

Kajian Ilmiah Penyetelan Ulang Parameter Sistem Proteksi Turbin Unit 2 di Star Energy Geothermal Ltd.

Muhammad Agha¹, Sihana², Nazrul Effendy³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

¹aghahutama@mail.ugm.com

²sihana@ugm.ac.id

³nazrul@gadjahmada.edu

Intisari - Semakin bertambahnya jumlah penduduk berarti semakin bertambah pula kebutuhan akan energi listrik. Salah satu solusi untuk memecahkannya yaitu dengan membangun PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) sebagai penyedia energi listrik ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kinerja dan tingkat kehandalan dari sistem proteksi vibrasi dari turbin unit 2 PLTP Wayang Windu, metode *Fault Tree Analysis* digunakan untuk mengetahui tingkat kehandalan suatu sistem yang disebut SIL (*Safety Integrity Level*). PFD (*Probability of Failure on Demand*) dari masing-masing sub-sistem sensor, sub-sistem *logic solver* dan sub-sistem aktuator juga dihitung guna menentukan SIL dari sistem tersebut. Menurut aturan IEC 61508, hubungan antara besarnya nilai PFD dengan SIL berbanding terbalik dan terdapat pengklasifikasian untuk mengetahui tingkat kehandalan pada suatu *Plant/Kilang*. Pada 2 turbin yang ada di PLTP Wayang Windu terdapat perangkat pengaman yaitu TSI (*Turbine Supervisory Instrument*) Bently Nevada 3500 yang berfungsi untuk merekam getaran pada *shaft bearing*. Pada Turbin unit 2, penyetelan *Set Alert (High)* dan *Set Danger (High-High)* pada TSI sebaiknya di-*setting* sama dengan TSI pada Turbin unit-1 yaitu pada batas 100 μm (*High*) dan 146 μm (*High-High*). Parameter lain adalah *Set Time Delay* yang sebaiknya diubah dari 100 milidetik menjadi 3 detik untuk menghindari sinyal palsu yang selama ini sering mematikan turbin sebagai langkah otomasi untuk upayapengamanan dari terjadinya kerusakan yang lebih meluas, padahal kondisi faktualnya getaran yang terjadi sangat singkat dan tidak membahayakan kinerja turbin yang sedang *running*, justru langkah berupa *shut down* yang terjadi berulang-ulang ini dapat mengganggu proses produksi dan mengakibatkan kerusakan pada turbin tersebut. Oleh karena itu, penyetelan yang dilakukan akan meningkatkan kehandalan dari sistem proteksi vibrasi pada turbin unit 2.

Kata Kunci: PLTP, *Fault Tree Analysis*, tingkat kehandalan, PFD, *Turbine Supervisory Instrument*, *Time Delay*, *Set Alert*, *Set Danger*.

Abstract - The increasing number of population also equal with increasing demand for electrical energy, optional solution to solve it is building a geothermal power plant as a provider of electrical energy that are renewable energy. The purpose of this study is to analyze the reliability of the turbine vibration protection system unit-2 Wayang Windu geothermal power plants. *Fault Tree Analysis* method is used to determine SIL (*Safety Integrity Level*). PFD (*Probability of Failure on Demand*) of each sub-system sensor, logic solver and actuator are also calculated to determine the SIL of the system, according to the rules of IEC61508. In the Wayang Windu geothermal power plant, there are a safety devices for turbines that call TSI (*Turbine Supervisory Instrument*) Bently Nevada 3500 which is have a function to record the vibration of turbine shaft bearing. On the turbine unit-2, setting *Set Alert (High)* and *Set Danger (High-High)* on TSI should be set equal to TSI in the turbine unit-1, there are at the limit of 100 μm (*High*) and 146 μm (*High-High*). Another parameter is the *Set Time Delay* should be changed from 100 millisecond to 3 second to avoid fake signals. A fake signal will shut down the turbine as a next sequence or preventive action to protect the turbine from widespread damage. Whereas the factual condition of vibration that occurs is very short and it won't interrupt performance of the turbine, it just will interrupt the production process and damage the turbine if it happens repeatedly. Therefore that adjustment will improve the reliability of the turbine vibration protection system unit 2.

Keywords: Power Plant, Safety Integrity Level, Turbine Supervisory Instrument, Time Delay, Set Alert, Set Danger

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya alam potensial di Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik ialah panas bumi (geothermal). Jenis pembangkit ini cocok dikembangkan di Indonesia mengingat banyaknya sumber

panas bumi yang tersedia di Indonesia. Potensi panas bumi di Indonesia adalah sekitar 27.237 MWe atau sekitar 40% dari panas bumi di dunia[1].

