

# KAJIAN TEKNOLOGI PENANGANAN KEBOCORAN PIPA PADA BANGUNAN LEPAS PANTAI DI LAUT UTARA KARAWANG

Adriani Phady<sup>1)</sup>, Fitri Ramadani Rahim<sup>1)</sup>, Indah Melati Suci<sup>1)</sup>, Andi Muhammad Alfian Arafat<sup>1)</sup>  
dan Taufiqur Rachman<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Unhas

<sup>2)</sup>Dosen Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Unhas

Email: adrianiphady18@gmail.com

## Abstrak

Indonesia memiliki luas laut 96.079 km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai sebesar 99.093 km. Potensi laut yang dimiliki Indonesia tersebut merupakan suatu peluang ekonomi yang dapat dimanfaatkan untuk kemajuan perekonomian Indonesia, serta sebagai tulang punggung pembangunan nasional. Untuk memanfaatkan potensi tersebut di butuhkan teknologi modern untuk mengolahnya, salah satunya teknologi perpipaan yang digunakan pada bangunan lepas pantai. Akan tetapi, sumber utama pencemaran laut adalah berasal dari tumpahan minyak baik dari proses di kapal, pengeboran lepas pantai maupun akibat kecelakaan kapal tanker. Salah satunya adalah mengenai kebocoran pipa pada bangunan lepas pantai, dalam kasus ini pada lepas pantai di laut Utara Karawang. Perlu dilakukan analisis terkait desain pipa sampai dengan pengaruh lingkungan untuk mengetahui ketahanan pipa guna mengantisipasi kebocoran pada pipa. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data-data terkait kebocoran pipa sebagai bahan pertimbangan mencari solusi terbaik. Dalam penerapan teknologi dapat ditemukan banyak masalah sehingga diperlukannya penanganan khusus berupa analisis terhadap faktor tegangan, regangan, beban tekanan, beban lingkungan di sekitar Bangunan Lepas Pantai milik PT. Pertamina Hulu Energi daerah Karawang Provinsi Jawa Barat. Pipa yang digunakan pada bangunan lepas pantai akan mengalami *reespan*, suatu kondisi dimana bentangan pipa dengan panjang tertentu memiliki jarak terhadap *seabed*, yang dapat di analisis proses perubahan fasenya serta beban yang bekerja pada pipa yang mengalami *reespan*. Beberapa cara mengatasi kebocoran pipa antara lain, melakukan investigasi terhadap pipa-pipa yang bocor, dan melakukan peenggantian terhadap pipa-pipa yang sudah tua dan rusak atau bocor.

**Kata kunci:** kebocoran Pipa, Free span

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan kekayaan laut yang berlimpah. Berdasarkan UNCLOS (*United Nation Convention on the law of the Sea*) 1982, total luas wilayah laut Indonesia seluas 5,9 juta km<sup>2</sup>, terdiri atas 3,2 juta km<sup>2</sup> perairan teritorial dan 2,7 km<sup>2</sup> perairan Zona Ekonomi Eksklusif, luas tersebut belum termasuk landas kontinen. Potensi laut yang dimiliki Indonesia tersebut merupakan suatu peluang ekonomi yang dapat dimanfaatkan untuk kemajuan perekonomian Indonesia, serta sebagai tulang punggung pembangunan nasional. Untuk memanfaatkan potensi tersebut di butuhkan teknologi modern untuk mengolahnya, salah satunya teknologi perpipaan yang digunakan pada bangunan lepas pantai (*Offshore*). Pesatnya pertumbuhan industri minyak dan gas lepas pantai menjadikan jaringan pipa sebagai alternatif sarana transportasi fluida. *Pipeline* digunakan dalam berbagai macam tujuan salah satu diantaranya adalah sebagai *trunk line* yakni mengangkut minyak dan/atau gas dari fasilitas produksi menuju daratan (Mousselli, 1981). Selain itu, kebutuhan industri migas akan mendorong semakin banyak penggunaan jaringan pipa sarana transportasi fluida karena dirasa lebih ekonomis dan efisien. Perlu diketahui bahwa dalam melakukan distribusi hasil pengeboran gas dan minyak dapat menggunakan kapal dan sistem perpipaan. Pipa bawah laut bertujuan mengalirkan minyak dan gas bumi dari dalam laut yang digunakan pada berbagai kebutuhan industri, transportasi dan rumah tangga. Akan tetapi, sumber utama pencemaran laut adalah berasal dari tumpahan minyak (*oil spill*) baik dari proses di kapal, pengeboran lepas pantai maupun akibat kecelakaan kapal tanker. Polusi dari tumpahan minyak di laut akibatnya akan sangat cepat dirasakan oleh masyarakat sekitar pantai dan sangat signifikan merusak makhluk hidup di sekitar pantai tersebut. Badan Dunia



