SINERGI KEAHLIAN TEKNIK SIPIL PADA PROYEK HULU MIGAS

Budi Satiawan[1,2]

[1] Divisi Project, PT. Pertamina Hulu Indonesia – Zona 9, Balikpapan
[2] Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah, Jakarta
Email: budi.satiawan@pertamina.com, budi.satiawan@umj.ac.id

ABSTRACT

Oil and gas industry activities start from the stage of searching for oil and gas resources until the stage where the results obtained reach the hands of consumers. This industry activity is divided into 2 (two), upstream and downstream. Upstream activities include exploration and production activities while downstream activities include processing, transportation, storage and marketing activities. In this paper, an overview of the role of civil engineering expertise courses will be given in 2 (two) engineering activities for upstream oil and gas projects, namely compressor installation projects and the other one from modification and maintenance project. From the description and explanation of these projects, can be concluded that the involvement of Civil Engineering expertise in the oil and gas industry in the upstream sector is highly needed. Civil engineering graduates can play in an active role in the oil and gas industry sector, both in oil and gas facility development projects phase or in the operating phase of oil and gas facilities.

***Keywords*:** oil and gas, upstream, downstream, project, civil engineering

PENDAHULUAN

Kegiatan usaha minyak dan gas (migas) dimulai dari tahap pencarian sumber daya migas hingga tahap dimana hasil yang ada sampai ke tangan konsumen. Pada sektor kegiatan migas dapat terbagi menjadi 2 sektor yaitu sektor kegiatan hulu migas dan sektor kegiatan hilir migas. Kegiatan di hulu mencakup kegiatan eksplorasi dan produksi sedangkan kegiatan di hilir mencakup kegiatan pengolahan, pengangkutan, penyimpanan dan pemasaran.

Kegiatan eksplorasi dan produksi ini dapat dilakukan di darat (*On-shore*) maupun di laut (*Offshore*).

Kegiatan Eksplorasi

Kegiatan eksplorasi terdiri dari beberapa tahapan, diantaranya adalah studi geologi, studi geofisika, *survey Seismic* dan tahapan pengeboran eksplorasi. Jika terdapat potensi maka akan dilanjutkan dengan membuat sumur-sumur di beberapa tempat di sekitar lokasi pengeboran eksplorasi. Apabila menguntungkan, maka akan dibuat sumur pengembangan (*Development well*) untuk memproduksi minyak dan gas bumi.

Kegiatan Produksi

Kegiatan produksi bertujuan untuk mengangkat minyak dan gas ke permukaan bumi. Tahap ini dengan membuat sumur-sumur migas yang mana produksi yang diperoleh akan dialirkan ke tahap pemrosesan berikutnya. Umumnya beberapa program kerja pada fase produksi dapat berupa kegiatan sebagai berikut:

1. Pengeboran pengembangan

   Aktivitas pengeboran dapat terlihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Kegiatan pengeboran

2. Pembuatan *well connection*, gambar 2 (proses penyambungan sumur baru ke fasilitas produksi yang sudah ada) dan *flowline* seperti pada gambar 3.



Gambar 2. *Well Connection*



Gambar 3. *Flowline*

3. Pembuatan/pengembangan fasilitas produksi

   Pembuatan dan pengembangan fasilitas produksi dapat ditunjukkan dalam bentuk visualisasi seperti pada gambar 4.

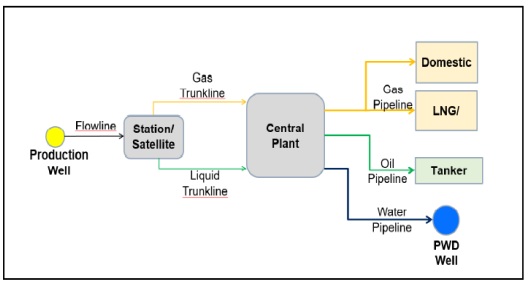


Gambar 4. Desain fasilitas produksi

Secara umum fasilitas produksi pada sector hulu migas dapat terdiri dari:

1. *Gathering Station* / Satelit / Stasiun Pengumpul, dimana fasilitas ini berfungsi untuk mengumpulkan produksi gas dan minyak dari sumur terdekat yang kemudian akan dialirkan ke sistem tekanan tertentu sesuai tekanan masing-masing sumur melalui *flowline*. Di satelit ini umumnya dilakukan kegiatan pemisahan antara gas dan *liquid* yang selanjutnya akan di alirkan dengan kompresi untuk produk gas dan pemompaan untuk produk *liquid* melalui *trunkline*.
2. *Central Processing Plant* / Stasiun Pengumpul Utama, dimana gas dan *liquid* yang sudah diproses di Central Plant yang kemudian akan ditransfer menggunakan fasilitas *pipeline*, sedangkan air terproduksi akan dipompakan ke sumur injeksi.

