

# Pemeliharaan Berbasis Kondisi Di Fasilitas Produksi Industri Minyak Bumi Di Indonesia

Hendra R Firmansyah<sup>\*1)</sup> Rahmat Nurcahyo<sup>2)</sup> Djoko Sihono Gabriel<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Salemba-Jakarta

<sup>2)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

<sup>3)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

Email: Hendra.Rucita@yahoo.com, rahmat@eng.ui.ac.id, gabriel@ie.ui.ac.id

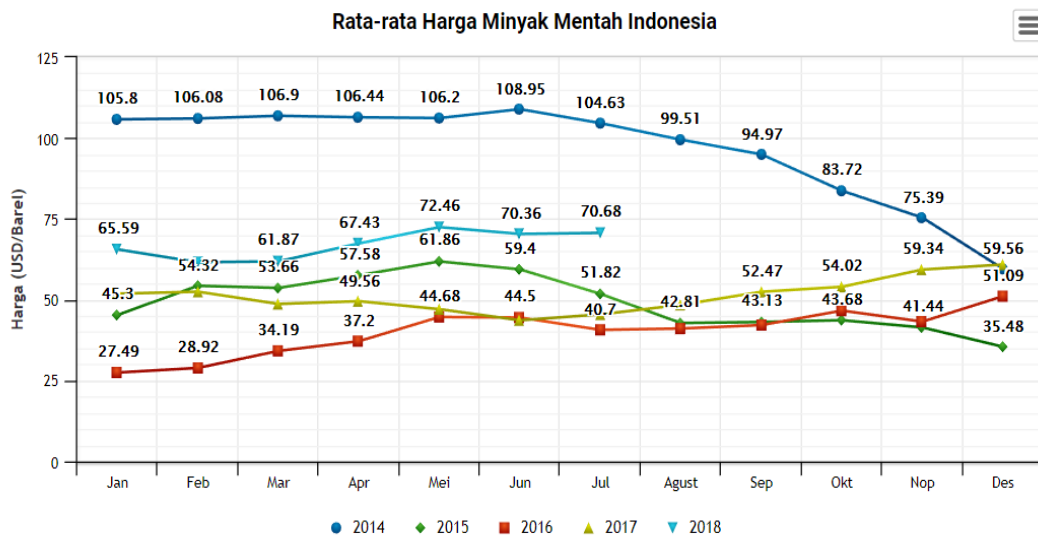
## ABSTRAK

Industri Minyak Bumi di Indonesia tergantung terhadap *trend* harga minyak yang berfluktuasi. Harga minyak yang cenderung menurun mengharuskan perusahaan melakukan efisiensi dalam operasinya. Salah satunya fokusnya adalah terhadap sistem pemeliharaan karena investasi pemeliharaan sangat signifikan terutama di industri minyak bumi. Pemilihan strategi pemeliharaan harus mengacu kepada kinerja kehandalan dan ketersediaan, dan juga efektifitas biaya total pemeliharaan. Pemeliharaan berbasis kondisi adalah salah satu strategi yang dipandang mempunyai efektifitas biaya yang tinggi. Penelitian ini mengenai analisa biaya dari strategi pemeliharaan berbasis kondisi pada industri minyak bumi di Indonesia. Beberapa perusahaan melakukan pemeliharaan berbasis kondisi untuk mengoptimalkan *interval* kegiatan inspeksi dengan mengawasi parameter dari peralatan baik secara manual ataupun pemasangan alat monitor di peralatan tersebut.

**Kata kunci:** *Condition Based Maintenance*, Industri Minyak Indonesia, *Maintenance Management*

## 1. Pendahuluan

Industri minyak di dunia, telah mengalami fluktuasi harga yang memiliki *trend* turun secara signifikan dalam 5 tahun terakhir. Data menyebutkan harga minyak di 2012 (US\$112.7 per barrel), kemudian harga minyak turun drastis lebih dari 70%, dan di tahun 2018 berada pada kisaran US\$65 per barrel (Kementerian ESDM, 2018). Perusahaan minyak bumi melakukan efisiensi dalam operasinya dengan salah satu fokus efisiensi adalah manajemen pemeliharaan.