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Group of Expert on Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP) mencatat sekitar 6,44 juta ton per tahun kandungan senyawa hidrokarbon masuk ke dalam perairan laut dunia. Dampak terhadap tumpahan minyak dapat berdampak langsung terhadap organisme yang meliputi dampak *lethal* (kematian), *sublethal*, plankton dan ikan migrasi. Sedangkan dampak langsung dari kegiatan perikanan diantaranya adalah *tainting* (bau lantung), budidaya dan ekosistem. Secara umum penanganan tumpahan minyak di laut dapat dilakukan dengan salah satu atau ketiga metode berikut yaitu penanganan secara fisika, kimia dan biologi. Koordinasi Seluruh Stakeholder untuk Dukungan Penanganan Cepat dan Tepat dibagi menjadi 2 wilayah yaitu: 1). Pusat: Pertamina terus berkoordinasi dengan SKK Migas, KESDM, KLHK, KKP, Kemenhub, BNPP, POLRI, TNI AL (Pushidros AL, Lantamal III) , KSOP, KKKS dan Instansi Terkait Lainnya 2). Daerah: Pertamina terus berkoordinasi dengan Pemerintah Provinsi/Kabupaten/ Desa , DLH, BPBD, masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya dalam rangka penanganan kejadian tersebut. Dengan melibatkan beberapa instansi terkait diharapkan penanggulangan tumpahan minyak di perairan laut akan menjadi lebih baik, terpadu dan komprehensif.

Kegiatan pengeboran untuk pencarian sumber-sumber migas maupun pada tahap eksploitasi, yaitu pengambilan dan produksi migas perlu dilakukan dengan mengikuti prosedur yang ada untuk meminimalisir kecelakaan yang akan terjadi. Salah satu contoh kasus kebocoran pipa di sumur pengeboran lepas pantai YYA-1 milik PT. Pertamina Hulu Energi Karawang, Provinsi Jawa Barat. Area tumpahan minyak meluas dari perairan laut utara Karawang hingga Bekasi dan menyebar hingga Kepulauan Seribu Jakarta dan bergerak ke Selat Sunda. Kebocoran sumur pengeboran lepas pantai bermula pada tanggal 12 Juni 2019 dengan munculnya gelembung gas yang diduga akibat terjadinya anomali tekanan pada saat pengeboran ulang sumur dilakukan. Sejak 17 Juli 2019 tumpahan minyak meluas ke 11 desa di Karawang hingga Bekasi yaitu: Mekarpohaci, Pusakajaya Utara, Sungaibuntu, Cemarajaya, Sedari, Tambaksumur, Tambaksari, Segarjaya, Tanjung Pakis, Pantai Bakti, Pantai Bahagia, Pulau Kelor Cipir Onrust Tour, Rambut Island, Pulau Ayer, Untungjawa Island, Pulau Onrust, Pulau Bidadari yang berjarak 2 km dari sumur. Volume tumpahan minyak ditaksir mencapai hingga 3000 Barel. Kecelakaan ini mengakibatkan rusaknya hutan bakau serta 1600 hektar tambak udang, bandeng dan tambak garam milik warga sekitar terancam gagal panen. Setiap harinya ribuan karung minyak terkumpul dari 11 posko di sepanjang pantai daerah Karawang. Tumpahan minyak juga mengotori 6 pantai di Kepulauan Seribu yang merugikan turis dan masyarakat sekitar.