Jika digambarkan dalam skematik terkait pengaliran dari sumur (*production well*) hingga penyaluran hasil produk ke konsumen dapat dilihat sebagaimana dalam gambar 5.



Gambar 5. Contoh skematik fasilitas produksi migas

Rencana pengembangan untuk suatu lapangan yang terbukti memiliki cadangan minyak dilakukan dengan memperhitungkan tingkat keekonomisan dengan diantaranya mempertimbangkan;

1. Ketersediaan jumlah cadangan migas
2. Jumlah sumur yang akan dibor, produksi harian serta berapa lama lapangan tersebut akan berproduksi
3. Biaya pengembangan lapangan yang terdiri dari biaya kapital (biaya yang dikeluarkan untuk investasi yang memiliki manfaat jangka panjang) dan biaya operasional (biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan operasional dan pemeliharaan) termasuk biaya infrastruktur dan biaya eksplorasi.

RUMUSAN MASALAH

Dari aktivitas kegiatan di proyek hulu migas ini ingin diketahui seberapa jauh keterlibatan keahlian Teknik sipil dalam mendukung kegiatan ini.

1. Apakah keahlian Teknik Sipil dapat ikut berperan aktif dalam industri migas?
2. Sejauh mana sinergi antara mata kuliah keahlian di Teknik sipil dapat diterapkan di proyek hulu migas?

TUJUAN PENELITIAN

Paper ini dibuat untuk mengkaji :

1. Sejauh apa keahlian Teknik Sipil dapat berperan aktif dalam industri migas.
2. Sejauh mana sinergi antara mata kuliah keahlian di Teknik sipil dapat diterapkan di proyek hulu migas.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam berupa kajian pustaka terhadap beberapa jurnal terkait mengenai fasilitas hulu migas sebagai referensi literatur dari *paper* ini. Informasi dari pengalaman proyek yang pernah dilakukan sebagai contoh aktifitas proyek fase *engineering* pada fasilitas hulu migas, diantaranya sebagai berikut:

1. Proyek pengembangan pada proyek instalasi *compressor*.
2. Proyek modifikasi dan perawatan untuk operasional lapangan migas.

PROYEK INSTALASI *COMPRESSOR*

Daftar Dokumen Engineering

Dari desain basis, akan dibuat list daftar dokumen *engineering* yang akan diproduksi dari masing-masing disiplin ilmu. Disiplin ilmu yang akan terlibat pada fase pekerjaan *Detail Engineering Design (DED)* ini diantaranya adalah keahlian teknik kimia, teknik mesin, teknik fisika, teknik elektro dan teknik sipil. Untuk disiplin keahlian sipil akan mengidentifikasi semua judul laporan perhitungan dan semua list gambar yang akan diproduksi hingga status disetujui untuk dapat dilanjutkan ke tahap konstruksi.

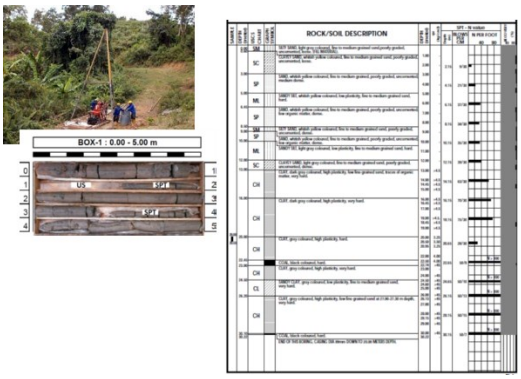
Pembuatan Detil Rencana Tata Waktu Proyek

Agar tujuan proyek dapat tercapai baik dari segi tata waktu dan biaya, pembuatan *schedule* dan *monitoring* selama pelaksanaan proyek diperlukan. Pengetahuan dasar yang dibutuhkan untuk membuat *schedule* dapat diperoleh dari mata kuliah manajemen konstruksi.

