 2010), lokasi *wellpad* harus memenuhi persyaratan teknis tertentu, termasuk kepadatan tanah minimum, kestabilan lereng, serta kemampuan mendukung beban operasional rig. Ketidaksesuaian kondisi tanah dapat menyebabkan deformasi permukaan, kemiringan struktur rig, bahkan gangguan keselamatan kerja.

Secara geoteknik, pekerjaan penimbunan tanah bertujuan tidak hanya untuk meningkatkan elevasi permukaan, tetapi juga untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanis tanah. Konsep dasar mekanika tanah yang diperkenalkan oleh Karl Terzaghi (1925) menjelaskan bahwa peningkatan kepadatan tanah akan menurunkan angka pori (*void ratio*), meningkatkan kuat geser tanah, serta mengurangi potensi penurunan (*settlement*). Prinsip ini menjadi dasar dalam pekerjaan timbunan dan pemadatan tanah pada berbagai konstruksi teknik sipil.

Selanjutnya, Ralph B. Peck dan Thomas H. Thornburn (1974) dalam *Foundation Engineering* menjelaskan bahwa daya dukung tanah timbunan sangat dipengaruhi oleh tingkat kepadatan dan kadar air saat pemadatan. Tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum akan menghasilkan kekuatan maksimum dan *deformasi minimum*.

Menurut Joseph E. Bowles (1996) dalam *Foundation Analysis and Design*, parameter utama dalam evaluasi kualitas timbunan adalah *Maximum Dry Density*

(MDD), *Optimum Moisture Content* (OMC), serta derajat pemadatan (*Relative Compaction*). Derajat pemadatan umumnya disyaratkan minimal 95% dari MDD hasil uji *Modified Proctor* untuk konstruksi dengan beban berat.

Pada pembangunan *Wellpad* 2H-0809A milik , pekerjaan dominan yang dilakukan adalah penimbunan tanah untuk mencapai elevasi rencana dan meningkatkan daya dukung lahan. Volume pekerjaan penimbunan mencapai $\pm 2.849,368 \text{ m}^3$ dengan tinggi timbunan sekitar $\pm 2,5$ meter. Besarnya volume ini menunjukkan bahwa kualitas hasil penimbunan sangat menentukan kesiapan wellpad dalam mendukung kegiatan pengeboran minyak bumi.

Pengendalian mutu pekerjaan dilakukan melalui pengujian laboratorium dan lapangan, meliputi *Modified Proctor Test* (ASTM D1557) untuk memperoleh nilai MDD dan OMC, uji *Sand Cone* (ASTM D1556) untuk menentukan kepadatan lapangan, serta uji *Dynamic Cone Penetrometer* (ASTM D6951) untuk memperoleh nilai CBR. Parameter-parameter tersebut menjadi dasar dalam mengevaluasi apakah hasil penimbunan telah memenuhi standar teknis yang dipersyaratkan.

Berdasarkan pentingnya kualitas timbunan terhadap kestabilan dan keamanan operasi pengeboran, maka diperlukan analisis teknis yang komprehensif terhadap hasil pekerjaan penimbunan tanah pada *Wellpad* 2H-0809A. Analisis ini mencakup evaluasi derajat pemadatan, serta penilaian kesiapan permukaan terhadap potensi penurunan. Oleh karena itu, penelitian ini dirumuskan dalam judul “Analisis Pekerjaan Penimbunan Tanah pada Lokasi *Wellpad* 2H-0809A dalam Mendukung pengeboran Minyak Bumi .”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan hasil uji laboratorium *Maximum Dry Density* (MDD) dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)?

2. Bagaimana hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan hasil uji *laboratorium Optimum Moisture Content (OMC)* dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian adalah:

1. Mengetahui hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan nilai *Maximum Dry Density (MDD)* dari hasil uji laboratorium dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.
2. Mengetahui nilai *Optimum Moisture Content (OMC)* pada pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan hasil uji laboratorium dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat diketahui analisis hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan uji *Maximum Dry Density (MDD)* laboratorium dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.
2. Dapat diketahui hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan uji *laboratorium Optimum Moisture Content (OMC)* dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan ruang lingkup penelitian agar tetap terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan *Maximum Dry Density (MDD)* dari uji laboratorium dengan standar *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, serta *Optimum Moisture Content (OMC)*.
2. Data hasil laboratorium yang digunakan hanya berasal dari laboratorium milik PT Pertamina Hulu Rokan.