Penanganan yang dilakukan oleh Pertamina yaitu dengan memasang *Static Oil Boom* sepanjang 2450 m dan *Moveable Oil Boom* sepanjang 400 m , juga menggunakan *Oil Skimmer/Oil Separator* serta mengerahkan 39 kapal. Penanganan *Oil Spill* di Pesisir Pantai dengan cara: 1). Pembersihan Pesisir Pantai oleh OSCT (*Oil Spill Combat Team*) bersama dengan masyarakat daerah terdampak. 2). Lebih dari 100 anggota TNI AD turut membantu pembersihan. Pengangkutan dan Pengelolaan *Oil Spill* ke Pengolah LB3 berizin KLHK. Penanganan *Spill* di Onshore dengan cara: 1). Persiapan sejumlah Masyarakat dan Tim dari Pertamina Hulu Energi sebelum membersihkan pantai; 2). Pemasangan *Oil Boom* untuk mencegah cairan tumpahan minyak. Penanganan Dampak Lingkungan sesuai arahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta dukungan ahli eksternal dilakukan dengan cara: 1). Analisa Sampel Air; 2). Analisa Kandungan *Oil Spill* (Komposisi Hidrokarbon); dan 3). Analisa Dampak Biota Laut.

Untuk itu, dibutuhkan metode yang tepat untuk menaggulangi kebocoran pada pipa bawah laut seperti mengkaji faktor-faktor yang berhubungan dengan beban yang terjadi pada pipa, serta menganalisis tiap fase perubahan pada pipa. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya kebocoran pada pipa bawah laut yang akan mencemari lingkungan di dalam laut serta pesisir pantai dan merugikan masyarakat sekitar pantai.



b. Kepulauan Seribu



a. Karawang

**Gambar 1.** Contoh kerusakan Pantai akibat kebocoran pipa minyak (Bisnis.tempo.co, 2019)

## DESAIN PIPA

Minyak dan gas merupakan sumber energi paling banyak yang digunakan oleh manusia. Untuk distribusi menggunakan sistem perpipaan memiliki keuntungan diantaranya minyak dan gas bumi hasil dari pengeboran tidak perlu terlebih dahulu memerlukan pengolahan, selain itu membutuhkan biaya yang relatif kecil daripada distribusi menggunakan kapal, sedangkan kerugian dari sistem perpipaan adalah hanya mampu mendistribusikan dalam jarak yang relatif terbatas, selain itu membutuhkan pemeliharaan yang relatif sering.



Gambar 2. Peta Hidrokarbon di Indonesia (Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi, 2010)

Sumber energi ini merupakan bagian mendasar pada kebutuhan hidup umat manusia. Hal ini menyebabkan semakin intensifnya usaha pencarian dan eksplorasi migas di daerah lepas pantai dan laut dalam, dengan meluasnya cekungan hidrokarbon yang ada di Indonesia mengakibatkan pencarian minyak dan gas semakin meningkat. Maka tingkat kecelakaan yang terjadi akibat eksplorasi migas pun akan semakin meningkat jika tidak memperhatikan standard operasional prosedur. Banyak kasus kebocoran pipa bawah laut yang terjadi di Indonesia milik PT. Pertamina. Contohnya yang terjadi di perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur yang mengakibatkan kebakaran akibat bocornya pipa minyak bawah laut karena terkena hantaman jangkar kapal pengangkut batu bara. Kejadian ini juga menyebabkan air laut di perairan Teluk Balikpapan menjadi tercemar (CNNIndonesia.com, 2018). Namun, Kajian khusus yang di teliti ialah kecelakaan yang terjadi di Perairan Laut Utara Karawang milik PT. Pertamina Hulu Energi khususnya Sumur YYA-1 PHE ONWJ. Untuk mengakomodasi penyaluran minyak dan gas bumi dari sumur-sumur minyak di lepas pantai dan di laut dalam, maka digunakan jaringan pipa bawah laut sebagai alternatif yang paling mudah, aman, dan efisien. Jenis pipa yang digunakan pada Sumur YYA-1 PHE ONWJ dapat mengalami kondisi *free span*. Secara definisi, *free span* pada pipa bawah laut dapat terjadi ketika kontak antara pipa dan *seabed* hilang dan memiliki jarak pada permukaan *seabed* (Guo et.al, 2005). Pada pipa bawah laut (*subsea pipeline*) yang tergeletak pada *seabed*, *free span* terjadi akibat ketidak-rataan (*uneven*) permukaan dasar laut dengan kurvatur yang tidak memenuhi kurvatur natural dari pipa tersebut, sehingga bentang pipa akan menggantung. Selain itu, *free span* juga dapat terjadi jika pada rute pipa tersebut memiliki persimpangan (*crossing*) dengan pipa atau kabel lain di bawah laut. Berdasarkan standar internasional Det Norske Veritas Recommended Practice F105-2006 (DNV RP F105, 2006). *Free span* pada pipa dapat terjadi karena (DNV-RP-F105, 2002):