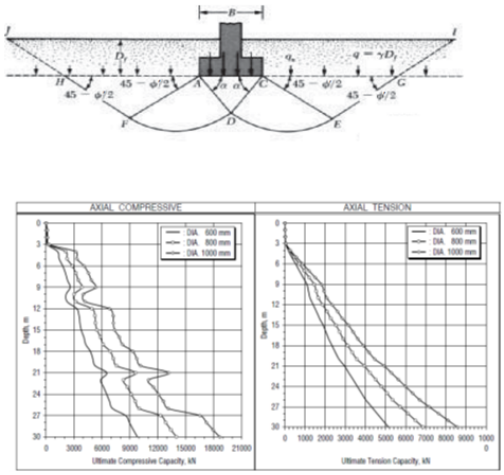
Penyelidikan Tanah dan Analisa Geoteknik

Pada proyek instalasi *compressor* ini, keterlibatan keahlian teknik sipil dimulai dari pekerjaan penyelidikan tanah (gambar 6) dan analisa geoteknik dengan tujuan agar dapat diperoleh desain jenis fondasi ataupun rekomendasi geoteknik (gambar 7) dari lokasi proyek setempat. Penentuan jenis dan jumlah titik penyelidikan tanah ditentukan oleh *engineer* terkait dengan mempertimbangkan lokasi, jenis beban dan kondisi awal lokasi yang dimiliki.

Pengetahuan dasar terkait perkuliahan Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi menjadi dasar keahlian yang dibutuhkan dalam membuat spesifikasi dan desain basis pekerjaan ini.



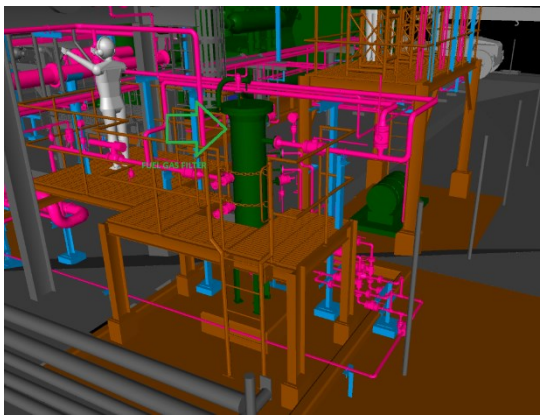
Gambar 6. Penyelidikan tanah



Gambar 7. Analisa geoteknik

Desain Fondasi Untuk Peralatan Statik dan Fondasi Struktur

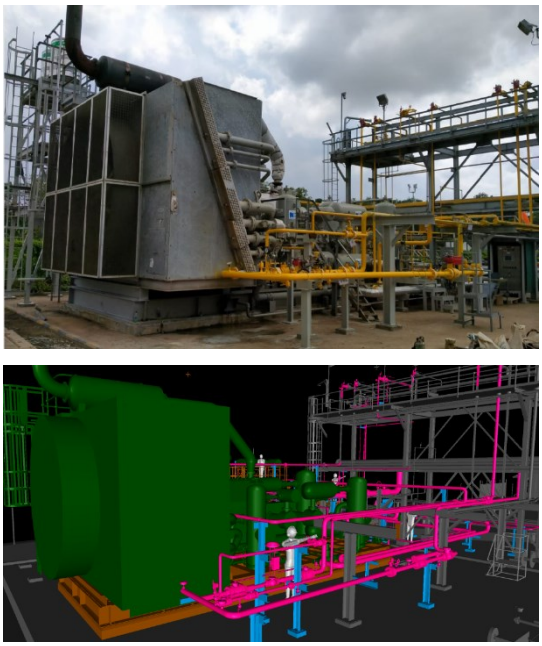
Peralatan statik yang akan dipasang pada proyek ini diantaranya adalah *Fuel Gas Filter* dan *Heat Exchanger* (gambar 8). Sedangkan fasilitas struktur yang membutuhkan fondasi selain peralatan statik diatas diantaranya adalah fondasi struktur *platform Lube Oil*, fondasi struktur *water tank tower*, fondasi *platform fuel gas filter* dan fondasi *pipe supports*. Keahlian teknik sipil diperlukan untuk menjawab kebutuhan desain untuk dimensi serta penulangan fondasi yang aman dan optimum. Mata kuliah keahlian yang diperlukan adalah Mekanika Tanah, Teknik Fondasi, Struktur Beton dan Teknik Gempa.