**Gambar 1.** Data Harga Minyak Bumi Dunia (sumber: kementerian ESDM)

Pemeliharaan adalah memastikan bahwa aset fisik terus menerus melakukan sesuatu sesuai dengan keinginan penggunaannya (Moubray, 1991). Secara garis besar pemeliharaan terbagi menjadi dua yaitu *Preventive Maintenance* (PM) dan *Corrective Maintenance* (CM). Dalam *Preventive Maintenance*, peralatan dilakukan inspeksi kinerjanya, berdasarkan inspeksinya,

*Preventive Maintenance* (PM) dibagi menjadi dua yaitu pemeliharaan berdasarkan *interval* periode waktu (*Time Based*) dan pemeliharaan berbasis kondisi (*Condition Based Maintenance*). Sedangkan dalam *Corrective Maintenance*, peralatan akan terus berjalan sampai terjadinya kegagalan, yang kemudian akan dilakukan penggantian atau perbaikan terhadap peralatan tersebut (Mobley, 2002).

Dengan adanya target produksi, mengakibatkan peralatan di fasilitas Minyak bumi Indonesia dituntut untuk beroperasi dengan kondisi yang optimum. Pemeliharaan dengan inspeksi berkala (*Time Based*), pada awalnya dilakukan beberapa perusahaan untuk menghindari kegagalan fungsi, inspeksi dilakukan walaupun kondisi peralatan masih bisa dikatakan beroperasi normal. Setiap dilakukannya penghentian peralatan produksi untuk dilakukan pemeliharaan, akan mengakibatkan kehilangan produksi. Sebuah perusahaan Minyak Bumi di Indonesia mencatat bahwa dalam melakukan Pemeliharaan Berkala dari satu unit *Gas Lift Compressor*, maka terjadi kehilangan produksi sebesar 6,387 Barrel Minyak, atau setara dengan US\$415,155 (SIPL, 2018).

Menurut data dari SKK Migas, untuk tahun 2018 capaian *Cost Recovery* melebihi dari APBN yaitu sekitar US\$11,7 miliar dari yang ditargetkan sebesar US\$10,1 miliar (SKKMigas, 2018). Salah satu penyebab dari kondisi ini adalah karena banyak lapangan tua yang membutuhkan upaya untuk menjaga produksi. Jadi, biaya pemeliharaan (*maintanance*) untuk operasional produksi tinggi. Oleh karena itu diperlukan penerapan strategi pemeliharaan yang bisa meningkatkan kinerja kehandalan dalam berproduksi, dan juga efektif terhadap biaya pemeliharaan.

Strategi pemeliharaan terus berkembang dari basis *interval* periode waktu menjadi berbasis kondisi. Parameter operasi dari sebuah peralatan akan dimonitor secara terus menerus untuk mengetahui kondisi operasinya. Pengawasan ini bisa dilakukan secara manual oleh operator lapangan dan juga bisa menggunakan alat monitor seperti sensor yang di pasang di peralatan kritical tersebut. Strategi pemeliharaan ini akan menghasilkan kurva potensi kegagalan (*Potential Failure*) sehingga bisa diprediksi kapan terjadinya kegagalan dan dilakukannya inspeksi atau perbaikan sebelum waktu tersebut (Borrensens, 2011). Strategi ini memungkinkan kegiatan inspeksi berkala yang tidak perlu karena kondisi peralatan masih normal, dilewati sehingga tidak terjadi kehilangan produksi. Akan tetapi pemeliharaan berbasis kondisi ini memerlukan biaya awal yang cukup tinggi terutama pemasangan alat monitor yang terintegrasi ke ruang kendali operasi.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisa mengenai biaya total pemeliharaan berbasis kondisi yang dibandingkan dengan pemeliharaan pencegahan *Preventive Maintenance* (PM) di industri minyak bumi Indonesia. Analisa biaya-manfaat jika melakukan pemeliharaan berbasis kondisi terhadap *Life Cycle Cost* suatu peralatan dan kehilangan produksi per tahun. Analisa ini akan mengetahui strategi pemeliharaan mana yang lebih efektif diterapkan terhadap suatu peralatan sesuai dengan fungsinya.

