

Analisis Bahaya dengan Metode Hazop dan Manajemen Risiko pada *Steam Turbine* PLTU di Unit 5 Pembangkitan Listrik Paiton (PT. YTL Jawa Timur)

Erna Zulfiana dan Ali Musyafa'

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: musyafa@ep.its.ac.id

Abstrak—*Steam turbine* beroperasi pada temperatur dan tekanan uap yang tinggi sehingga keamanan proses harus dijaga agar tidak terjadi bahaya yang menimbulkan risiko. Untuk analisis dan identifikasi bahaya digunakan metode HAZOP yang selanjutnya melakukan manajemen resiko berupa *emergency respon plan* berdasarkan bahaya yang mungkin terjadi pada PLTU. Identifikasi bahaya dengan metode HAZOP dilakukan dengan penentuan 4 node pada *steam turbine* yaitu HP Turbine, IP Turbine, LP Turbine 1 dan LP Turbine 2, penentuan *guideword* dan deviasi berdasarkan *control chart* data proses *transmitter* di setiap *node*, dan untuk estimasi likelihood berdasarkan nilai MTTF tiap *transmitter*. ERP pada *steam turbine* dibuat untuk kejadian kebakaran karena berisiko tinggi dan kemungkinan besar terjadi serta dapat menyebabkan bahaya lain seperti ledakan dsb. Dari penelitian ini diketahui kondisi yang paling berbahaya pada *steam turbine* adalah kondisi *high pressure* yang diketahui dari *risk matrix pressure trasnmitter* pada 4 node yang bernilai *high* dan *ekstrim* yang dapat menyebabkan turbin mengalami *overspeed*. Rekomendasi untuk menanggulangi bahaya tersebut antara lain pemasangan *pressure alarm*, simulasi *automatic turbine test*, pemeriksaan *turbine overspeed protection* serta kalibrasi maupun pengecekan pada *pressure trasnmitter* tersebut.

Kata Kunci—*Steam turbine*, *hazop*, *guideword*, *emergency respon plan*, *high pressure*.

I. PENDAHULUAN

PADA PLTU terdapat beberapa komponen penting yaitu pompa, boiler, *steam turbine* dan kondenser. *Steam turbine* adalah komponen yang mengubah energi kalor pada steam menjadi energi mekanik berupa gerak pada poros rotor untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan listrik. *Steam turbine* dapat digerakkan dengan *superheated steam* atau *saturated steam*, hal ini disesuaikan dengan fluida kerja yang dihasilkan pada boiler. *Steam turbine* merupakan komponen yang kompleks dan termasuk *rotary machine* (mesin yang bergerak dengan berputar) yang beroperasi pada kondisi yang cukup ekstrim yaitu dengan temperatur dan tekanan uap yang cukup tinggi. Oleh karena itu, keamanan pada *steam turbine* harus dijaga agar tidak terjadi kecelakaan kerja. Hal ini sesuai dengan misi dari semua industri yaitu “zero accident” atau tidak pernah terjadi kecelakaan kerja yang tentunya akan merugikan bagi industri baik dalam bidang materi maupun non materi.

Salah satu usaha untuk menanggulangi adanya kecelakaan kerja adalah dengan menganalisis sistem keamanan yang

terdapat di *steam turbine* apakah sudah baik dan efektif. Salah satu tahapan untuk menganalisis suatu sistem keamanan adalah dengan mengidentifikasi dan menganalisa bahaya-bahaya yang kemungkinan terjadi. Metode untuk menganalisa dan mengidentifikasi bahaya pada sebuah plant yang sekarang sering digunakan di bidang industri adalah metode HAZOP (*Hazard and Operablity Analysis*). Analisis bahaya dengan Metode HAZOP berdasarkan deviasi dari keadaan normal suatu proses. Selain dengan menidentifikasi dan menanggulangi kecelakaan kerja yang berkaitan dengan sistem keamanan sebuah *plant*, maka diperlukan manajemen risiko yang bertujuan untuk meminimalisasi kerugian jika bahaya yang diprediksi akan terjadi menjadi kenyataan. Selain itu, manajemen risiko juga dapat bersifat pencegahan terhadap terjadinya kerugian tersebut.