Dalam PLTP Wayang Wiindu banyak dijumpai bermacam-macam jenis mesin dan instrumen yang memerlukan perawatan serta pengontrolan rutin kondisi dan

batas kemampuan dari mesin yang dioperasikan, sehingga tindakan penyelamatan sesegera mungkin dapat dilakukan jika terdeteksi adanya kerusakan.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai sistem proteksi vibrasi turbin unit-2 agar diketahui cara kerja *displacement transducer* dan setting pada *Turbin Supervisory Instrument (TSI)* Bentley Nevada 3500 sehingga dapat meningkatkan kehandalan sistem tersebut.

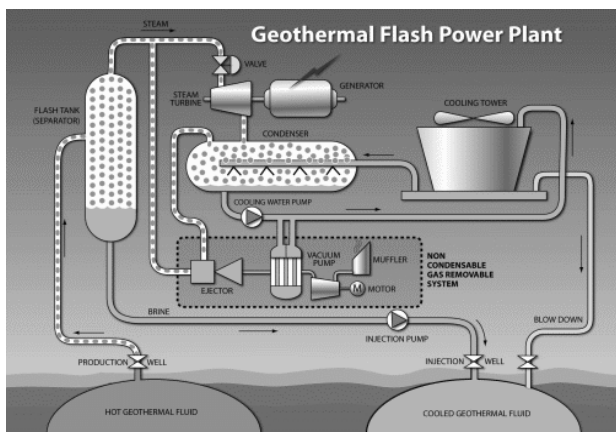
II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran getaran pada suatu mesin secara normal diambil pada bearing dari mesin tersebut. Transduser sebaiknya harus ditempatkan sedekat mungkin dengan bearing mesin karena melalui bearing tersebut gaya getaran dari mesin ditransmisikan. Gerakan bearing adalah merupakan hasil reaksi gaya dari mesin tersebut, disamping karakteristik getaran seperti :Amplitudo, frekuensi dan phase [2].

III. DASAR TEORI

A. PLTP Wayang Windhu

PLTP Wayang Windu merupakan pembangkit geothermal dengan menggunakan sistem flash steam. *Flash Steam System* merupakan sistem geothermal yang paling sering digunakan daripada sistem yang lain (*dry steam, binary cycle, double flash system, combined cycle*). Komponen utama pada PLTP Wayang Windu terdiri dari *production well, separator, control valve system, steam turbine, generator, trafo utama, switch yard, condenser, cooling tower, dan injection well*.



Gambar 1. Skema *Flash Steam System* [3]

B. Turbin Uap

1. Komponen-komponen yang terdapat pada turbin uap

Komponen-komponen yang terdapat pada turbin uap, diantaranya: [5]

- 1) *Casing*; Berfungsi sebagai penutup bagian-bagian utama turbin. material yang dipakai harus mampu menahan tekanan dan temperatur tinggi.

- 2) *Rotor*; Rotor adalah bagian terpenting dari suatu konstruksi turbin yang berputar, dimana fungsinya sebagai pengikat sudu-sudu.
- 3) *Nozzle*; Alat untuk mengarahkan tekanan uap untuk memutar sudu (blade) turbin.
- 4) *Wheel*; Merupakan kumpulan rangkaian sudu-sudu jalan yang terangkai pada shaft rotor, diikat dengan shroud dan dibuat per bagian sesuai dengan desain dari pabrikan.
- 5) *Gland Packing*; Sebagai penyekat untuk menahan kebocoran baik kebocoran uap maupun kebocoran oli.
- 6) *Labirinthe Ring* ; Mempunyai fungsi yang sama dengan *gland packing* yaitu pengaman terhadap kebocoran oli.
- 7) *Bearing Pendestal*; Merupakan kedudukan atau tahanan dari poros rotor agar dapat bekerja efisien.
- 8) *Journal Bearing*; Berfungsi untuk menahan gaya radial poros rotor (gaya tegak lurus terhadap poros rotor).
- 9) *Thrust Bearing*; Berfungsi untuk menahan atau untuk menerima gaya aksial rotor (gaya sejajar terhadap poros).
- 10) *Oil Deflector*; Merupakan bagian dari inner part yang terpasang pada sisi depan dan belakang dari bearing , yang fungsinya sebagai seal atau perapat agar pelumas tidak terjadi cross air pada saat pelumasan pada bearing beroperasi.
- 11) *Coolar*; Disebut juga *Trust Dish* yang berfungsi sebagai tumpuan dari *trust - pad*.
- 12) *Main Oil Pump*; Berfungsi untuk memompakan oli dari tangki untuk disalurkan pada bagian-bagian yang berputar pada turbin

2. Prinsip Dasar Turbin Uap

Uap masuk kedalam turbin melalui nosel. Didalam nosel energi panas dari uap diubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel.

Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin.