## 2. Metode

Penelitian ini akan diawali dengan melakukan studi literatur dimana penelitian sebelumnya mengenai pemeliharaan berbasis kondisi akan di pelajari dan dijadikan referensi dalam penelitian ini. Penelitian akan fokus kepada evaluasi keefektifan total biaya pemeliharaan berbasis kondisi dengan menggunakan metode analisa biaya-manfaat. Sebelum melakukan analisa akan dilakukan identifikasi komponen biaya dan komponen manfaat yang didapatkan pada saat pemeliharaan berbasis kondisi dipilih.

Data mengenai penelitian ini didapatkan dengan cara studi kasus terhadap dua perusahaan Minyak Bumi di Indonesia dalam melakukan pemeliharaan berbasis kondisi di fasilitas

produksinya. Studi kasus ini meliputi kegiatan wawancara dengan ahli atau praktisi pemeliharaan mengenai praktek strategi pemeliharaan berbasis kondisi di perusahaannya. Selain itu juga dilakukan pengumpulan data histori mengenai kinerja pemeliharaan.

## 2.1 Studi Literatur

Beberapa penelitian, mengenai perhitungan biaya & manfaat yang didapat oleh sebuah strategi pemeliharaan yang terbaik. Dhillon (2002) dalam bukunya menjabarkan perhitungan tiap tiap komponen biaya dalam pemeliharaan sebagai tahap awal persiapan anggaran pemeliharaan. Salah satu komponen biaya yang berhubungan dengan produksi adalah peluang kehilangan produksi dikarenakan kegagalan peralatan. Yao dkk (2004) meneliti mengenai optimasi kegiatan Preventive Maintenance yang di selaraskan dengan kebijakan produksi termasuk perhitungan biaya pemeliharaan yang dinamis tergantung dari strategi produksi. Naikan dkk (2005) mengembangkan model optimal manajemen operasi peralatan dengan fokus terhadap penanggulangan unit yang mengalami kegagalan. Jardine and Tsang (2005) mengemukakan bahwa selama peralatan beroperasi, muncul biaya pemeliharaan yang akan sampai pada titik dimana secara biaya lebih ekonomis untuk melakukan penggantian. Nillson & Bertling (2007) juga meneliti biaya yang harus dikeluarkan untuk suatu peralatan dimulai dari pembelian, biaya pemeliharaan, kehilangan produksi dan depresiasi nilai peralatan tersebut, perhitungan yang disebut *Life Cycle Cost*. Verma dan Subramanian (2011) melakukan pemodelan analisa biaya-manfaat dengan menggunakan berbagai strategi pemeliharaan yang fokus terhadap pendapatan yang dihasilkan. Borrensens (2011) dalam tesis nya menyebutkan bahwa pemeliharaan berbasis kondisi merupakan strategi yang paling efektif secara biaya dalam memelihara peralatan kritikal. Dari beberapa penelitian tersebut, model perhitungan fokus terhadap biaya yang dikeluarkan suatu strategi pemeliharaan tanpa melihat keuntungan atau manfaat yang didapat setelah investasi biaya tersebut dilakukan.

Dari uraian tersebut diatas teridentifikasi komponen biaya dari pemeliharaan berbasis kondisi yaitu, biaya awal, biaya pengukuran dan analisa, biaya kerusakan dan penggantian, biaya integrasi dengan ruang kendali, dan biaya *life-cycle*. Sedangkan komponen manfaat adalah kehandalan dan ketersediaan peralatan dan juga inventori suku cadang / *spareparts*.