Oleh karena itu, untuk menganalisa dan mengidentifikasi bahaya yang terjadi *steam turbine* maka digunakan metode HAZOP yang selanjutnya melakukan manajemen resiko berupa *emergency respon plan* berdasarkan bahaya yang mungkin terjadi pada PLTU.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Analisis Proses Steam Turbine

Pada tahapan ini dilakukan analisa proses yang terjadi pada *steam turbine* yang berdasarkan terhadap referensi tertulis seperti buku penunjang, laporan terdahulu maupun dari sumber lain yang dapat dipercaya.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa dokumen atau gambar yang menunjang proses yang terdapat pada *steam turbine* meliputi PFD, P&ID, data proses berdasarakan tampilan pada DCS *screen* dan *maintenance data* atau data *time to failure* dari setiap komponen yang terdapat pada *steam turbine* (dapat dilihat pada lampiran).

Pada *steam turbine* unit 5 Paiton ini terdapat dua jenis transmitter berdasarkan jumlah transmitter untuk pengukuran besaran yang sama. Jumlah transmitter yang dipasang tersebut dapat dilihat dari KKS dari transmitter tersebut. Transmitter dengan KKS yang berakhiran 903 atau 901 berarti terdapat lebih dari satu transmitter untuk pengukuran yang sama, hanya letaknya mungkin berbeda line (pipa). Untuk transmitter dengan akhiran 001, 002, 003 atau 004, merupakan transmitter tunggal. Nilai pengukuran yang terdapat pada DCS *screen*

untuk *double transmitter* adalah salah satu dari dua transmitter tersebut yang secara otomatis dipilih oleh DCS sendiri. Untuk penentuan *guideword* berdasarkan *control chart*, *double transmitter* dianggap satu karena pengukuran yang ditampilkan pada DCS *screen* adalah satu pengukuran saja [1]. Sedangkan untuk perhitungan MTTF yang digunakan untuk estimasi likelihood, tiap transmitter diperhitungkan, jadi jika merupakan *double transmitter* maka dihitung MTTF masing-masing transmitter.

C. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan dengan metode HAZOP yang memiliki beberapa tahapan yaitu penentuan titik studi (*node*), penentuan paramater proses dan pemilihan *guideword* dan devaiation yang digunakan untuk menentukan kegagalan yang mungkin terjadi pada suatu sistem. Node pada *steam turbine* dibagi menjadi 4 node, yaitu HP Turbine, IP Turbine, LP Turbine 1 dan LP Turbine 2 [2]. Setiap node dianalisa mulai dari instrumen yang berada pada input, proses yang terjadi serta instrumen output dari node tersebut.

Penentuan *guideword* pada metode HAZOP berdasarkan pengolahan data proses yang diambil setiap jam selama 1 bulan yang dilakukan pada bulan Maret 2013 (31 hari). Dari data proses tersebut kemudian diolah dan ditampilkan dengan *control chart* sehingga dapat dilihat kualitas dari trend data proses tiap-tiap instrumen di setiap node yang telah ditentukan. Setelah ditampilkan secara visual, maka dapat diketahui apakah grafik cenderung dibawah nilai CL (*Control Level*) atau LCLnya maupun cenderung diatas nilai CL atau UCLnya. Nilai UCL dan LCL ini merupakan petunjuk untuk penentuan *guideword* apakah kondisi operasi berada pada *high* jika diatas UCL dan *low* jika berada di bawah LCL.

D. Estimasi Konsekuensi dan Likelihood

Estimasi konsekuensi dan likelihood ini dilakukan untuk melengkapi data kegagalan atau bahaya yang kemungkinan terjadi dengan sistem sehingga bisa diketahui konsekuensi dan likelihood secara terperinci. Estimasi konsekuensi dilakukan secara kualitatif yaitu menjelaskan pengaruh atau akibat kegagalan yang terjadi pada *steam turbine* terhadap proses operasional secara keseluruhan di *power plant*.