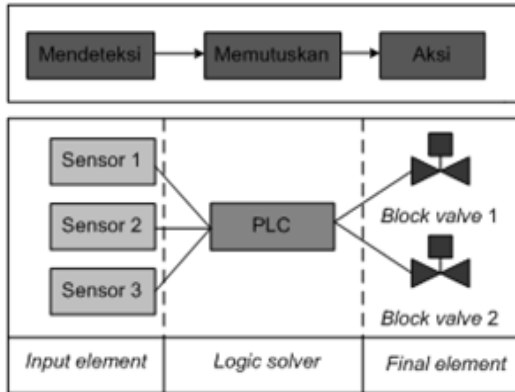
Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.

C. Turbine Supervisory Instrument (TSI)

Turbine Supervisory System (TSI) adalah suatu sistem yang bertugas mengawasi kerja turbin sesuai dengan parameter-parameter yang diukur dan dapat memberikan perintah kepada instrumen pendukung lainnya agar kinerja turbin tetap berjalan baik, parameter tersebut diantaranya getaran bearing, ekspansi, posisi katup, kecepatan dan percepatan turbin, sudut fase, dan suhu pada bearing. [5]

D. Safety

Safety Instrumented Function (SIF) merupakan sebuah fungsi keselamatan yang berhubungan dengan sistem, atau fasilitas reduksi risiko eksternal yang mampu membawa suatu proses ke keadaan aman untuk satu keadaan bahaya yang spesifik. Satu SIF atau lebih akan membentuk SIS. Sebuah SIF terdiri dari (*input element*) sensor-sensor, *logic solver*, dan aktuator sebagai *final element* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

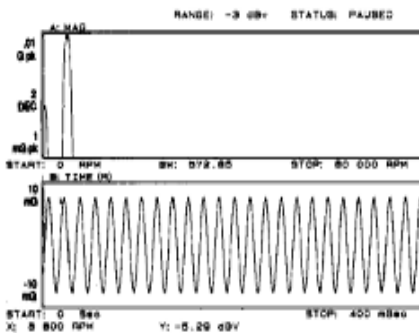
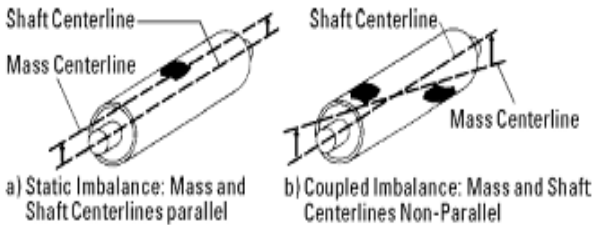


Gambar 2. Safety Instrumented Function (SIF)

E. Penyebab Getaran pada Turbin

1. Ketidakseimbangan

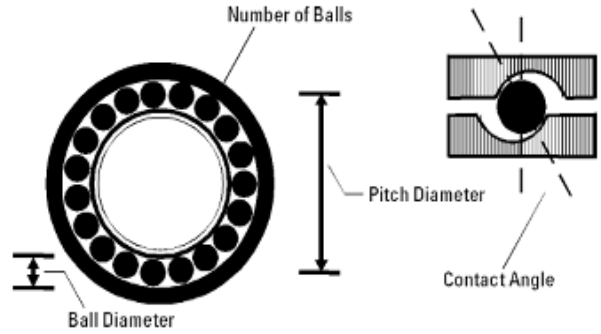
Ketidakseimbangan terjadi ketika pusat massadari sistem berputar tidak bertepatan dengan pusat rotasi. Hal ini dapat disebabkan oleh sejumlah hal, termasuk salah perakitan, dan *build-up/loss material*.



Gambar 3 Macam-macam ketidakseimbangan pada turbin [6]

2. Rolling-Element Bearing

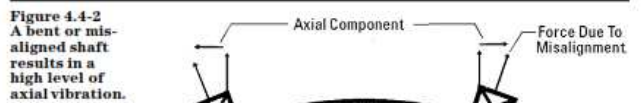
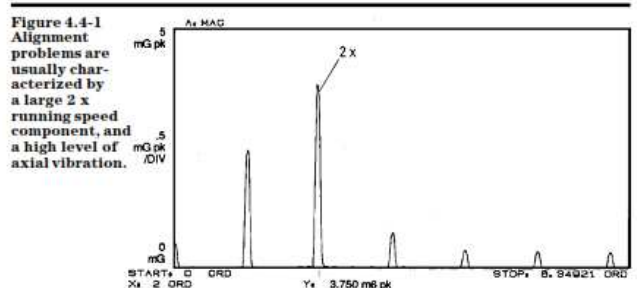
Bantalan Bearing yang berputar adalah salah satu penyebab kegagalan mesin walaupun sangat kecil perubahan tingkat getarannya dan hampir tidak terdeteksi di tahap awal kerusakan. Frekuensi lemah yang mengindikasikan kerusakan dan menimbulkan getaran tersebut dapat disebabkan oleh cacat bantalan geometri bantalan, dan kecepatan rotasi yang ditimbulkan.