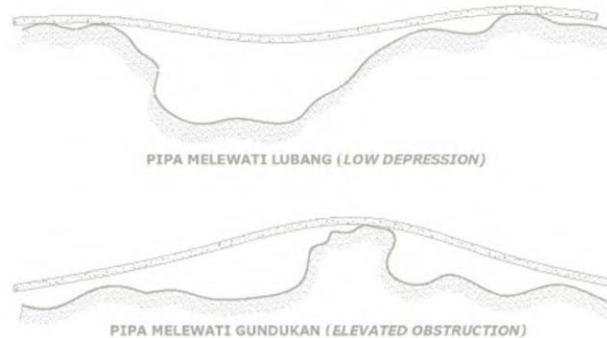
1. Permukaan *seabed* yang tidak merata.
2. Perubahan kontur dasar laut (akibat *scouring*, *sand waves*)
3. *Support* buatan.

Adanya *free span* pipa ini membutuhkan sebuah *analisis*. Hal ini karena pada *free span* pipa bekerja gaya-gaya yang

dapat menyebabkan kegagalan pipa. Pada *free span* pipa harus cukup kuat melawan:

1. *Excessive yielding*
2. *Fatigue*
3. *Buckling*
4. Ovalisasi

Selain itu, dalam sebuah kasus *free span* juga dapat terjadi jika pada rute pipa tersebut memiliki persimpangan (*crossing*) dengan pipa atau kabel lain di bawah laut. Pada tahap *engineering & technical design*, pipa tidak disiapkan khusus dengan perlindungan terhadap *free span* dikarenakan biaya capital yang menjadi lebih besar.



**Gambar 3.** Tipe Umum *Free Span* Pipa Bawah Laut (Pratama, 2007)

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa *free span* pipa pada dasar laut memiliki tipikal seperti itu. Bila terjadi suatu *free span* pada suatu rute pipa, maka perlu dicek ulang kekuatan dan keandalan kerja pipa tersebut. Perhitungan dan persiapan antisipasi ini perlu dilakukan mengingat keadaan pipa yang sudah tidak tergeletak merata pada *seabed*. Besar defleksi, dampak gaya hidrodinamika, vibrasi dan tegangan maksimum yang dapat terjadi harus dihitung untuk pengecekan kemungkinan keruntuhan pipa dengan pola statik (*Ultimate Limit State*) atau kelelahan/*fatigue* (*Fatigue Limit State*).