3. Evaluasi kualitas pekerjaan penimbunan dilakukan mengacu pada standar ASTHO untuk memastikan kesesuaian dengan persyaratan konstruksi berbeban berat.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

1. *Wellpad* dalam Kegiatan pengeboran Minyak Bumi

1.1. Pengertian *Wellpad*

Menurut American Petroleum Institute (API, 2019), *wellpad* adalah suatu permukaan kerja yang direkayasa dan distabilisasi untuk mendukung kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi. *Wellpad* dibangun melalui proses penyiapan lahan, penimbunan, pemadatan, serta pengaturan elevasi agar mampu menahan beban rig dan peralatan pengeboran lainnya. API menekankan bahwa *wellpad* harus memiliki daya dukung yang memadai, kondisi permukaan yang rata, serta sistem drainase yang baik untuk menjamin keselamatan dan kelancaran operasi. Dengan demikian, *wellpad* merupakan platform utama yang menjadi fondasi seluruh aktivitas pengeboran dan harus dikonstruksi sesuai standar teknis agar dapat mendukung operasi secara aman dan efisien.

1.2. Fungsi *Wellpad*

Menurut API *Onshore Operations* (API, 2019), *wellpad* memiliki beberapa fungsi utama dalam kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi, yaitu:

a. Menyediakan Platform Kerja yang Stabil

Wellpad berfungsi sebagai area kerja utama yang stabil dan aman untuk mendirikan rig pengeboran serta menempatkan seluruh peralatan operasi.

b. Menopang Beban Alat Berat

Wellpad dirancang untuk menahan beban statis maupun dinamis dari rig pengeboran, mud pump, generator, tangki lumpur, dan kendaraan operasional. Menjamin Keselamatan Operasi pengeboran. Permukaan *wellpad* yang rata dan padat meminimalkan risiko kemiringan rig, pergeseran peralatan, dan kecelakaan kerja selama operasi berlangsung.

c. Menyediakan Ruang untuk Fasilitas Pendukung

Wellpad berfungsi sebagai lokasi penempatan *mud system*, BOP (*Blowout Preventer*), pipa casing, gudang material, serta utilitas seperti listrik dan air.

d. Mengatur Aliran Air dan Drainase

Desain *wellpad* yang dilengkapi kemiringan dan drainase membantu mengendalikan air permukaan sehingga area tidak tergenang dan tetap aman digunakan.

e. Mendukung Mobilisasi dan Demobilisasi

Wellpad memastikan akses yang memadai bagi kendaraan berat untuk pemasangan dan pembongkaran rig pengeboran.

f. Menjadi Titik Operasi Terpadu

Seluruh kegiatan permukaan pengeboran, mulai dari persiapan, pengeboran, penanganan fluida, hingga pengangkutan material, terpusat pada area *wellpad*.

1.3. Persyaratan *Wellpad* yang Baik

Menurut API Onshore Operations (API, 2019), suatu *wellpad* harus memenuhi beberapa persyaratan teknis berikut:

a. Stabilitas Tanah

Wellpad harus dibangun di atas permukaan yang stabil, tidak mengandung material organik, dan memiliki daya dukung tanah yang cukup untuk menahan beban statis maupun dinamis dari rig pengeboran dan peralatan pendukung.

b. Kepadatan Tanah (*Compaction*)

Tanah timbunan harus dipadatkan hingga mencapai tingkat kepadatan tertentu sesuai spesifikasi desain agar permukaan tidak mengalami penurunan (*settlement*) selama operasi pengeboran. Kerataan Permukaan. Permukaan *wellpad* harus rata dan halus untuk memastikan proses pemasangan rig berjalan aman dan efisien serta meminimalkan risiko kemiringan struktur.

c. Kemiringan Permukaan (*Slope/Grade*)

Wellpad harus memiliki kemiringan permukaan yang terkontrol untuk mengalirkan air menuju saluran drainase tanpa menyebabkan erosi atau genangan.