Untuk mengestimasi *likelihood* adalah dengan menggunakan adalah data *time to failure* pada komponen *steam turbine* pada interval waktu satu tahun. Kriteria *likelihood* yang digunakan adalah frekuensi kerusakan tiap komponen pada suatu periode waktu tertentu. Nilai *likelihood* diperoleh dari ratio antara jumlah hari operasional per tahun terhadap nilai MTTF (*mean time to failure*). Nilai MTTF didapatkan berdasarkan data maintenance tiap instrumen, tetapi jika tidak terdapat data maintenance instrumen tersebut maka nilai MTTF didapatkan dari nilai failure rate berdasarkan pada OREDA. Nilai MTTF didapatkan dari nilai *failure rate* (λ) sesuai persamaan sebagai berikut [3]:

$$MTTF = \frac{1}{failure\ rate} = \frac{1}{\lambda} \tag{1}$$

E. Analisis Risiko

Analisis terhadap risiko dilakukan dengan cara mengkombinasikan *likelihood* dan *consequences* yang telah didapat pada tahap estimasi. Kombinasi didapat dengan menggunakan *risk matrix* seperti pada Tabel 1 [4].

Tabel 1.
Risk Matrix

Likelihood	Consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
	1	2	3	4	5
A (Almost certain)	H	H	E	E	E
B (Likely)	M	H	H	E	E
C (Moderate)	L	M	H	E	E
D (Unlikely)	L	L	M	H	E
E (Rare)	L	L	M	H	H

F. Analisis Emergency Response Plan (ERP)

Analisis *emergency response plan* adalah suatu langkah ketika terjadi kegagalan sangat diperlukan. Hal ini berupa tindakan darurat untuk menyelamatkan diri ketika terjadi kegagalan sistem yang berat. ERP ini dibuat untuk kejadian kebakaran (*fire*) yang terjadi pada daerah *steam turbine* karena kebakaran adalah kejadian yang kemungkinan besar terjadi dan dapat menyebabkan bahaya lain seperti ledakan dsb. ERP ini juga dilengkapi dengan peta evakuasi manusia (*man*) yang berada pada lokasi *steam turbine building* menuju *assembly point* (tempat berkumpul) terdekat.

G. Analisis Performansi ERP

Analisis performansi merupakan penilaian terhadap ERP apakah ERP yang dilakukan mampu menurunkan risiko atau tidak. Hal ini berdasarkan diskusi dan rekomendasi dari pihak departemen HSE (*Health and Safety Engineering*) PT. YTL Jawa Timur.

H. Pembahasan dan Kesimpulan

Pembahasan didapatkan dari analisis yang dilakukan, mulai analisis bahaya, analisis resiko, analisis ERP dan yang terakhir adalah analisis performansi ERP yang berkaitan dengan menurunkan risiko yang kemungkinan terjadi. Kesimpulan merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu tentang analisis dan identifikasi bahaya dengan metode HAZOP pada *steam turbine* dan manajemen risiko dari bahaya yang kemungkinan terjadi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Proses pada Steam Turbine

Steam turbine merupakan salah satu komponen utama pada PLTU yang berfungsi untuk mengubah energi kalor pada uap menjadi energi mekanik berupa gerak rotor pada turbin. Spesifikasi *steam turbine* pada unit 5 paiton PT. YTL Jawa Timur sebagai berikut:

B. Analisis Bahaya dengan Metode Hazop

Node yang pertama adalah HP *Turbine*. Pada node HP turbine terdapat 15 hasil pengukuran transmitter yang mengatur proses pada HP *turbine* yang ditampilkan pada DCS *screen* dari 18 transmitter yang berada *plant*. Setiap instrumen dianalisa grafik pengukuran yang selanjutnya dapat ditentukan *guideword* dari tiap *transmitter* dengan menggunakan *control chart*.