## ANALISIS KASUS

Pipa yang mengalami kebocoran dapat diteliti lebih lanjut dengan memperhatikan faktor sebagai berikut:

1. Analisis terhadap *free span* dapat dilakukan untuk tiap fase, yaitu:
  - a. Fase instalasi (pipa kosong), gaya lingkungan 1-tahunan.
  - b. Fase *hydrotest* (pipa berisi air, tekanan tertentu), gaya lingkungan 1-tahunan.
  - c. Fase operasi (pipa berisi *content fluid*), gaya lingkungan 1-tahunan.
2. Analisis yang dilakukan terhadap pipa mencakup:
  - a. Analisis tegangan yang terjadi pipa, dibatasi pada perhitungan *hoop stress*, *longitudinal stress* dan *von Mises stress*.
  - b. Analisis pipa tergeletak di atas *seabed*, menghitung gaya-gaya arus dan gelombang secara statik, dan interaksi terhadap tanah *seabed*.
  - c. Analisis VIV yang menyebabkan osilasi pada pipa yang memicu keruntuhan pipa secara *fatigue*.
  - d. Analisis *fatigue*, menentukan jumlah kerusakan akibat *fatigue* dan sisa umur pipa akibat *fatigue*.

Menurut Kenny (1993), beban yang bekerja pada dibagi menjadi 2 kategori, antara lain:

### a. *Functional Load*

Beban fungsional ini merupakan beban yang bekerja pada pipa sebagai akibat dari keberadaan pipa itu sendiri tanpa dipengaruhi oleh baban lingkungan. Beban fungsional antara lain adalah beban dari berat pipa itu sendiri, termasuk berat struktur baja pipa, lapisan anti korosi, lapisan selubung beton, beban akibat tekanan dalam yang diberikan pada pipa, beban akibat suhu yang tinggi di dalam pipa, serta beban akibat sisa instalasi.

### b. *Environmental Load*

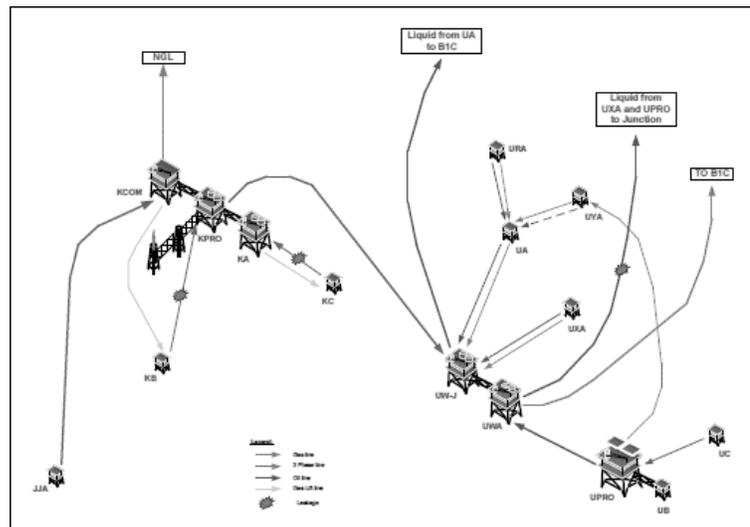
Beban ini bekerja pada pipa akibat adanya kondisi lingkungan yang terjadi. Untuk beban pada pipa bawah laut,



tentunya yang mempengaruhi adalah beban gelombang dan beban arus. Untuk mendapatkan data beban lingkungan yang tentunya bersifat acak, maka data yang digunakan untuk analisis adalah data periode ulang (*return period*).