## 2.2 Pengumpulan Data Histori Pemeliharaan

Tahapan ini dilakukan untuk mengumpulkan data pemeliharaan yang dianut oleh perusahaan dari pertama kali beroperasi sampai dengan saat ini. Beberapa perusahaan menerapkan pemeliharaan berkala (*time based*) pada seluruh peralatannya. Dalam kegiatan ini dilakukan penggantian komponen peralatan berdasarkan anjuran dari pihak manufaktur tanpa melihat kondisi dari komponen tersebut. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan yang bisa mengakibatkan unit berhenti tanpa diencanakan (*Unplanned shutdown*). Salah satu diantaranya adalah pengambilan data kinerja pada saat sebelum dilakukan pemeliharaan berkala dan setelahnya. Data ini akan diolah untuk menentukan kurva *potential failure* (P-F) sebagai dasar untuk penerapan pemeliharaan berbasis kondisi jika akan mulai diterapkan pada saat ini sampai dengan akhir masa kontrak pengelolaan wilayah kerja.

Melakukan identifikasi komponen biaya di setiap kegiatan pemeliharaan dan manfaatnya pada saat menerapkan strategi pemeliharaan baik berbasis kondisi ataupun berkala (*time based*). Demikian juga dengan komponen manfaat yang bisa didapat dalam penerapan pemeliharaan berbasis kondisi.

## 2.3 Analisa biaya-manfaat penerapan pemeliharaan berbasis kondisi

Komponen biaya pada saat perusahaan melakukan pemeliharaan berkala akan dianalisa sehingga terbentuk biaya total pemeliharaan per tahunnya. Penerapan pemeliharaan berbasis kondisi akan mengakibatkan frekuensi inspeksi berkurang pertahun karena kegiatan inspeksi berdasar kepada kinerja peralatan. Manfaat yang didapatkan pada saat penerapan pemeliharaan

berbasis kondisi akan dianalisa sehingga bisa menjadi pertimbangan untuk memutuskan diterapkannya strategi pemeliharaan berbasis kondisi tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data diambil dari perusahaan minyak bumi di Indonesia. Perusahaan ini beroperasi di sekitar wilayah Jawa Timur Indonesia dengan hasil produksi minyak dan gas sekitar 5 ribu BOE (*Barel Oil Equivalent*) tiap hari. Mempunyai dua fasilitas produksi dengan fungsi yang berkaitan diantaranya fasilitas lepas pantai yang berfungsi sebagai operasi eksploitasi Minyak Bumi dan fasilitas di darat untuk proses pemecahan Minyak Bumi menjadi produk Minyak Mentah, Gas alam dan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*).

Objek penelitian yang akan dilakukan analisa biaya dan manfaat dalam pemeliharaannya adalah peralatan yang berpengaruh terhadap produksi dan mempunyai *redundancy* dalam operasinya yaitu, *Gas Turbine Generator, Crude Oil Pump, Instrument Air Compressor* dan *Separators*.

#### 3.1 Data Pemeliharaan

Perusahaan A menerapkan pemeliharaan berkala untuk objek penelitian tersebut diatas. Beroperasi dari September 2011, berikut data histori pemeliharaan berkala di perusahaan A.

**Tabel 1.** Histori Pemeliharaan berkala GTG

Work Order	Date	Description	Material Cost	Labour Cost	Total Biaya
2575263	9/27/2013	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (8K)	\$ 29,698.23	\$ 731.00	\$30,429.23
2597209	3/28/2014	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (4K)	\$ 40,157.92	\$ 2,279.00	\$42,436.92
2607385	9/19/2014	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (8K)	\$ 29,109.37	\$ 1,935.00	\$31,044.37
2611859	4/20/2015	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (4K)	\$ 33,024.74	\$ 2,322.00	\$35,346.74
2616090	12/7/2015	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (8K)	\$ 12,161.84	\$ 2,279.00	\$14,440.84
2620410	9/9/2016	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (4K)	\$ 30,395.43	\$ 2,279.00	\$32,674.43
2624206	2/20/2017	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (8K)	\$ 22,032.30	\$ 2,279.00	\$24,311.30
2637120	4/13/2018	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (4K)	\$ -	\$ 2,365.00	\$ 2,365.00
2635218	4/13/2018	GTG TURBINE PACKAGE MECH INSPECT (4K)	\$ 21,226.45	\$ 2,279.00	\$23,505.45