Gambar 8. Peralatan statik

Desain Fondasi Untuk Peralatan Dinamis

Compressor merupakan peralatan utama yang akan dipasang di proyek ini (gambar 9) dan memiliki perilaku beban dinamis sehingga dalam mendesain kebutuhan fondasinya selain beban statik akibat berat sendiri paket *compressor*, beban dinamis yang terjadi juga harus diperhitungkan saat mendesain untuk mencegah terjadinya resonansi pada sistem fondasi yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan tersebut.



Gambar 9. Peralatan dinamik

Untuk mendesain fondasi mesin terkait dengan respon dinamis fondasi serta dimensi dan penulangan yang aman maka diperlukan pengetahuan dasar yang dapat diperoleh dari perkuliahan Analisa Dinamika Struktur, Teknik Gempa, Teknik Fondasi, Mekanika Tanah dan Struktur Beton.

Desain Fasilitas Struktur

Pada proyek ini, beberapa fasilitas struktur baja yang akan dipasang diantaranya adalah struktur platform (gambar 10) untuk melayani akses *Lube Oil*, *Water Tank Tower, Fuel Gas Filter* serta fasilitas struktur pendukung pipa (*pipe supports*). Beban layan yang bekerja dapat berupa kombinasi antara beban tetap ataupun beban

sementara berupa beban angin dan beban gempa. Beban akibat pipa, baik kondisi kosong, isi, test maupun *thermal* akan diperhitungkan saat melakukan desain struktur pada fasilitas yang mendukung sistem perpipaan.

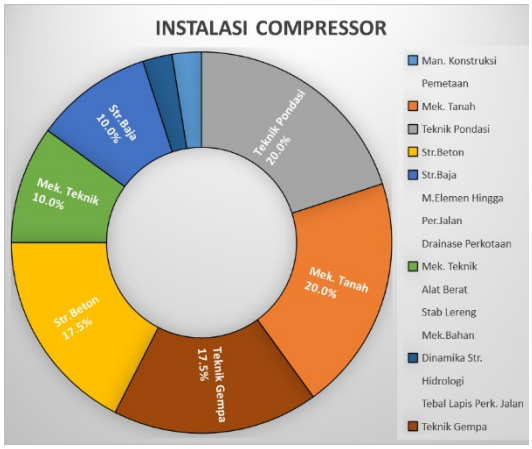


Gambar 10. Struktur Platform

Untuk mendapatkan member profil yang aman dan optimum diperlukan pengetahuan mata kuliah keahlian Teknik Gempa dan Struktur Baja.

Distribusi Perkuliahan Teknik Sipil pada Proyek Pemasangan *Compressor*

Jika dari tiap list dokumen untuk disiplin ilmu sipil di uraikan mata kuliah keahlian yang diperlukan maka dapat diperoleh sebaran peranan mata kuliah sipil seperti pada grafik dalam gambar 11.



Gambar 11. Grafik distribusi perkuliahan sipil pada proyek pemasangan *Compressor*

Mata kuliah Teknik Fondasi dan Mekanika Tanah memiliki peranan dominan pada proyek ini dengan persentase masing-masing 20% terhadap total list dokumen *engineering* sipil pada proyek instalasi *Compressor* sedangkan mata kuliah Teknik Gempa dan Struktur Beton memiliki peranan sebesar 17,5%, mata kuliah Mekanika Struktur dan Struktur Baja memiliki peranan 10%.

PROYEK MODFIKASI DAN PERAWATAN UNTUK OPERASIONAL LAPANGAN MIGAS

Korosi pada Fasilitas Peralatan

Pada fasilitas eksisting sering kali ditemui berbagai kasus korosi pada peralatan yang terpasang karena telah beroperasi selama umur desain rencana. Untuk memberikan rekomendasi kepada pemilik fasilitas terkait langkah apa yang perlu diambil terkait dengan kondisi korosif ini maka perlu dilakukan studi terkait penurunan kekuatan yang terjadi serta seberapa kritis sistem struktur yang ada untuk segera dilakukan tindak lanjut. Gambar 12 dan gambar 13 merupakan contoh kondisi korosi pada fasilitas struktur eksisting yaitu korosi pada peralatan *flare stack* dan korosi pada *guy wire tower* telekomunikasi.