## HASIL DAN DISKUSI

PT Pertamina Hulu Energi (PHE) merupakan anak perusahaan PT Pertamina (Persero). Hingga saat ini, PHE mengelola portofolio dan/atau operasional sebanyak 58 anak perusahaan, 6 perusahaan patungan dan 2 perusahaan afiliasi yang mengelola blok-blok migas di dalam dan luar negeri, serta bergerak di kegiatan usaha hilir migas dan services, dengan jumlah pekerja sampai tahun 2018 sebanyak 2.315 orang. PHE dibentuk berdasarkan hukum negara Republik Indonesia yang merupakan perwujudan dari strategi pengelolaan kegiatan hulu migas berdasarkan Undang-Undang No. 22 tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi pada tanggal 23 November 2001 oleh PT Pertamina (Persero). Tanggal 12 Juli 2019 pukul 01.30 WIB pada saat melakukan *re-entry* di sumur YYA-1 pada kegiatan re-perforasi, muncul gelembung gas di Anjungan YY dan rig Ensco- 67 yang terletak di wilayah operasi offshore ONWJ. Sumur YYA-1 merupakan sumur eksplorasi YYA-4 (yang di bor tahun 2011), IMT PHE ONWJ diaktifkan. Sebelum terjadinya kasus kebocoran di daerah karawang telah ada Studi Kasus kebocoran yang lainnya yaitu proyek dari Kilo Field milik Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java yang dikerjakan oleh PT. Depriwangga Engineering. KILO Area terdiri dari dua platform produksi yaitu platform KCOM dan KPRO serta empat wellhead platform yaitu KA, KB, KC, dan JJA. Berdasarkan dari laporan pada tahun 2012, area ini masih memiliki cadangan yang berpotensi untuk menambah produksinya. Saat ini hanya platform KA yang masih aktif menyalurkan hidrokarbon hasil pengeborannya ke platform produksi, karena terjadi kebocoran pada pipa yang menghubungkan platform KC-KA dan KBKPRO sehingga platform KC dan KB ditutup. Berikut ini adalah *layout* dari KILO Area yang saat ini terdapat kebocoran pada *pipeline*.



Gambar 4. Kilo Field Layout Development (Pertamina Hulu Energy, 2012)

## KESIMPULAN

Dalam penerapan teknologi dapat ditemukan banyak masalah sehingga diperlukannya penanganan khusus berupa analisis terhadap faktor tegangan, regangan, beban tekanan, beban lingkungan di sekitar Bangunan Lepas Pantai milik PT. Pertamina Hulu Energi daerah Karawang Provinsi Jawa Barat. Rekomendasi untuk mengatasi kebocoran pada pipa yaitu: 1). Melakukan investigasi terhadap pipa-pipa yang bocor; 2). Melakukan penggantian terhadap pipa-pipa yang sudah tua dan rusak atau bocor; dan 3). Partisipasi masyarakat dalam melaporkan terjadinya kebocoran, sehingga dapat dilakukan tindakan dengan tepat dan cepat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Det Norske Veritas. 2002. DNV-RP-F105. *Free Spanning Pipelines*. Norway.
- Veritas Offshore Technology and Services A/S. 2006. DNV RP F105 Free Spanning Pipelines. Norway: DNV Publisher.
- Guo, B. Song, S. J, Chako. J, Galambhor. 2005. *Offshore Pipeline*. New York: Elsevier.
- Hartanto B, 2008, *Tumpahan Minyak di Lautan dan Beberapa Kasus di Indonesia*, Majalah Bahari Jogja, Vol 8 No.12, Yogyakarta.
- Mouselli, A. H. 1981. *Offshore Pipeline Design, Analysis and Methods*. PennWell Books. Oklahoma.
- Pertamina Hulu Energy. 2012. *KILO Field Further Development Project*. Jakarta.
- Pratama, D. A. 2007. *Analisis Free Span Pipa Bawah Laut Dan Span Remediation*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kelautan-FTSL, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Sulistiyono, 2012, *Dampak Tumpahan Minyak (Oil Spill) di Perairan Laut pada Kegiatan Industri Migas dan Metode Penanggulangannya*, Forum Teknologi, Vol 3 No 1, Surakarta
- Sulistiyono, 2012, *Kajian Dampak Tumpahan Minyak dari Kegiatan Operasi Kilang Minyak Terhadap Kualitas Air dan Tanah*, Tesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2010. *Rencana Strategis 2015-2019*. Jakarta.
- Kenny, J. P. 1993. *Structural Analysis of Pipelines Spans*. USA: HSE Books
- <https://bisnis.tempo.co/read/1229825/tumpahan-minyak-di-karawang-pertamina-harus-pulihkan-ekosistem>
- <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20180417171643-12-291480/penyelidikan-kebocoran-minyak-pertamina-di-balikpapan>