Gambar 4. Bearing dan Bantalannya

3. Misalignment

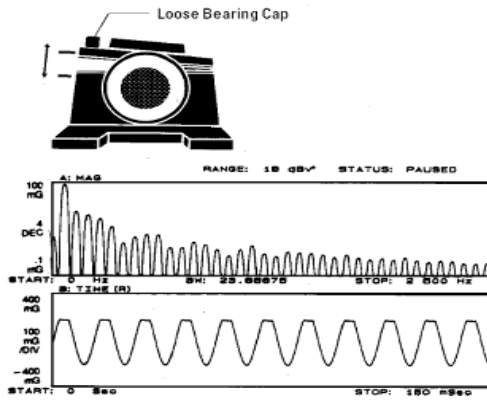
Getaran akibat *misalignment* biasa ditandai dengan kecepatan komponen meningkat dua kali lipat dan tingkat getaran aksial yang sangat tinggi.



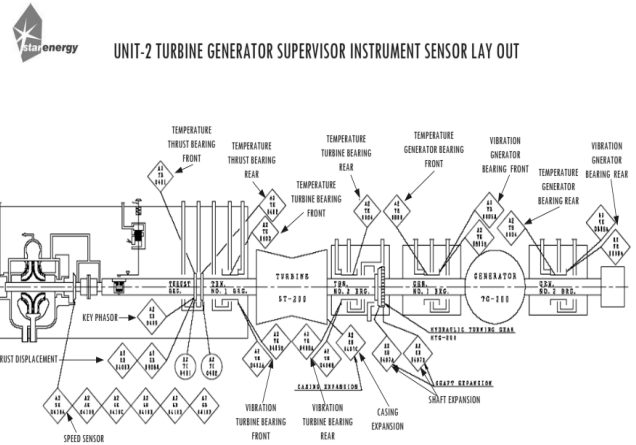
Gambar 5 Grafik Misalignment

4. Mechanical Looseness

Getaran yang terjadi akibat kesalahan mekanik, misalnya akibat longgarnya baut, terlepasnya pengaman *bearing*.



Gambar 6. Hubungan Loose pada Bearing dengan Spektrum Gelombang yang dihasilkan[9]



Gambar 8. Penampang berbagai sensor pada turbin unit-2 [6]

5. Faktor Eksternal (Bencana Alam)

Getaran juga dapat berasal dari Bencana alam seperti gempa bumi, ledakan gunung berapi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Sistem Proteksi Vibrasi Pada Turbin Unit-2



Gambar 7. Bently Nevada 3500 pada turbin unit-2

Turbin Unit 2 menggunakan Bently Nevada 3500 sebagai alat untuk melakukan pemrograman dan monitoring getaran. Untuk pemrograman dan pengaturan *trip point*nya dapat diatur dengan mudah sesuai keinginan user menggunakan *software* yang telah disediakan dari vendor, berbeda pada monitoring turbin unit-1 Bently Nevada 3300 yang belum dapat menggunakan *software*.

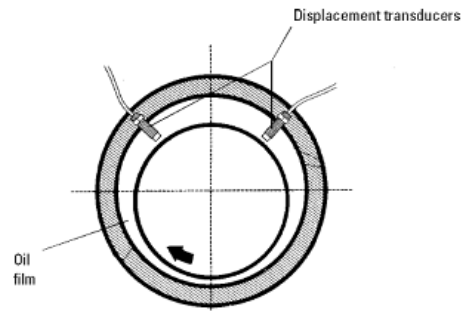
B. Analisis Sistem Proteksi Vibrasi pada Turbin Unit-1 dan Unit-2

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kinerja dari sistem proteksi vibrasi pada turbin unit-1 dan unit-2, khususnya pada *Displacement Transmitter* yang digunakan untuk merekam getaran yang ditimbulkan oleh perputaran shaft bearing. Pembahasan meliputi perbedaan antara kedua sistem tersebut dan akan terfokus pada Sistem Proteksi pada Turbin Unit-2 yang dimonitor oleh Bently Nevada 3500.