Tabel 2.

Guideword Tiap Instrumen pada node HP Turbine

Instrument	Guideword	Deviation
LBA40CP003	High	High pressure
LBA40CP004	High	High pressure
LBA40CT003	High	High temperature
	Low	Low temperature
LBA40CT004	High	High temperature
	Low	Low temperature
MAA12FG151	More	More flow
	Part of	Part of instrumentation
LBA50CT003	High	High temperature
	Low	Low temperature
LBA50CT004	High	High temperature
	Low	Low temperature
MAA22FG151	More	More flow
	Part of	Part of instrumentation
MAA50CP001	High	High pressure
MAA50CT018A	High	High temperature
	Low	Low temperature
MAA50CT051A	High	High temperature
	Low	Low temperature
MAA50CT052A	High	High temperature
MAA50CP021	High	High pressure
LBC10CP002	High	High pressure
LBC10CT002	High	High temperature
	Low	Low temperature
LQ80CP001	High	High pressure
LQ80CT001	Low	Low temperature

Tabel 3.

Guideword Tiap Instrumen pada node IP Turbine

Instrument	Guideword	Deviation
LBB11CP001	High	High pressure
LBB11CP002	High	High pressure
LBB11CT003	High	High temperature
LBB11CT003	High	High temperature
MAB12FG151	Part of	Part of instrumentation
LBB12CP001	High	High pressure
LBB12CP002	High	High pressure
LBB12CT003	High	High temperature
LBB12CT003	High	High temperature
MAB22FG151	Part of	Part of instrumentation
MAB50CP001	High	High pressure
MAB50CT011A	Low	Low temperature
MAB50CT041A	High	High temperature
MAB50CT042A	High	High temperature
MAB50CT061A	Low	Low temperature
	High	High temperature
MAB50CT062A	Low	Low temperature
	High	High temperature
MAB50CT021A	Low	Low temperature
	High	High temperature
LBS50CP001	High	High pressure
	High	High temperature
LBS50CT001	Low	Low temperature
	High	High pressure
LBQ60CT001	Low	Low temperature
	High	High pressure
LBS40CP001	High	High pressure
	High	High temperature
LBS40CT001	Low	Low temperature

Penentuan *guideword* untuk tiap *transmitter* di *plant* pada node HP Turbine dapat dilihat pada Tabel 2. Node kedua (IP Turbine) yang terdapat 19 hasil pengukuran *transmitter* yang pada DCS screen dari 23 *transmitter* yang berada *plant*. Penentuan *guideword* untuk tiap *transmitter* yang terdapat di node IP Turbine (lihat Tabel 3). Node ketiga adalah LP Turbine 1 yang terdapat 6 hasil pengukuran. Penentuan *guideword* untuk tiap *transmitter* yang terdapat di node LP Turbine 1 (lihat Tabel 4).

Tabel 4.

Guideword Tiap Instrumen pada node LP Turbine 1

Instrument	Guideword	Deviation
MAC10CT011A	High	High temperature
MAC10CT071A	High	High temperature
LBS30CP001	High	High pressure
LBS30CT001	High	High temperature
	Low	Low temperature
LBS32CP001	High	High pressure
LBS32CT001	Low	Low temperature

Tabel 5.

Guideword Tiap Instrumen pada node IP Turbine 2

Instrument	Guideword	Deviation
MAC11CP001	High	High pressure
MAC20CT011A	High	High temperature
MAC20CT071A	High	High temperature
	Low	Low temperature
LBS31CP001	High	High pressure
LBS31CT001	Low	Low temperature

Node yang keempat adalah LP Turbine 2 yang terdapat 5 hasil pengukuran *transmitter* yang yang ditampilkan pada DCS screen maupun yang terdapat di *plant*. Penentuan *guideword* untuk tiap *transmitter* yang terdapat di node LP Turbine 2 diberikan dalam Tabel 5. Setelah ditentukan semua *guideword* pada tiap *transmitter* maka dilakukan analisis bahaya sesuai dengan *guideword* tersebut kemudian dibuat tabel analisis Hazop.