d. Sistem *Drainase* yang Efektif

Wellpad wajib dilengkapi dengan saluran drainase yang mampu membuang air hujan secara cepat dan mencegah penumpukan air yang dapat melemahkan daya dukung tanah.

e. Kekuatan Material Timbunan

Material timbunan harus bebas dari organik, tidak mudah lapuk, dan memiliki sifat geoteknis yang memadai seperti gradasi yang baik dan kadar air yang sesuai.

f. Akses yang Aman

Jalan menuju *wellpad* harus dapat dilalui kendaraan berat sehingga mobilisasi rig dan material dapat dilakukan dengan aman.

g. Penerapan Standar Rekayasa dan Keselamatan

Seluruh pekerjaan konstruksi *wellpad* harus mengikuti pedoman teknik API, termasuk keselamatan kerja dan prosedur operasi lapangan

2. Konsep Dasar Mekanika Tanah

Ilmu mekanika tanah pertama kali dikembangkan secara sistematis oleh Karl Terzaghi (1925). Terzaghi menjelaskan bahwa perilaku tanah dipengaruhi oleh hubungan antara tegangan efektif, tekanan air pori, dan struktur partikel tanah. Peningkatan kepadatan tanah akan mengurangi angka pori (*void ratio*) dan meningkatkan kuat geser tanah.

Hubungan tegangan efektif dinyatakan dengan:

$$\sigma' = \sigma - \mu \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

σ' = tegangan efektif

σ = tegangan total

u = tekanan air pori

Semakin besar tegangan efektif, semakin besar daya dukung tanah.

3. Pemadatan Tanah (*Soil Compaction*)

3.1. Pengertian Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses mekanis untuk meningkatkan berat isi kering tanah dengan cara mengurangi volume udara di dalam pori-pori tanah menggunakan energi pemadatan tertentu. Berbeda dengan konsolidasi yang terjadi akibat beban dalam jangka waktu tertentu, pemadatan terjadi secara langsung akibat energi mekanis seperti getaran, tumbukan, atau tekanan statis. Menurut Ralph B. Peck dan Thomas H. Thornburn (1974), tujuan utama pemadatan adalah:

- a Meningkatkan kuat geser tanah
- b Mengurangi kompresibilitas tanah
- c Mengurangi permeabilitas
- d Mengurangi potensi *settlement*
- e Meningkatkan daya dukung tanah

Pada konstruksi *wellpad*, pemadatan sangat penting karena permukaan tanah akan menerima beban berat dari rig pengeboran, pipa bor, mud tank, dan peralatan pendukung lainnya.

3.2. Prinsip Dasar Pemadatan

Secara teoritis, pemadatan bekerja dengan mengurangi angka pori (*e*) sehingga berat isi kering tanah (γ_d) meningkat.

Hubungan berat isi kering dirumuskan sebagai:

$$\gamma_d = \frac{W_d}{V} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

γ_d = berat isi kering (gr/cm³ atau kN/m³)

W_d = berat tanah kering

V = volume tanah

Dalam kondisi tanah basah:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

γ = berat isi basah

w = kadar air

Semakin kecil angka pori, maka semakin besar nilai γ_d dan semakin tinggi daya dukung tanah.

3.3. Hubungan Kadar Air dan Kepadatan

Hubungan antara kadar air dan berat isi kering diperoleh dari uji Proctor. Kurva hasil uji menunjukkan bahwa:

- a Pada kadar air rendah → tanah sulit dipadatkan
 - b Pada kadar air optimum → kepadatan maksimum tercapai
 - c Pada kadar air terlalu tinggi → kepadatan menurun karena air mengisi pori
- Nilai kadar air optimum disebut *Optimum Moisture Content* (OMC), sedangkan berat isi kering maksimum disebut *Maximum Dry Density* (MDD). Menurut Joseph E. Bowles (1996), pemadatan pada OMC menghasilkan struktur tanah paling stabil untuk konstruksi berbeban berat.

3.4. Energi Pemadatan

Besarnya energi pemadatan mempengaruhi nilai MDD dan OMC. Pada uji *Modified Proctor* (ASTM D1557), energi pemadatan lebih besar dibanding *Standard Proctor*.