Dalam menjawab masalah yang sudah dijelaskan pada sebelumnya, dilakukan analisis sistem proteksi vibrasi turbin pada PLTP Wayang Windu, dengan batasan masalah yaitu:

- a. Cara kerja sensor vibrasi.
 - b. Konfigurasi sistem proteksi vibrasi kedua turbin.
 - c. *Trip Point* dan karakteristik monitoring sistemnya.
 - d. *Trending* vibrasi dari kedua turbin.
- a. Cara Kerja Sensor Vibrasi (Bently Nevada 3500)

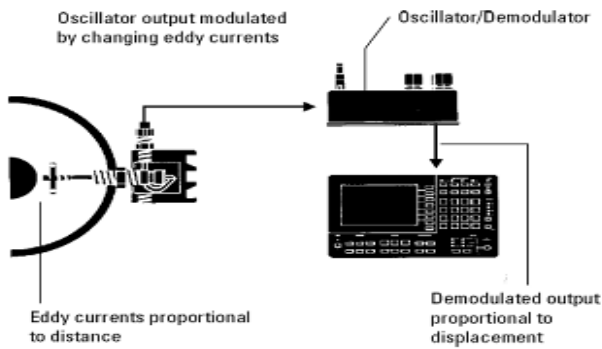
Bently Nevada 3500 berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap *engine* dengan cara memonitor secara terus-menerus dengan membandingkan parameter terhadap nilai pengaturan alarm. Memberikan Informasi penting apabila terjadi satu kondisi *critical* pada mesin dalam hal vibrasi (alarm).



Gambar 9. Posisi Sensor Getaran pada Bearing [9]

Cara Kerja Sistem Vibrasi Sensor vibrasi dari generator, gearbox, dan turbin masing-masing membangkitkan sinyal elektrik, masing-masing sinyal diterima oleh suatu alat yaitu Bently Nevada 3500 yang terpasang pada *turbine control panel* (TCP). Terdapat beberapa komponen pada Bently Nevada 3500 yang akan menyaring sinyal yang telah diterima dan mengolah signal tersebut menjadi data, kemudian data tersebut ditampilkan pada *screen* HMI sesuai dengan jenis sensornya. Satuan pembacaan pada screen HMI untuk sensor jenis accelerometer adalah inch/second (in/s), sedangkan untuk sensor jenis proximiter satuannya adalah Milis Bently Nevada 3500 menggunakan *power supply* 24 VDC, terdapat dua *power supply* yaitu *power supply* utama dan *power supply* cadangan/*back up*. Apabila *power supply* utama bermasalah maka *power supply* cadangan/*back up* akan menyediakan power untuk kerja dari Bently Nevada 3500 tanpa mengganggu sistem yang sedang bekerja.

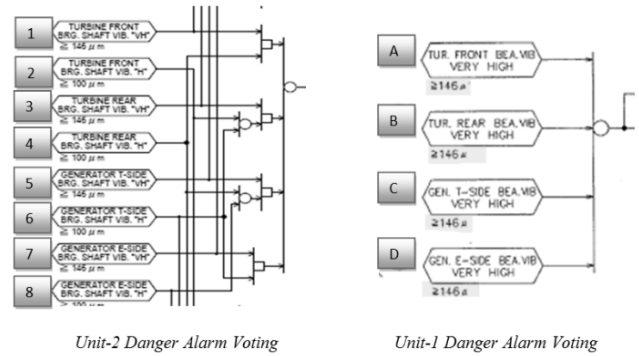
Prinsip kerja sensor *displacement* pada mesin berputar, proximity sensor digunakan untuk mengukur getaran poros tanpa menyentuh poros tersebut. Sinyal dikirimkan pada koil. Suatu permukaan logam (dalam hal ini poros) yang dekat dengan koil akan menyerap energi dari medan magnet tersebut dan akan mengurangi amplitude sinyal. Apabila jarak antara poros dengan ujung koil berubah-ubah, maka amplitude sinyal juga akan berubah-ubah sebanding dengan jarak antara poros dengan koil tersebut. sensor proximiter dipasang pada suatu mesin dengan jarak tertentu, jarak antara ujung sensor dengan poros dari mesin disebut gap. *Output* sinyal tersebut kemudian dikirim menuju Bently Nevada 3500 dan kemudian diproses untuk dijadikan data.



Gambar 10. Skema Diagram Cara Kerja Sensor Vibrasi [9]

Terdapat komponen didalam Bently Nevada 3500 yang berfungsi menyaring signal dari masing-masing sensor dan mengolah signal tersebut menjadi data yang ditampilkan pada monitor HMI.

- b. Konfigurasi sistem proteksi kedua turbin.
Perbedaan logic diagram antara unit-2 dan unit-1 :