C. Emergency Response Plan (ERP) untuk Kebakaran pada Steam Turbine

ERP ini bertujuan untuk menjelaskan program tindakan darurat ketika terjadi kebakaran pada steam turbine sehingga dapat memaksimalkan keselamatan kerja karyawan dan meminimalisir kerusakan akibat kebakaran. ERP ini dibuat sebagai berikut:

1. Lingkup

ERP ini meliputi seluruh fasilitas steam turbine unit 5 yang berisiko terhadap kebakaran. Penanggulangan yang tanggap, tenang serta terkendali terhadap kebakaran sangat penting agar tercapai tujuan dari ERP ini.

2. Tanggung Jawab

ERP ini menuntut tanggung jawab dari beberapa pihak, adalah *Operation manager, shift manager, control room engineer, Unit controller, assistant unit controller* dan *operator plant, fire team, Core team* dan semua karyawan mengikuti training untuk kondisi darurat berupa kebakaran yang telah diadakan oleh perusahaan [5].

3. Persiapan Pencegahan

Peralatan atau Sistem Pengendalian Kebakaran, sebagai berikut:

- Penyediaan *fire hoserack cabinet* untuk setiap level pada *plant* dan ruangan di CCR
- *CO₂ system* untuk setiap bunker
- *Sprinkler system* untuk gedung CCR

Alat Komunikasi dan Peringatan, sebagai berikut:

- Penyediaan alat komunikasi darurat di beberapa tempat strategis seperti telepon dan radio
- Pemasangan *alarm* pada daerah rawan kebakaran

4. Prosedur ERP

Prosedur umum [5]:

- Segera membunyikan alarm kebakaran terdekat

- Menghubungi CCR 4444 dan melaporkan lokasi kebakaran, korban dan kerusakan *plant* yang terjadi kebakaran
- Memadamkan api dengan alat pemadam kebakaran yang tersedia untuk karyawan yang mampu dan sudah mengikuti training untuk menghadapi kebakaran dan membantu siapapun (karyawan, kontraktor dan pengunjung) yang mungkin membutuhkan bantuan untuk mencapai *assembly point*
- Melapor kepada *fire warden* yang bertugas di lokasi kebakaran dan jika mendapat perintah evakuasi maka segera menggunakan jalur tercepat dan yang paling aman serta tidak boleh menggunakan elevator
- Berkumpul di *assembly point* sampai ada instruksi selanjutnya

5. Prosedur Pemadaman Api

- a. *Small fire* : jika masih tahap permulaan kemungkinan dapat dipadamkan dengan tabung pemadam kebakaran (*fire extinguisher*) atau alat pemadam kebakaran yang lainnya seperti *dry chemical powder* yang terdapat di sekeliling *steam turbine hall*. Pemadaman harus terus dilakukan sampai api dapat dipadamkan atau hingga *fire team* mengambil alih tindakan pemadaman. Akan tetapi, harus berhati-hati jika melakukan pemadaman dan jangan memaksakan diri jika merasa tidak mampu untuk memadamkan api.
- b. *Large fire*: setiap peralatan yang rawan bahaya pada *turbine hall* sudah dilengkapi dengan pendeteksi api otomatis dan *sprinklers* yang terletak pada *main turbine*, *bearing* pada generator dan sistem *feed water pump*. Selama memadamkan kebakaran, *fire team* dan *core team* diwajibkan menggunakan PPE, *full face breathing apparatus* serta *fire protective clothing*. Area kebakaran harus diisolasi dan dipasang barikade di sekitar lokasi kebakaran. *Security* harus berada diluar barikade untuk menjaga akses masuk lokasi kebakaran. Personil *fire team* dan *core team* harus bekerja sama dan mengikuti instruksi yang diberikan oleh *fire team incident commander*. Dinginkan semua peralatan yang berada di lokasi kebakaran dan kurangi panas dengan air. Untuk *massive fire* gunakan *unmanned hose holders* atau *monitor nozzles* untuk meminimalisir jumlah personil *fire team* yang terlibat.