Semakin besar energi pemadatan:

- a Nilai MDD meningkat
- b Nilai OMC sedikit menurun

Pada proyek *wellpad* yang menerima beban berat, umumnya digunakan standar *Modified Proctor* dengan syarat derajat pemadatan $\geq 95\%$.

Derajat Pemadatan (*Relative Compaction*)

Derajat pemadatan adalah rasio antara berat isi kering tanah di lapangan terhadap berat isi kering maksimum hasil uji laboratorium.

$$RC = \frac{\gamma_{d_lapangan}}{\gamma_{d_maks}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Menurut Braja M. Das (2010), standar minimum untuk konstruksi yang menerima beban berat adalah $\geq 95\%$.

3.5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemadatan

Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pemadatan antara lain:

- a Jenis tanah (*gradasi dan plastisitas*)
- b Kadar air saat pemadatan
- c Energi pemadatan
- d Tebal lapisan timbunan
- e Jumlah lintasan alat pemadat

Tanah lempung (*clay*) umumnya membutuhkan pengendalian kadar air lebih ketat dibanding tanah berpasir.

4. Landasan Teori Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini didasarkan pada pendekatan kuantitatif dengan tahapan:

- a. Menghitung berat isi kering lapangan dari data Sand Cone.

Dimana:

$$\sigma' = \sigma - \mu \dots\dots\dots(2.7)$$

σ' = tegangan efektif (kN/m²)

σ = tegangan total (kN/m²)

u = tekanan air pori (kN/m²)

Penjelasan:

Jika tanah dipadatkan, rongga udara berkurang → tekanan air pori relatif menurun → tegangan efektif meningkat → kuat geser meningkat → daya dukung meningkat.

- b. Membandingkan dengan nilai MDD untuk memperoleh RC.

Dimana:

Berat isi basah

$$y = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.8)$$

Berat isi kering

$$y_d = \frac{y}{1+\omega} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

γ_d = berat isi kering (gr/cm³ atau kN/m³)

γ = berat isi basah

w = kadar air

Penjelasan:

Nilai γ_d digunakan untuk:

Membandingkan dengan MDD

Menghitung derajat pemadatan (RC)

Penjelasan:

$$RC = \frac{\gamma_{d_lapangan}}{\gamma_{d_maks}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Jika:

$RC \geq 95\% \rightarrow$ memenuhi standar konstruksi berbeban berat

$RC < 95\% \rightarrow$ perlu pemadatan ulang

c. Standar AASHTO untuk Pemadatan Tanah

Menurut AASHTO T99/T180 (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

T99 (Standard Proctor): Menentukan MDD dan OMC untuk tanah granular dan lempung.

T180 (Modified Proctor): Digunakan untuk tanah yang menerima beban berat, termasuk wellpad.

Parameter utama: MDD, OMC, dan derajat pemadatan.

Data laboratorium digunakan sebagai acuan untuk pemadatan lapangan agar densitas tanah memenuhi standar AASHTO, mendukung beban rig dan peralatan pengeboran.

d. Membandingkan hasil dengan standar ASTHO

Pendekatan ini digunakan untuk memberikan evaluasi objektif terhadap kualitas pekerjaan penimbunan tanah.

2.2 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan Pekerjaan Penimbunan Tanah dalam Mendukung pengeboran Minyak Bumi. Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar acuan dalam memahami teknis kepadatan dan daya dukung tanah pada *wellpad*. Berikut beberapa penelitian yang relevan:

1. Alfahreza dkk. (2025), *Analysis of Soil Compaction and Density Characteristics in Reclamation Work*.

Hasil: Analisis material timbunan menggunakan *Modified Proctor* dan pengukuran densitas lapangan menunjukkan peningkatan kepadatan signifikan saat kadar air mendekati OMC, menghasilkan MDD optimal. Variasi jenis material juga memengaruhi homogenitas kepadatan.

Relevansi: Memberikan acuan langsung metode pengujian kepadatan dan penetapan MDD/OMC untuk menilai kualitas tanah timbunan pada *wellpad*, sesuai fokus penelitian ini.

