

Aplikasi *Clamp Soldering* Untuk Perbaikan Stator Generator Di *Hazardous Area* Di Anjungan Lepas Pantai

Andrias Atmoko¹, Eva Magdalena Silalahi², Stepanus³

¹ PT. Pertamina Hulu Energi ONWJ, Central Plant PT. PHE ONWJ, Indramayu Jawa Barat

² Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

E-mail: eva.silalahi@uki.ac.id

² Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

E-mail: gabrielstepanus80@gmail.com

ABSTRAK

Sistem kelistrikan di NGL disuplai oleh 3 unit pembangkit masing masing berkapasitas 2500 kW, dimana 2 unit selalu *running* paralel, apabila terjadi *black out* maka tersedia 2 genset diesel berkapasitas masing masing 500 kW yang digunakan untuk kondisi emergensi.

Pada tanggal 10 Agustus 2016 terjadi *breakdown* di turbine generator GGT-1C, indikasi yang muncul adalah terjadi gangguan differensial pada saat turbin generator dilakukan *test running*. Terjadi ledakan akibat adanya *short* di belitan stator phasa T, dan menyebabkan generator mengalami *burn out*.

Akibat dari Generator GGT-1C yang mengalami *short circuit* di belitan stator, mengakibatkan generator tidak bisa beroperasi, sehingga di NGL tidak ada *back up* turbin generator. Dengan pola operasi pembangkit 2 unit *running* paralel, dan digunakan untuk mensuplai kelistrikan di NGL dan Bravo yang disalurkan melalui kabel laut ke BCS dan B2C, maka jika salah satu turbin generator yang *running* mengalami gangguan, akan menyebabkan suplai listrik berkurang karena hanya ada 1 unit turbin generator yang *running*, sehingga untuk proses produksi minyak di Bravo diperlukan *running genset* tambahan, yang akan menyebabkan biaya operasional menjadi mahal.

Adapun solusi yang dilakukan untuk perbaikan belitan stator generator adalah dengan melakukan *repair* di lapangan, hal ini dilakukan karena tidak berfungsinya *Tower Crane* di NGL-A karena sudah tua sehingga tidak dapat dioperasikan lagi. Dengan adanya *Repair* di lapangan (*In-situ*) maka memerlukan pertimbangan teknis kondisi area di lapangan, yang termasuk kategori *hazardous area*. Hal yang paling penting dalam *repair winding* ini adalah proses penyambungan antara *core*, dimana hal ini merupakan titik kritis menyangkut kehandalan *stator* pada saat dialiri arus listrik yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka diputuskan untuk melakukan teknik *Clamp Soldering*, dimana metode ini adalah baru untuk *repair* generator guna menghindari penggunaan metode konvensional yaitu metode *Brazing*, yang menggunakan suhu tinggi dan menimbulkan *spark* saat proses pengerjaannya.

Dalam proses pekerjaan *In-situ Repair* dengan menggunakan teknik *Clamp Soldering* dilaksanakan di titik sambungan antar *core* belitan stator generator. Dan hasil dari pekerjaan *In-situ Repair*, hingga saat ini generator yang telah diperbaiki sudah *running* selama 5000 jam, tanpa masalah. Dengan selesainya pekerjaan ini maka *reability* generator bisa naik di atas 98%, demikian juga *availability* naik di atas 98% yang merupakan patokan kehandalan generator.

Kata kunci: *Clamp Soldering*, stator generator, *hazardous area*, *repair* generator

ABSTRACT

The electricity system in NGL is supplied by 3 generating units each with a capacity of 2500 kW, where 2 units are always running parallel, if there is a black out there are 2 diesel generators with a capacity of 500 kW each which is used for emergency conditions.

On August 10, 2016 there was a breakdown in the GGT-1C turbine generator, an indication that arises is that there is a differential fault when the turbine generator is tested. An explosion occurred due to a short in the phase T stator winding, and caused the generator to burn out.

As a result of the GGT-1C generator which experiences a short circuit in the stator winding, the generator cannot operate, so there is no back up of the generator turbine at NGL. With the two operations running parallel generator generation patterns, and used to supply electricity in NGL and Bravo which are channeled via sea cables to BCS and B2C, then if one turbine generator running runs into disruption, it will reduce electricity supply because there is only 1 turbine unit generator running, so that for the oil production process in Bravo additional running gensets are needed, which will cause operational costs to be expensive.