Gambar 12. Korosi pada *Flare Stack*



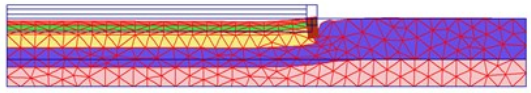
Gambar 13. Korosi pada *guy wire tower*

Untuk melakukan evaluasi terkait kondisi korosi ini maka diperlukan keilmuan teknik sipil diantaranya dapat diperoleh dari mata kuliah Struktur Baja, Metode Elemen Hingga, Mekanika Bahan, Mekanika Teknik.

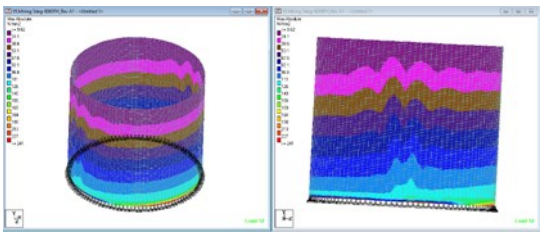
Penurunan Tanah dan Stabilitas Lereng pada Area Fasilitas Migas

Kasus penurunan tanah juga sering kali ditemui pada fasilitas produksi lapangan migas. Problem ini biasanya ditemukan saat melakukan inspeksi rutin ataupun terlihat secara visual sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh dari kondisi ini dengan melakukan evaluasi penurunan terhadap sistem fondasi maupun fasilitas peralatan itu sendiri.

Contoh kasus penurunan fondasi tangki merupakan contoh yang banyak terjadi, dimana penurunan terjadi merupakan penurunan jangka panjang akibat konsolidasi. Akibat terjadinya mekanisme penurunan berupa *differential settlement* akan memberikan pengaruh yang signifikan pada integritas struktur tangki diatasnya, sehingga diperlukan studi (gambar 15) untuk dapat memberikan rekomendasi perbaikan ataupun mitigasi yang perlu segera dilakukan untuk memenuhi keamanan operasi tangki tersebut.

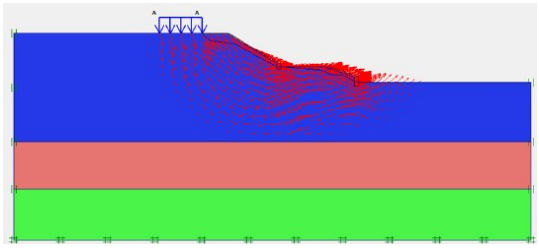


Gambar 14. Analisa geoteknik pada penurunan fondasi tangki



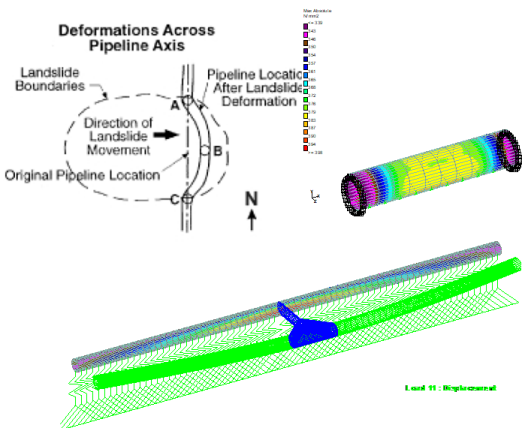
Gambar 15. Analisa pengaruh kemiringan fondasi pada dinding tangki

Pada pembangunan fasilitas migas sering kali ditemui pembangunan dilakukan pada fasilitas yang memiliki topografi berkontur. Stabilitas lereng dapat menjadi suatu tantangan bagi insinyur sipil dalam melakukan perancangan fasilitas yang aman. Pengetahuan terkait bagaimana melakukan analisa stabilitas lereng diperlukan (gambar 16).