Dalam setiap tahunnya dilakukan pemeliharaan berkala 4000 dan 8000 jam kerja tergantung pada jam kerja dari GTG tersebut. Komponen biaya yang dikeluarkan untuk jemis pemeliharaan 4K dan 8K adalah biaya material dan biaya pekerja. Rata rata biaya pemeliharaan per tahun didapat US\$39,425.71.

Data kinerja peralatan sebelum dilakukan pemeliharaan berkala menunjukkan indikasi bahwa kinerja peralatan masih dalam keadaan yang baik pada saat sebelum dilakukan 4K *inspection*. Selain itu hasil analisa material yang digunakan pada saat pemeliharaan berkala, berpotensi untuk bisa dilakukan optimasi sehingga bisa memperkecil biaya total pemeliharaan. Optimasi ini berdasar kepada kondisi komponen yang akan digantikan.

#### 3.2 Analisa biaya Manfaat

Perusahaan tersebut berencana akan menerapkan pemeliharaan berbasis kondisi. Oleh karena itu dilakukan analisa biaya manfaat untuk penerapan pemeliharaan ini. Dalam pemeliharaan berbasis kondisi yang menggunakan sebuah sistem pengawas (*monitoring*) terdapat beberapa komponen biaya yang menjadi pertimbangan. Seperti biaya inisial pemeliharaan yang meliputi Biaya pembelian, pemasangan dan integrasi terhadap sistem pengawasan fasilitas produksi yang ada. Kemudian biaya pelatihan personel untuk menjalankan aktivitas monitoring (Baidya & Gosh, 2015; Borresen, 2011). Dalam operasinya juga terdapat biaya pemeliharaan tersendiri, seperti kalibrasi yang dilakukan pertahun (Rastegari & Bengsston, 2015). Kemudian terhadap peralatan yang dimonitor, ada biaya kegiatan inspeksi sebagai follow up dari hasil pengawasan peralatan (Yoon dkk. 2018).

**Tabel 2.** Analisa Biaya pemasangan alat monitoring.

Tahun	Biaya Pembelian	Biaya Pemasangan	Biaya Integrasi	Biaya Training Personel	Biaya Kalibrasi	Biaya Inspeksi	Total Cost	Present value
0	\$ 72,500	\$ 14,500	\$ 10,500	\$ 3,000	\$ 336	\$ -	\$ 100,836	\$ 100,836
1	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 14,073
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 13,403
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 12,765
4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 12,157
5	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 11,578
6	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 11,027
7	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 10,502
8	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 336	\$ 14,441	\$ 14,777	\$ 10,002
							Total	\$ 196,342

Komponen manfaat yang jadi pertimbangan adalah dengan penjadwalan inspeksi yang berdasar kepada kondisi peralatan, maka kegiatan pemeliharaan bisa menurun pertahunnya tanpa mempengaruhi tingkat kinerja kehandalan dan ketersediaan peralatan tersebut. Selain itu, biaya Inspeksi atau penggantian bisa diturunkan karena penggantian komponen akan berdasarkan kondisi.

Setiap tahunnya dilakukan pemeliharaan berkala 4K dan 8K, dan data kinerja peralatan sebelum dilakukannya 4K *inspection* menunjukkan bahwa peralatan masih dalam kondisi baik. Kondisi ini akan diinterpretasikan oleh sistem pengawas dengan membentuk kurva *potential failure* (P-F), hasilnya menunjukkan bahwa peralatan akan bisa berjalan sampai jam berjalan mendekati inspeksi 8K. Oleh karena itu, pemeliharaan bisa dilakukan hanya sekali pertahun yaitu inspeksi 8K saja.