The solution for repairing the stator generator winding is to do a repair in the field, this is done because of the non-functioning of the Tower Crane in NGL-A because it is old so it cannot be operated anymore. With the Repair in the field (Insitu), it requires technical consideration of the condition of the area in the field, which is included in the hazardous area category. The most important thing in repair winding is the connection process between cores, where this is a critical point regarding the reliability of the stator when it is supplied with high electric current. Based on this, it was decided to carry out the Clamp Soldering technique, where this method is new for generator repair to avoid the use of conventional methods, namely the Brazing method, which uses high temperatures and gives rise to spark during the process.

In the process of In-situ Repair work using the Clamp Soldering technique is carried out at the connection point between the stator generator winding cores. And as a result of In-situ Repair's work, until now the repaired generator has been running for 5000 hours, without problems. With the completion of this work, the reability of the generator can rise above 98%, so availability also rises above 98% which is a benchmark for generator reliability.

Keywords: Clamp Soldering, stator generator, hazardous area, repair generator

I. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan di NGL disuplai oleh 3 unit pembangkit masing masing berkapasitas 2500 kW, dimana 2 unit selalu *running* paralel, apabila terjadi *black out* maka tersedia 2 genset diesel berkapasitas masing masing 500 kW yang digunakan untuk kondisi emergensi.

Pada tanggal 10 agustus 2016 terjadi *breakdown* di turbine generator GGT-1C, indikasi yang muncul adalah terjadi gangguan differensial pada saat turbin generator dilakukan *test running*. Terjadi ledakan akibat adanya *short*

di belitan stator fasa T, dan menyebabkan generator mengalami *burn out*.

Akibat dari Generator GGT-1C yang mengalami *short circuit* di belitan stator, mengakibatkan generator tidak bisa beroperasi, sehingga di NGL tidak ada *back up* turbin generator. Dengan pola operasi pembangkit 2 unit *running* paralel, dan digunakan untuk mensuplai kelistrikan di NGL dan Bravo yang disalurkan melalui kabel laut ke BCS dan B2C, maka jika salah satu turbin generator yang *running* mengalami gangguan, akan menyebabkan suplai listrik berkurang karena

hanya ada 1 unit turbin generator yang *running*, sehingga untuk proses produksi minyak di Bravo diperlukan *running genset* tambahan, yang akan menyebabkan biaya operasional menjadi mahal.

A. Identifikasi/Analisa Masalah

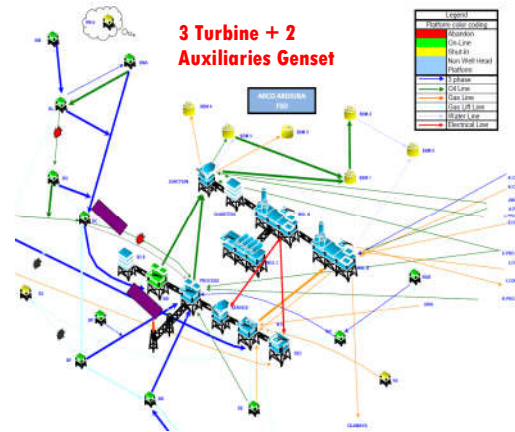
Sistem kelistrikan di NGL disuplai oleh 3 unit pembangkit masing masing berkapasitas 2500 kW, dimana 2 unit selalu *running* paralel, apabila terjadi *black out* maka ada 2 genset diesel berkapasitas masing masing 500 kW yang digunakan sebagai untuk kondisi emergensi.

Pada tanggal 10 agustus 2016 terjadi *breakdown* di turbine generator GGT-1C, indikasi yang muncul adalah terjadi gangguan differensial pada saat turbin generator dilakukan *test running*. Terjadi ledakan akibat adanya *short* di belitan stator phasa T, dan menyebabkan generator mengalami *burn out* (lampiran B.1). Untuk itu I-PROVE GRINGO ditugaskan untuk memperbaikinya kerusakan pada turbin generator tersebut

Problem kerusakan Generator disebabkan oleh beberapa hal dibawah ini :

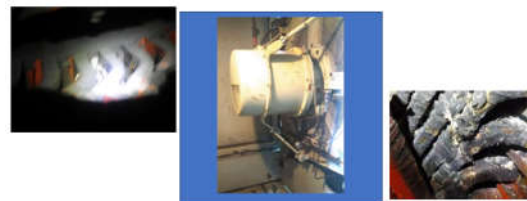
1. *Moisture* / kelembaban, dilaut di mana area *turbine room* mempunyai kelembaban tinggi bercampur dengan uang air laut.
2. Kontaminasi oli, oil dari *bearing* / turbin rembes dan menguap terhisap ke dalam generator.
3. Kontaminasi debu ke dalam *winding*, sehingga menyebabkan kotor dan merusak isolasi *winding*.