6. Peta Evakuasi

Dalam proses evakuasi, *fire warden* akan memandu para karyawan dan orang yang berada di lokasi kebakaran menuju ke *assembly point*. Dalam hal tersebut, maka dipilih jalur evakuasi yang tercepat dan aman digunakan. Berikut adalah peta evakuasi untuk *steam turbine building* jika terjadi kebakaran.

Steam turbine building ini terletak di sebelah selatan gedung CCR, plant unit 5 dan plant unit 6. *Assembly point* terdekat dari *steam turbine building* ini adalah *assembly point* yang terletak di depan (utara) gedung CCR atau di dekat *Emergency Genset No 1*. Oleh karena itu, untuk menuju *assembly point* tersebut terdapat dua jalur, yaitu jalur pertama lewat pintu keluar di *steam turbine building* yang terdapat tangga turun kemudian langsung menuju *assembly point*. Jalur kedua yaitu lewat gedung CCR kemudian turun dengan lift jika

memungkinkan atau menggunakan tangga darurat yang terdapat di kanan kiri lift.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis bahaya dengan metode Hazop dan manajemen risiko pada *steam turbine*, maka didapatkan kesimpulan kondisi yang paling berbahaya pada *steam turbine* adalah kondisi *high pressure* yang diketahui dari *pressure trasmitter* seperti MAA50CP001 pada *node HP turbine* dengan likelihood B dan konsekuensi 4 sehingga *risk matrix*nya E (ekstrim). Begitu juga *pressure transmitter* pada *IP Turbine*, *LP turbine 1* dan *2* yang dapat menyebabkan turbin mengalami *overspeed* yang disebutkan dalam tabel Hazop. Rekomendasi untuk menanggulangi bahaya tersebut antara lain pemasangan alarm untuk *pressure*, simulasi *automatic turbine test*, pemeriksaan *turbine overspeed protection* serta kalibrasi maupun pengecekan pada *pressure trasmitter* tersebut. Kebakaran merupakan salah satu bahaya yang kemungkinan besar terjadi pada *steam turbine* yang dapat mengakibatkan ledakan jika tidak ditanggulangi dan ditangani secara serius dan sistematis. Oleh karena itu, dibuat suatu *Emergency respon plan* (ERP) untuk agar dapat meminimalisir risiko yang diakibatkan oleh kebakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh karyawan di PT. YTL Jawa Timur, Paiton karena telah diberi kesempatan untuk Tugas Akhir di perusahaan tersebut. Khususnya kepada Bapak Josman selaku Kepala *Safety* dan *Fire System* yang telah memberikan banyak bantuan dan bimbingan dalam melakukan analisis HAZOP serta *emergency response plan*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Australian Standard/ New Zealand Standard 4360:1999.1999. *Risk Management*. Australian Standard.
- [2] Ebeling, Charles E.1997. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Hyatt, Nigel.2004. *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*. Richmond Hill: Ontario.
- [4] Jawa Power and Siemens. 1998. *Balance of Plant. Training Manual Volume 1 of 2 Paiton Private Power Project Phase II*. Jawa Power.
- [5] Juniani,dkk.2011. Implementasi Metode HAZOP dalam Identifikasi Bahaya dan Analisa Risiko pada *Feedwater System* di Unit Pembangkitan paito, PT.PJB. Prosiding Teknik K3 PPNS ITS Surabaya.
- [6] Siemens. 1997. *KKS Identification System for Power Plant: Function Key, Equipment Unit Key, and Component Key*. Jawa Power.
- [7] Siemens. 1998. *Plant Course Paiton Volume 1: Steam Turbine*. Jawa Power.
- [8] PMI - Health and Safety (H&S) – 450. Emergency Management Procedure. *Safety and Fire System Department* PT. YTL Jawa Timur.