Gambar 16. Analisa pengaruh penurunan tanah pada struktur tangki

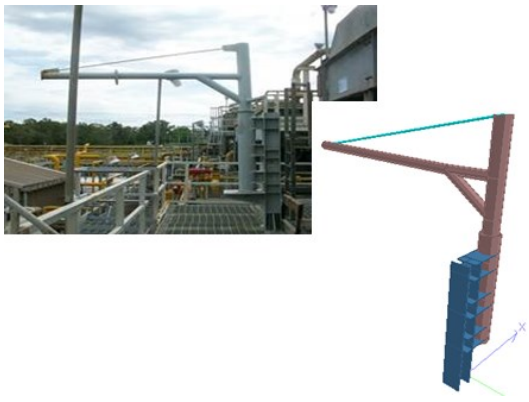
Jika ditemui longsoran di area lokasi pipa terpasang maka kajian terkait pengaruh perubahan tanah ini juga perlu dilakukan terhadap kemungkinan terjadinya tegangan berlebih pada struktur pipa seperti yang ditampilkan pada gambar 17.



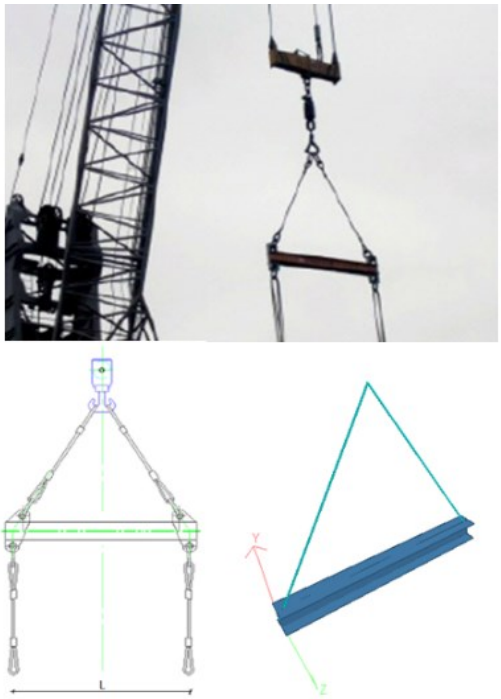
Gambar 17. Analisa pengaruh pergerakan tanah pada pipa bawah tanah

Desain Fasilitas Alat Angkat

Dalam operasi harian ataupun pekerjaan modifikasi fasilitas produksi di lapangan juga dapat ditemui kebutuhan untuk pekerjaan pengangkatan. Alat bantu angkat yang bisa banyak ditemui di lapangan operasi migas adalah *davit arm* (gambar 18) dan *spreader beam* (gambar 19) diperlukan untuk mendukung operasi pengangkatan, keahlian Mekanika Teknik, desain struktur baja serta mekanika bahan merupakan ilmu dasar yang perlu dikuasai untuk melakukan perancangan ataupun analisa pengangkatan tersebut.



Gambar 18. Pemodelan *davit arm*



Gambar 19. Pemodelan *spreader beam*

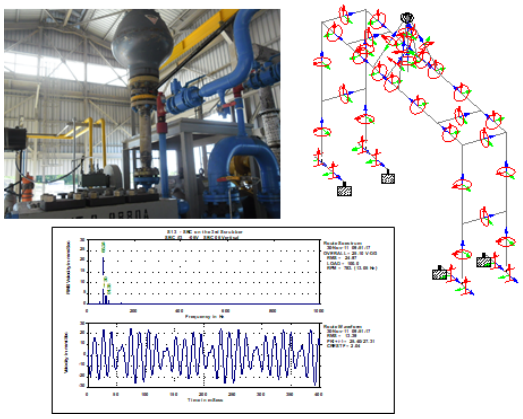
Getaran Berlebih pada Peralatan

Kasus-kasus getaran berlebih juga dapat ditemui pada fasilitas eksisting, hal ini dapat terjadi akibat perubahan yang terjadi pada modus operasi peralatan ataupun diakibatkan dari kerusakan yang terjadi pada peralatan itu sendiri. Mitigasi untuk mengurangi getaran berlebih tersebut perlu dilakukan sehingga kerugian yang lebih besar dan signifikan akibat kerusakan peralatan dapat terhindar.