Gambar 11. Perbedaan Gerbang Logika Sensor Vibrasi unit-1 dan unit-2

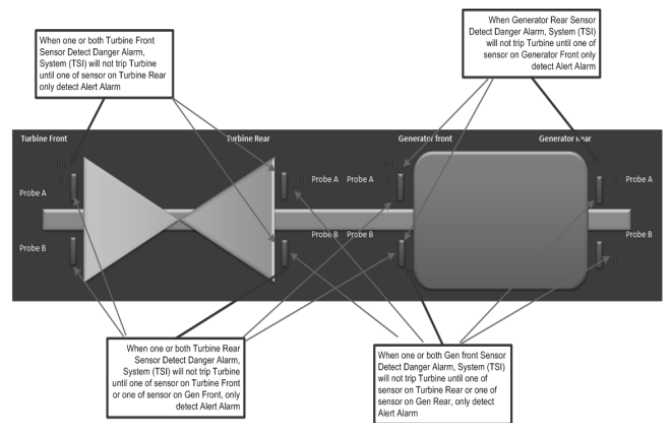
Jika dibandingkan antara kedua konfigurasi diatas, turbin unit-1 seharusnya lebih mudah trip jika terjadi vibrasi yang melebihi set point dibandingkan dengan turbin unit-2 karena logika Turbin unit-1 yang sederhana dan hanya menggunakan satu gerbang logika OR tanpa menggunakan gerbang logika AND, dan memiliki kesamaan dengan turbin unit-1 yaitu memiliki 4 kemungkinan utama penyebab terjadinya TRIP.

Sedangkan pada turbin unit-2, konfigurasi tersebut mewakili bahwa ketika sensor mendeteksi vibrasi diatas nilai danger yang sudah ditentukan, sistem tidak akan mengirimkan sinyal perintah untuk Trip sebelum mendapat konfirmasi dari sensor pada lokasi yang lain. Dibutuhkan suatu sistem voting agar turbin-2 TRIP.

Dapat disimpulkan bahwa Turbin Generator 2 lebih konfirmatif untuk mengaktifkan sinyal untuk trip dibandingkan Turbin Generator unit-1, selain itu :

1. Untuk TRIP menggunakan voting AND
2. Untuk ALARM menggunakan gerbang logika OR

Namun keanehan terjadi pada kenyataan dilapangan, Nyatanya Turbin unit-2 lebih mudah trip. Untuk lebih mudahnya, dapat dilihat pada simulasi excel yang sudah dibuat.



Gambar 12. Letak Sensor Vibrasi pada Turbin unit-2

c. Trip Point dan karakteristik monitoring system.

Setting Description	Unit 1	Unit 2
Alert Setting (high)	100 um (analog setting)	100 um
Danger setting (high-high)	150 um (analog setting)	146 um
Alert/danger mode	latching	NonLatching
Danger voting	Or gate (1 out of 2) See drawing no : WA46098	Made logic diagram See drawing no : WA46473
Alert delay time	3 sec	1 sec
Danger delay time	3 sec	100 msec

Beberapa pembaruan setting pada unit-2 tidak dapat secara langsung diterapkan, sebelumnya dibutuhkan prosedur-prosedur yang perlu dilakukan.

Persetujuan dari FUJI ELECTRIC

Untuk melakukan setting ulang unit-2 agar sama dengan konfigurasi pada unit-1, diperlukan konfirmasi ulang dengan FUJI ELECTRIC yang berlaku sebagai vendor dari Turbin Generator pada Plant ini. FUJI ELECTRIC akan melakukan pengkajian kembali agar perubahan tersebut tidak menimbulkan hal-hal yang membahayakan kinerja dari turbin gernerator tersebut.

Standart API 670 Perihal Keamanan

Terkait akan kondisi lingkungan sekitar PLTP Star Energy Geothermal yang sering terjadi gempa bumi membuat sistem proteksi pada plant ini harus benar-benar terjaga sesuai standart. Salah satu standart internasional yang harus diterapkan dikeluarkan oleh API yang mengatur masalah engineering dibidang kelistrikan dan instrumentasi pada industri pengeboran minyak dan gas bumi.

“A significant milestone in Bently Nevada’s history was in 1970 when the American Petroleum Institute’s Subcommittee on Mechanical Equipment adopted the proximity probe as the measurement device for determining acceptable shaft vibration during factory acceptance testing. This requirement was added to API 617, the standard for centrifugal compressors, which became the forerunner of API 670. As a result, shaft vibration measurement with proximity probes rapidly emerged as the industry standard for turbomachinery acceptance testing and machinery protection.” (Steve Sabin, Corporate Marketing Manager, Bently Nevada Corporation)

Mengenai alasan memilih nilai 146 um, karena aturan keamanan dalam konfigurasi setting pada proximity probe dan TSI adalah sebagai berikut,