2. Zalukhu & Siregar (2024), *Influence of Soil Moisture on Maximum Dry Density of Embankment Material*.

Hasil: Tanah pada OMC menghasilkan MDD maksimum dan stabil secara struktural, sementara tanah terlalu kering atau basah menurunkan densitas.

Relevansi: Menekankan pentingnya kontrol kadar air untuk mencapai MDD maksimal pada timbunan *wellpad*, langsung relevan dengan prosedur pemadatan di lapangan.

3. Sukmawati dkk. (2023), *Effect of Material Composition on Compaction Density of Embankment Soil*.

Hasil: Variasi pasir dan lempung memengaruhi densitas tanah; komposisi seimbang meningkatkan MDD dan stabilitas timbunan.

Relevansi: Menunjukkan bahwa karakteristik material timbunan memengaruhi kepadatan dan kestabilan *wellpad*, menjadi pertimbangan dalam memilih material timbunan di lokasi 2H-0809A.

4. Prasetyo dkk. (2023), *Evaluation of Soil Compaction on Oil and Gas Wellpad Construction*.

Hasil: Tanah timbunan harus dipadatkan minimal 95% dari MDD untuk menjaga stabilitas permukaan. Tanah yang kurang padat berpotensi mengalami penurunan permukaan dan mengganggu rig.

Relevansi: Memberikan standar praktis kepadatan tanah wellpad yang sama dengan penelitian ini, khususnya $RC \geq 95\%$ dari MDD sebagai indikator keberhasilan pemadatan.

5. Ramadhan & Putra (2022), *Analysis of Optimum Moisture Content for Heavy Load Embankments*.

Hasil: Pemadatan tanah pada OMC meningkatkan densitas dan stabilitas timbunan. Tanah di luar OMC menghasilkan densitas rendah dan deformasi lebih tinggi.

Relevansi: Menunjukkan hubungan antara OMC dan densitas lapangan, menjadi dasar kontrol kadar air saat pemadatan timbunan *wellpad* penelitian ini.

6. Santoso dkk. (2021), *Field Compaction Control Using Modified Proctor on Embankment Construction*.

Hasil: Kontrol kepadatan lapangan secara berkala memastikan densitas mendekati MDD laboratorium. Tanah yang tidak dikontrol menghasilkan densitas rendah dan permukaan tidak stabil.

Relevansi: Memberikan metode pengendalian pemadatan untuk *wellpad*, penting untuk memastikan hasil lapangan sesuai MDD dan OMC.

7. Pratomo dkk. (2020), *Correlation Between Laboratory MDD and Field Density in Embankment Works*.

Hasil: Densitas lapangan yang mendekati MDD laboratorium menghasilkan permukaan timbunan stabil; deviasi $\pm 5\%$ menurunkan daya dukung tanah.

Relevansi: Menegaskan pentingnya penggunaan MDD laboratorium sebagai acuan evaluasi densitas lapangan di *wellpad*.

8. Rahmawati & Nugroho (2020), *Effect of Moisture Content on Soil Compaction for Construction Embankments*.

Hasil: Tanah pada OMC mencapai MDD maksimum dan lebih homogen. Kepadatan lapangan di bawah OMC menyebabkan penurunan permukaan dan deformasi.

Relevansi: Memperkuat pentingnya pengendalian kadar air dalam proses pemadatan *wellpad* agar densitas tanah optimal.

9. Utami dkk. (2019), *Relationship Between Standard Proctor Test and Field Density*.

Hasil: Kesesuaian antara MDD laboratorium dan densitas lapangan menentukan kualitas pemadatan; deviasi menyebabkan permukaan tidak stabil.

Relevansi: Memberikan dasar evaluasi densitas lapangan *wellpad* berdasarkan MDD laboratorium, sesuai metode penelitian ini.

10. Wibowo & Kurniawan (2019), *Evaluation of Soil Compaction for Oil and Gas Operational Sites*.

Hasil: Tanah timbunan dengan $RC \geq 95\%$ dari MDD laboratorium menghasilkan permukaan stabil yang mampu menahan beban rig dan kendaraan berat.

Relevansi: Menjadi acuan standar $RC \geq 95\%$ dari MDD pada penelitian ini untuk memastikan keamanan operasional *wellpad*.