**Tabel 3.** Analisa Manfaat pemasangan alat monitoring.

Tahun	Manfaat	Present value
0	\$ -	\$ -
1	\$ 35,347	\$ 33,664
2	\$ 35,347	\$ 32,061
3	\$ 35,347	\$ 30,534
4	\$ 35,347	\$ 29,080
5	\$ 35,347	\$ 27,695
6	\$ 35,347	\$ 26,376
7	\$ 35,347	\$ 25,120
8	\$ 35,347	\$ 23,924
	Total	\$ 228,454

#### 4. Kesimpulan

Pemeliharaan berkala (*time based*) merupakan strategi pemeliharaan yang dilakukan dalam mempertahankan kinerja kehandalan dan ketersediaan peralatan di lapangan. Dalam operasi nya pemeliharaan berkala dilakukan sesuai dengan anjuran manufaktur dari peralatan sehingga cenderung memerlukan biaya yang cukup besar karena komponen akan tetap diganti walaupun masih dalam kondisi baik.

Untuk peralatan yang mempunyai unit *back-up*, memungkinkan untuk diterapkan pemeliharaan berbasis kondisi, karena bisa melakukan *planned shutdown* tanpa mempengaruhi jalannya operasi. Dari penelitian ini, pemeliharaan berbasis kondisi terbukti lebih efektif secara biaya dibandingkan dengan pemeliharaan berkala pada unit yang mempunyai cadangan dalam operasinya.

### Daftar Pustaka

- Børresen, C.S. (2011). *A framework for cost-benefit analysis on use of condition based maintenance in an IO perspective*, M.Sc. Thesis, Norwegian University of Science and Technology Department of Marine Technology.
- Baidya, Rahul., and Gosh, Sadhan Kumar. (2015) *Model for a Predictive Maintenance System Effectiveness Using the Analytical Hierarchy Process as Analytical Tool*, 2015, IFAC (International Federation of Automatic Control) Hosting by Elsevier Ltd
- Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance a Modern Approach*. CRC Press-2002.
- Jardine, A. & Tsang, A. (2005). *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*. USA: CRC Press.
- Mobley, R. Keith. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance Second Edition*. Butterworth-Heinemann. Elsevier Science (USA).
- Moubray, J. (1991). *Reliability Centered Maintenance*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Naikan, V.N. Achutha, & Rao, P.Naga Srinivasa. (2005) *Maintenance Cost benefit analysis of production shops availability Approach*, IEEE Transactions on reliability, 2005 pp: 404 – 409.
- Nilsson, J. & Bertling, L., (2007). *Maintenance Management of Wind Power Systems Using Condition Monitoring Systems—Life Cycle Cost Analysis for Two Case Studies*. In: IEEE Transactions on Energy Conversion. IEEE Press, pp. 223-229.
- Rastegari Ali, Bengstton Marcus, (2016) *Cost Effectiveness of Condition Based Maintenance in Manufacturing*, DOI: 10.1109/RAMS.2015.7105079, Researchgate 2016.
- SIPL (2018). *GLC Loss Production Opportunity Report*. SIPL-SKK Migas.
- Verma N. K., & Subramanian T.S.S. (2011) *Cost Benefit Analysis of Intelligent Condition Based Maintenance of Rotating Machinery*, 7th IEEE Conference Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Singapore, pp:1390-1394, July 2012.
- Yao, Xiaodong., Xie, Xiaolan., Fu, Michael C., dan Marcus, Steven I. (2004). *Optimal Joint Preventive Maintenance and Production Policies*. 2005 Wiley Periodicals, Inc.
- Yoon, Joung Taek., Youn, Byeng D., Yoo, Minji., Kima, Yunhan., and Kim, Sooho (2018) *Life-Cycle Maintenance Cost Analysis Framework Considering Time-Dependent False and Missed Alarms for Fault Diagnosis*, Reliability Engineering and System Safety, 10.1016/j.res.2018.06.006, ref: RESS 6178.