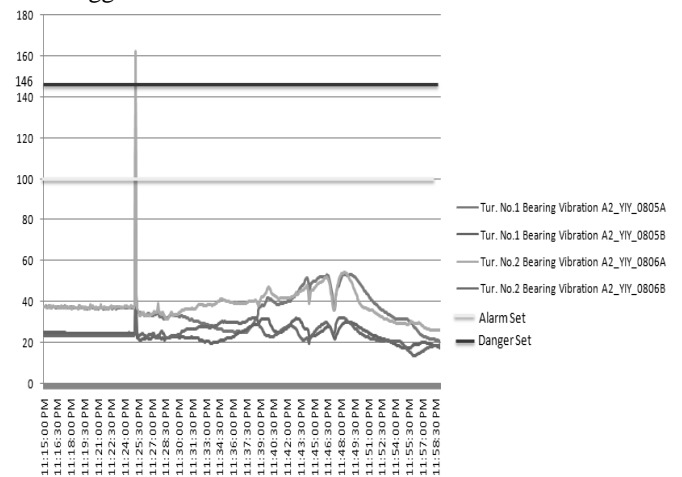
“Prior to the early 1970s, many critical machines either had no vibration instrumentation at all, or used less capable methods such as casing velocity measurements. By the mid-1970s, vibration instrumentation based on proximity probe measurements was gaining acceptance in industry and many users were beginning to receive machinery with proximity probes already installed. However, there was wide variation in the types and configurations of systems being supplied. Outputs varied – some supplied a 100 mV/mil signal while others used 200 mV/mil.(Steve Sabin, Corporate Marketing Manager, Bently Nevada Corporation)

Sedangkan alasan mengenai mengapa time delay 3 detik karena daerah Wayang windu tergolong daerah yang sering terjadi gempa bumi. Dikutip dari API 670 point d, sebagai berikut:

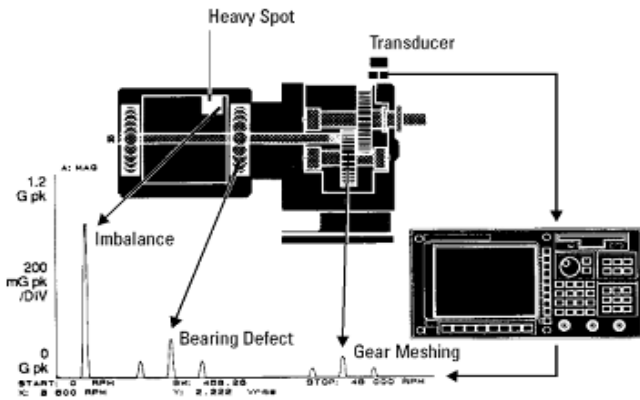
- For each channel, alarm (alert) and shutdown (danger) setpoints that are individually adjustable over the entire monitored range.
- An alarm (alert) output from each channel to thcorresponding alarm (alert) relay. Nonvoting (OR) logic is required.
- A shutdown (danger) output from each channel or voted channels to the corresponding shutdown (danger) relay, as discussed in 5.4.2.4, 5.4.3.4, 5.4.4.6, and 5.4.6.4.
- With exception of electronic overspeed detection, fixedtime delays for shutdown (danger)relay activation that arefield changeable (via controlled access) to require from 1 to 3seconds sustained violation . A delay of 1 second shall bestandard.

C. Analisis Data

Analisis data diambil dari trading vibrasi saat terjadi gempa bumi tanggal 18 Maret 2011.



Gambar13. Grafik Vibrasi Turbin Unit-2



Gambar 14. Penyebab getaran dan amplitudonya [9]

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain :

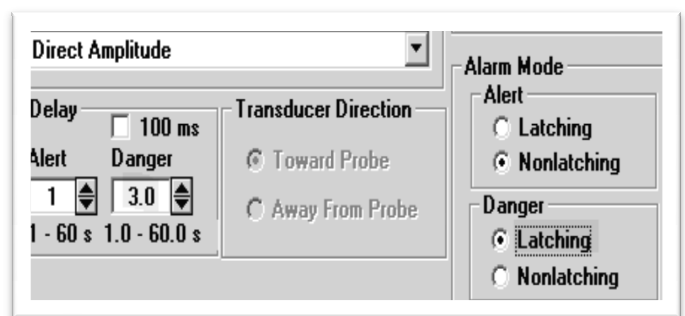
1. Identifikasi Sistem Proteksi Vibrasi Pada Turbin pada PLTP Wayang Windu, terutama *setting* pada TSI
2. (*Turbine Supervisory Instrument*) yaitu:
 - a. *Time Delay*
 - b. *Vibration Alert Setting*
 - c. Konfigurasi pada Sistem Proteksi Vibrasi
 - d. *Relays Latching*
3. Jenis Sensor Vibrasi adalah *Displacement Transducer* dengan prinsip kerjanya yaitu eddy current.
4. Jenis TSI pada turbin unit-2 adalah Bently Nevada 3500, sedangkan pada unit-1 adalah Bently Nevada 3300.
5. Gerbang Logika dalam *interlock* diagram sistem proteksi vibrasi pada turbin unit-1 dan unit-2 sangat berbeda. Gerbang logika pada turbin unit-2 dikatakan lebih responsif karena *Set Delay* yang terlalu pendek membuat terjadinya sinyal gangguan palsu, namun memiliki keunggulan yaitu lebih konfirmatif karena memiliki banyak gerbang logika OR yang menjadikan suatu aturan/syarat turbin untuk melakukan *shutdown* saat terjadi vibrasi yang berlebih.
6. *Time Delay* pada Unit-2 akan lebih baik jika diatur sama dengan *time delay* pada Unit-1 yaitu pada batas 3 detik yang bertujuan untuk menghindari sinyal gangguan palsu, dan sudah teruji pada turbin unit-1.
7. *Set Alert (High)* dan *Set Danger (High-High)* pada Unit-2 juga sebaiknya diatursama dengan Unit-1 yaitu pada batas 100 μm (*High*) dan 146 μm (*High-High*). Jadi jika amplitudo getaran jika melebihinya selama lebih dari 3 detik maka akan terjadi *Trip/Shutdown*.
8. Laporan lengkap mengenai perubahan yang harus dilakukan pada setting TSI pada turbin unit-2 ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Re-setting unit 1 and 2