11. Hidayat (2018), *Laboratory and Field Assessment of Embankment Soil Compaction*.

Hasil: Pemadatan mendekati MDD dan OMC menghasilkan permukaan timbunan homogen dan stabil, mampu menahan beban berat. Deviasi kadar air menyebabkan permukaan tidak merata.

Relevansi: Memberikan acuan metode laboratorium dan lapangan untuk pengendalian densitas tanah *wellpad*.

12. Siregar (2018), *Effect of Soil Compaction on Stability of Construction Area*.

Hasil: Pemadatan tanah optimal meningkatkan densitas lapangan, mengurangi settlement, dan meningkatkan daya dukung hingga 20–30% dibanding tanah tidak dipadatkan.

Relevansi: Menegaskan pentingnya kontrol kepadatan tanah dalam menjaga stabilitas *wellpad* dan kesiapan permukaan untuk operasi rig, selaras dengan penelitian ini.

Secara umum, penelitian terdahulu banyak membahas hubungan antara kepadatan tanah, MDD, OMC, dan stabilitas timbunan dalam konteks konstruksi jalan, embankment, dan reclamation work. Penelitian-penelitian tersebut

menekankan pentingnya pengendalian kadar air, pemilihan material, dan pengukuran densitas lapangan untuk mencapai kepadatan optimal dan memastikan daya dukung tanah.

Penelitian ini berbeda karena memfokuskan pada analisis pekerjaan penimbunan tanah pada Wellpad 2H-0809A, yang merupakan infrastruktur khusus untuk mendukung kegiatan pengeboran minyak bumi. Dengan menggunakan parameter MDD, OMC, dan Relative Compaction (RC) sebagai indikator kualitas timbunan, penelitian ini mengadaptasi konsep pemadatan tanah dari penelitian terdahulu ke konteks industri migas, di mana permukaan harus mampu menahan beban statis dan dinamis rig pengeboran.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menguatkan temuan sebelumnya terkait pengaruh kepadatan dan kadar air terhadap stabilitas timbunan, tetapi juga mengembangkan penerapannya pada wellpad, menyesuaikan dengan kebutuhan teknis dan kondisi lapangan di lokasi 2H-0809A. Hal ini memberikan kontribusi baru dalam evaluasi kesiapan permukaan untuk mendukung operasi pengeboran minyak bumi secara aman dan efisien.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif-analitis. Pendekatan kuantitatif digunakan karena analisis dilakukan berdasarkan data numerik hasil pengujian tanah di laboratorium dan lapangan, yaitu nilai *Maximum Dry Density* (MDD), *Optimum Moisture Content* (OMC), dan derajat pemadatan (*Relative Compaction/RC*). Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi hasil pekerjaan penimbunan tanah pada *Wellpad* 2H-0809A, sedangkan pendekatan analitis digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian hasil pengujian dengan standar teknis yang berlaku, khususnya standar ASTHO untuk pemadatan tanah.

Penelitian ini tidak melakukan perencanaan ulang struktur, tetapi berfokus pada evaluasi kualitas hasil pekerjaan penimbunan tanah berdasarkan kepadatan dan karakteristik pemadatan, sehingga dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kesiapan *wellpad* dalam mendukung kegiatan pengeboran minyak bumi secara aman dan efisiensi.

3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

1. Lokasi: Penelitian ini dilaksanakan pada *Wellpad* 2H-0809A yang berada dalam wilayah operasi, sebagai area persiapan pengeboran minyak bumi.

2. Waktu Pelaksanaan

Penelitian Analisis Pekerjaan Penimbunan Tanah Pada Lokasi *Wellpad* 2H-0809A Dalam Mendukung pengeboran Minyak Bumi Oleh akan dilaksanakan selama periode operasional proyek pengeboran, yaitu selama ± 2 (dua) bulan.

Wellpad ini merupakan area yang dipersiapkan sebagai lokasi pengeboran minyak bumi sehingga memerlukan kondisi tanah yang stabil, padat, dan memiliki daya dukung yang memadai untuk menahan beban operasional rig pengeboran serta peralatan pendukung lainnya.