Beban-beban dinamis cukup banyak ditemui di fasilitas produksi migas. Banyak peralatan yang bekerja menggunakan putaran mesin diantaranya berupa fasilitas pompa ataupun *compressor*. Selain problem yang muncul pada sistem fondasi mesin ini, perubahan modus operasi juga dapat mempengaruhi respon getaran yang terjadi. Karena banyaknya sistem perpipaan yang terhubung ke mesin dinamis (gambar 20) tersebut maka pengaruh getaran cukup besar terhadap respon dinamis sistem perpipaan yang dapat mengakibatkan potensi terjadinya retak pada operasi jangka panjang. Untuk memitigasi risiko terjadinya permasalahan terkait *process safety* maka perlu dilakukan studi

ISSN 2962-2697
Vol. 2, No. 1, Juli 2022

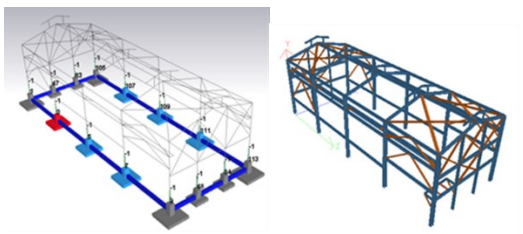
dinamis terkait getaran ini sehingga dapat diperoleh direkomendasikan perbaikan yang optimum agar peralatan yang ada dapat bekerja dengan aman dan berada pada rentang getaran yang diizinkan.



Gambar 20. Analisa Vibrasi

Pekerjaan Penambahan Peralatan dan Fasilitas

Aktivitas proyek terkait isu modifikasi ataupun perawatan umumnya dapat berupa pekerjaan penambahan fasilitas bangunan seperti *shelter, building* (gambar 21), penambahan / pemindahan peralatan seperti genset, pompa (gambar 22). Dengan adanya kebutuhan tersebut maka dibutuhkan lingkup pekerjaan *engineering* untuk membuat desain terkait bangunan yang dibutuhkan ataupun fasilitas fondasi serta fasilitas lainnya yang dibutuhkan untuk mendukung beroperasinya peralatan yang akan dipasang. Umumnya dasar pengetahuan yang banyak terlibat dalam lingkup pekerjaan modifikasi ini adalah Mekanika Tanah, Teknik Fondasi, Struktur Beton, Struktur Baja, Mekanika Teknik, Teknik Gempa.



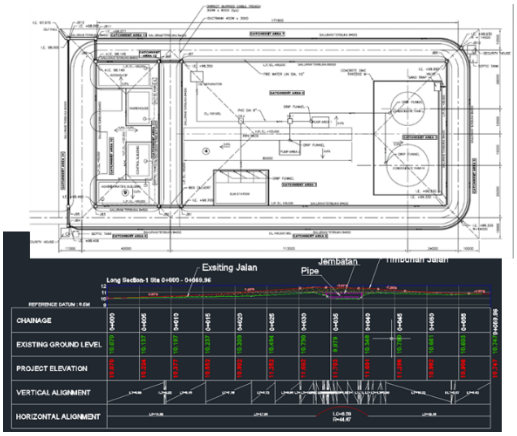
Gambar 21. Fasilitas bangunan



Gambar 22. Fasilitas peralatan

Pekerjaan Perawatan Jalan / Akses dan Sistem Drainase

Infrastruktur jalan (gambar 23) dan sistem drainase (gambar 24) sangat banyak ditemui pada fasilitas industri migas. Kebutuhan perawatan, perbaikan ataupun modifikasi sering kali ditemui untuk memastikan aktivitas dapat beroperasi dengan aman. Beberapa keahlian dasar untuk menyelesaikan kebutuhan pekerjaan ini dapat diperoleh dari perkuliahan Jalan Raya, Tebal Lapis Perkerasan, Pemetaan, Hidrolika, Drainase Perkotaan, Struktur Beton.



Gambar 23. Desain jalan dan *paving*



Gambar 24. Sistem drainase

Pada fasilitas infrastruktur jalan, jembatan ataupun *culvert* (gambar 25) yang telah digunakan dengan masa pakai yang cukup lama sering kali ditemui kerusakan yang dapat teridentifikasi secara visual, baik terlihat berupa retakan pada struktur beton ataupun korosi pada struktur baja. Untuk memastikan semua kendaraan yang melintas diatasnya dapat dilalui dengan aman, kebutuhan *assessment* terhadap kondisi eksisting ini diperlukan untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan, perkuatan ataupun batasan ijin beban layan yang diperbolehkan lewat.