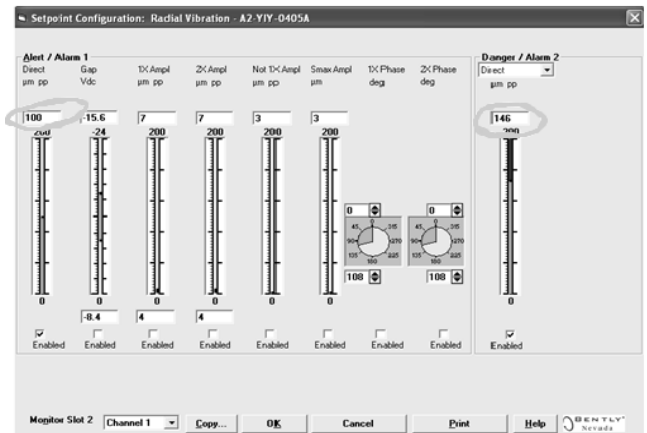
	Original Settings	Perubahan
Alert Setting (High)	100 μm	Tidak ada perubahan
Danger Setting (High High)	146 μm	Tidak ada perubahan
Alert Relay Mode	Non Latching	Tidak ada perubahan
Danger Relay Mode	Non Latching	Latching
Alert Relay Voting	OR	Tidak ada perubahan
Danger Relay Voting	AND	Tidak ada perubahan
Alert Time Delay	1 detik	Tidak ada perubahan
Danger Time Delay	100 millidetiks	3 Detiks

Tabel re-setting unit 1 and 2

Tahap selanjutnya ialah *Superintendent Maintenance* akan memeriksa dan memberikan izin.



Gambar 15. HMI re-setting time delay, alert and danger



Gambar 16. setting alert dan danger yang harus diubah[7]

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu diidentifikasi lebih rinci mengenai sistem keamanan getaran pada turbin jika dilengkapi dengan disajikannya grafik simulasi getaran dengan perhitungan.
2. Melakukan re-setting TSI dengan modifikasi pada parameter lain ditambah pemodelan ulang agar SIL meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT dan orang-orang yang telah membantu hingga terselesaikannya penelitian ini, kepada Jurusan Teknik Fisika yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat, serta kepada Star Energy Geothermal Ltd. yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.

REFERENSI

- [1] Saptadji & Nenny, Kebutuhan Energy Indonesia. 2008
- [2] Diunduh dan disampaikan dengan bahasa penulis tanggal 1 mei 2013 <http://vibrasi.wordpress.com/2009/03/13/bab-iv-pengukuran-getaran/>
- [3] Stephen Lawrence:University of Colorado. 2005
- [4] William.T.Vibration analysis. 2006
- [5] Messrs. Mandala Nusantara Limited WWP (O/S No. E69011) Fuji Electric Co., Ltd. OPERATION and MAINTENANCE MANUAL Vol. 1 Descriptive Manual for Power Station n Vol.2 Operations procedures for Power Station (1/41).1997
- [6] Magma Nusantara Limited. Wayang Windu Geothermal Project. Turbine Supervisory Instrument Operation and Maintenance Manual Vol. 1&2 FUJI ELECTRIC.1997
- [7] 33500 Monitoring system Training Manual GE Energy.2007
- [8] HP Effective Machinery Measurements using Dynamic Signal Analyzers Application Note 243-1
- [9] Mc Graw , Process Instruments and controls handbook 3rd Edition. Douglass M Considine. 2009
- [10] Diunduh dan disampaikan dengan bahasa penulis tanggal 1 mei 2013<http://www.cnccookbook.com/CCSteamTurbines.htm>
- [11] Rostaman, Irman. Perancangan Desain Konseptual *Safety Instrumented System* (SIS) untuk Sistem *Furnace* pada Proses Suplai dan Pemanasan Minyak Mentah di Kilang Pusdiklat Migas Cepu (Berbasis ISA-TR84.00.02-2002: 2/3) 2011.