3.3 Jenis Dan Sumber Data

1. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil pengujian tanah di lapangan dan laboratorium, yang meliputi:

- a. Data berat isi basah tanah lapangan
- b. Data kadar air tanah
- c. Data hasil uji *Modified Proctor* (MDD dan OMC)

Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis kepadatan dan daya dukung tanah timbunan.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen proyek dan referensi pendukung, meliputi:

- a. Gambar rencana teknis *wellpad*
- b. Spesifikasi teknis pekerjaan penimbunan
- c. Standar pengujian tanah
- d. Literatur mekanika tanah

3.4 Material Penelitian

Material utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah timbun yang diaplikasikan pada pekerjaan penimbunan *Wellpad* 2H-0809A. Tanah timbun tersebut dianalisis berdasarkan karakteristik fisik dan mekaniknya untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi teknis proyek.

Karakteristik material ditentukan melalui pengujian laboratorium yang meliputi klasifikasi tanah, batas Atterberg, berat jenis tanah, serta sifat pemadatan tanah menggunakan metode *Modified Proctor*. Selain itu, pengujian daya dukung tanah dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan tanah dalam menopang beban struktur pengeboran. Air digunakan sebagai material pendukung untuk pengendalian kadar air selama proses pemadatan.

3.5 Populasi Dan Sampel

1. Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kegiatan pekerjaan penimbunan pada pembangunan *Wellpad* 2H-0809A, meliputi material timbunan, proses pelaksanaan di lapangan, serta data hasil pengujian laboratorium yang digunakan dalam pekerjaan tersebut.

2. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini meliputi:

- a. Material timbunan yang diambil untuk pengujian laboratorium (Proctor, Atterberg, Analisis Saringan).
- b. Titik uji kepadatan lapangan (*sand cone*) pada beberapa layer penimbunan.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui:

1. Observasi langsung pada lokasi pekerjaan penimbunan tanah.
2. Dokumentasi hasil pengujian laboratorium dan lapangan.
3. Studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan standar evaluasi.

3.7 Metode Pengujian Tanah

1. Uji Modified Proctor

Uji Modified Proctor dilakukan untuk menentukan nilai Maximum Dry Density (MDD) dan Optimum Moisture Content (OMC). Nilai MDD digunakan sebagai standar pembandingan terhadap kepadatan tanah di lapangan.

2. Uji Kepadatan Lapangan

Pengujian kepadatan lapangan dilakukan untuk mengetahui berat isi tanah aktual setelah proses pemadatan. Berat isi kering dihitung menggunakan rumus:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \omega}$$

Dimana:

γ_d = berat isi kering (gr/cm³ atau kN/m³)

γ = berat isi basah

w = kadar air

Nilai berat isi kering lapangan ini digunakan untuk menghitung derajat pemadatan.

3.8 Metode Analisis Data

Adapun langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Berat Isi Kering Lapangan

Data berat isi basah dan kadar air digunakan untuk menghitung berat isi kering tanah.

2. Perhitungan Derajat Pemadatan (*Relative Compaction*)

$$RC = \frac{\gamma_{d_lapangan}}{\gamma_{d_maks}} \times 100\%$$

Jika:

$RC \geq 95\% \rightarrow$ memenuhi standar konstruksi berbeban berat

$RC < 95\% \rightarrow$ perlu pemadatan ulang

Nilai RC dibandingkan dengan standar minimum $\geq 95\%$ untuk pekerjaan konstruksi berbeban berat.

3. Analisis Nilai MDD

Analisis Maximum Dry Density (MDD) dilakukan untuk mengetahui berat isi kering maksimum tanah timbunan yang dapat dicapai pada kondisi pemadatan optimal. Data MDD diperoleh melalui uji Modified Proctor (ASTM D1557 / ASTHO T99) di laboratorium. Tanah timbun diambil sebagai sampel, dimasukkan ke dalam cetakan uji, dan diberi energi pemadatan tertentu sesuai prosedur. Hasil uji laboratorium berupa kurva hubungan antara kadar air tanah (w) dan berat isi kering (γ_d), di mana puncak kurva menunjukkan nilai MDD, yaitu berat isi kering maksimum yang dapat dicapai oleh tanah.