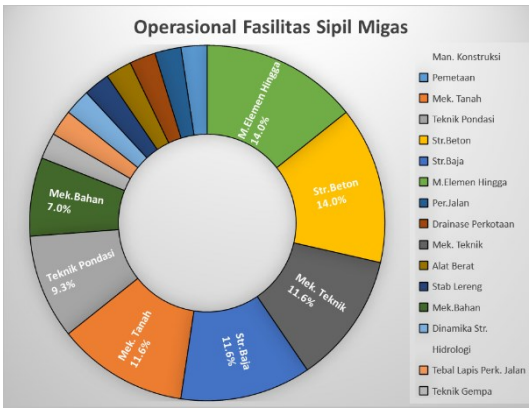
Beberapa mata kuliah keahlian yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan ini diantaranya adalah Struktur Beton, Teknologi Beton, Struktur Baja, Mekanika Teknik, Teknik Fondasi, Teknik Jembatan, Mekanika Bahan, Metode Elemen Hingga dan Mekanika Tanah.



Gambar 25. *Pipe culvert*

Distribusi Perkuliahan Teknik Sipil pada Proyek Modifikasi dan Perawatan

Jika dari tiap list dokumen untuk disiplin ilmu sipil di uraikan mata kuliah keahlian yang diperlukan maka dapat diperoleh sebaran mata kuliah keahlian sebagaimana pada gambar 26 berikut:



Gambar 26. Grafik distribusi perkuliahan sipil pada proyek modifikasi

Dari grafik dapat terlihat beberapa mata kuliah yang cukup dominan dibutuhkan dalam pekerjaan proyek modifikasi diantaranya adalah mata kuliah Metode Elemen Hingga, Struktur Beton Bertulang, Mekanika Teknik, Struktur Baja, Mekanika Tanah, Teknik Fondasi dan Mekanika Bahan.

Terlihat untuk mata kuliah keahlian Metode Elemen Hingga memiliki peranan penting dalam melakukan pekerjaan keahlian dikarenakan simulasi model numeris ini dibutuhkan untuk memperoleh sensitivitas respon struktur akibat beban luar maupun berat sendiri dengan kondisi eksisting yang terjadi, sehingga berdasarkan hasil studi numeris tersebut dapat memberikan rekomendasi terkait tindakan apa yang perlu segera dilakukan.

Dari kedua contoh kegiatan utama di proyek hulu migas terlihat bawah keahlian Teknik sipil sangat berperan mendukung operasi industri hulu migas. Banyak mata kuliah keahlian yang berperan penting dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan baik dalam fase perencanaan maupun perawatan.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat terlihat jika sinergi keahlian Teknik Sipil dalam industri migas di sektor Hulu sangat dibutuhkan. Keahlian Teknik Sipil dapat berperan aktif di sektor industri migas, baik pada proyek perencanaan fasilitas migas maupun pada fase pengoperasian fasilitas migas. Banyaknya mata kuliah keahlian yang telah diberikan dibangku kuliah dapat diaplikasikan dan disinergikan dalam kegiatan proyek maupun pengelolaan fasilitas infrastruktur migas khususnya pada fase *engineering.*

DAFTAR PUSTAKA

Satiawan, B. dan Rahayu. T (2022). "Simulasi Evaluasi Korosi Pada Struktur Flare Stack". Journal Konstruksia, Vol.13 no.2.

Satiawan, B. dan Rahayu. T (2020). "Evaluasi Kapasitas Isi Tangki Minyak yang Telah Mengalami Kemiringan". Seminar Nasional Penelitian. LPPM Universitas Muhammadiyah Jakarta.

Satiawan, B. dan Rahayu. T (2020). "Evaluasi Penurunan Fondasi Tangki Minyak Sesuai API 653". Journal Konstruksia, Vol.11 no.2.

Satiawan, B. (2018). "Pengaplikasian Perkuliahan Teknik Fondasi dan Mekanika Tanah Dalam Mendukung Kehandalan Industri Migas". Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, TS-011