Analisis ini memungkinkan evaluasi apakah pemadatan tanah lapangan telah mendekati MDD laboratorium dan apakah kadar air tanah berada pada OMC, sehingga permukaan timbunan memiliki stabilitas dan daya dukung yang

memadai. Hasil MDD dan OMC juga digunakan untuk menentukan kesiapan *Wellpad* 2H-0809A dalam menahan beban rig pengeboran dan peralatan pendukung, serta memastikan pekerjaan penimbunan memenuhi spesifikasi teknis proyek

4. Analisis Nilai OMC

Analisis Optimum Moisture Content (OMC) dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah yang optimal agar tanah timbunan dapat mencapai MDD. Nilai OMC diperoleh dari uji Modified Proctor (ASTM D1557 / ASTHO T99) bersamaan dengan MDD. Kurva hasil uji menunjukkan hubungan antara kadar air (w) dan berat isi kering (γ_d), di mana kadar air pada titik puncak kurva adalah OMC. Kadar air ini menjadi acuan pengendalian air selama proses pemadatan di lapangan.

Pengendalian kadar air tanah sangat penting, karena:

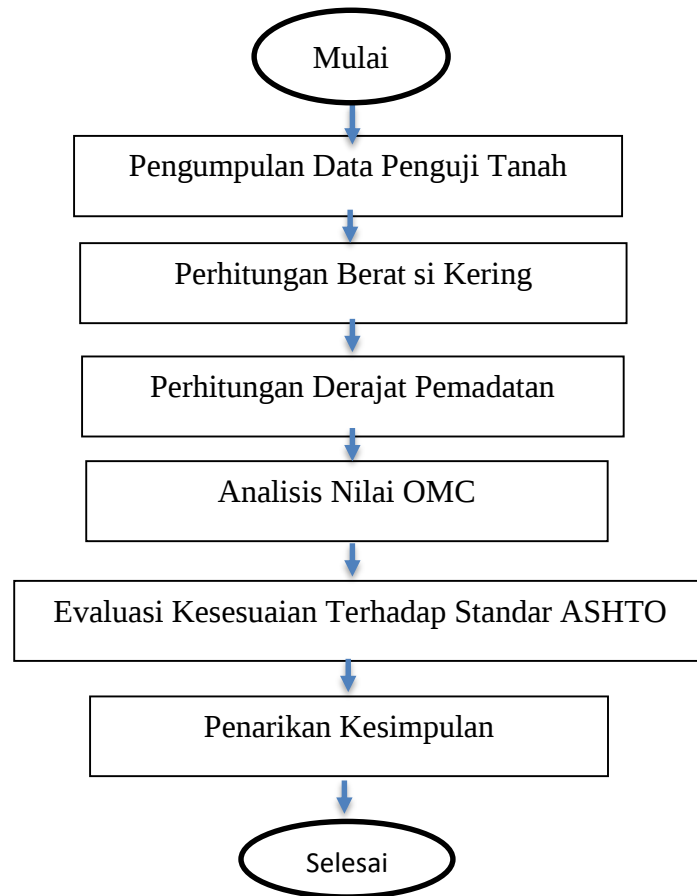
- a Kadar air terlalu rendah → tanah sulit dipadatkan dan RC rendah
- b Kadar air mendekati OMC → kepadatan maksimum tercapai
- c Kadar air terlalu tinggi → berat isi kering menurun karena pori-pori tanah terisi air

Dalam analisis, kadar air tanah di lapangan dibandingkan dengan OMC laboratorium untuk memastikan pemadatan optimal. Dengan pengendalian kadar air sesuai OMC, tanah timbunan dapat mencapai kepadatan maksimum (MDD), sehingga permukaan wellpad stabil dan memiliki daya dukung memadai untuk mendukung beban rig pengeboran dan peralatan pendukung.

5. Evaluasi Kesesuaian

hasil RC dan kadar air dibandingkan dengan standar ASTHO T99 untuk menilai apakah pekerjaan penimbunan tanah telah memenuhi spesifikasi teknis proyek dan siap mendukung kegiatan pengeboran minyak bumi.

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Alir Penelitian