Sesuai dengan target KPI, bahwasanya *Reability* dan *Avaliability* harus di atas 98% sehingga jika semakin lama generator tidak *running* maka menurunkan target KPI tahun 2017.



Gambar 1. Sistem Kelistrikan *Central Plant*

Sesuai dengan target KPI, bahwasanya *Reability* dan *Avaliability* harus di atas 98% sehingga jika semakin lama generator tidak *running* maka menurunkan target KPI tahun 2017.



Gambar 2. Faktor Penyebab Terjadinya *Short Circuit* pada Generator

B. Penetapan Kompleksitas Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, I-PROVE GRINGO menentukan judul “Aplikasi *Clamp Soldering* Untuk Perbaikan Stator Generator Di Area Berbahaya (Hazardous) Di Anjungan Lepas Pantai”.

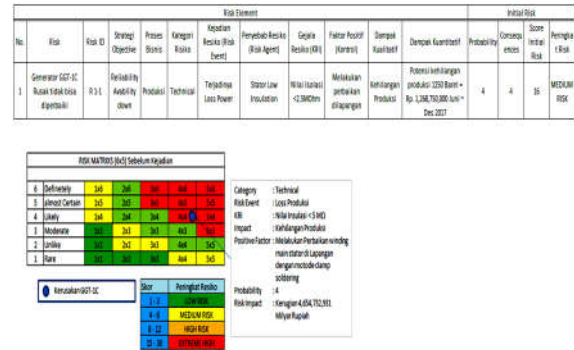
Permasalahan dari perbaikan generator ini dikarenakan kerusakan pada *stator winding* dari *Turbine Generator* mengakibatkan unit pembangkit tidak bisa beroperasi. Hal ini mengakibatkan unit pembangkit yang beroperasi tinggal 2 unit saja, dan tidak tersedia *back-up*, sehingga jika ada masalah dengan salah satu pembangkit yang beroperasi maka akan berpotensi menimbulkan dampak sebagai berikut:

1. Suplai listrik ke bravo terganggu, hilangnya produksi sebanyak 1250 BOPD (asumsi setiap shutdown butuh 6 jam *recovery* dari total produksi 5000 BOPD yang mengakibatkan kerugian secara finansial sebesar Rp. 1.268.750.000,- per hari.
2. Dampak Arco Arjuna, akan cepat penuh karena *liquid* 200.000 BFPD mengalir langsung.
3. Dampak terhadap seluruh ONWJ kehilangan produksi jika Arco Arjuna penuh dan harus *shutdown*.

C. Analisa Risiko (Risk Matrix Pertamina)

Analisa masalah menggunakan *risk matrix* (sesuai TKI No: C-006/PHE020/2015-S0) didapatkan peringkat risiko yang tinggi dan perlu dicegah. Jika tidak dilakukan perbaikan terhadap Generator yang rusak maka akan terjadi hal dibawah ini :

1. Potensi kehilangan produksi sebesar 1250 BOPD atau Rp 1.268.750.000,- akibat Bravo mengalami *shutdown*.
2. Jika hanya 1 unit *Turbine Generator* yang *running*, maka jika *shutdown* maka air dan *crude oil* akan langsung dialirkan ke Arco Ardjuna, akibatnya akan cepat penuh tidak dipisahkan di NGL.

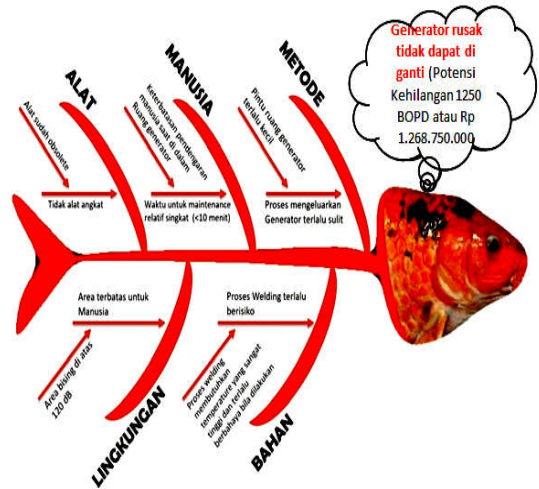


Gambar 3. Analisa Risiko (Risk Matrix Pertamina)

II. FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB

Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram)

Dengan metode Tulang Ikan, didapatkan permasalahan Generator yang rusak tidak dapat diganti.



Gambar 4. Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram)

III. PENYEBAB DOMINAN

I-Prove GRINGO menggunakan diagram *Pareto* dengan *risk assessment risk matrix* untuk menentukan penyebab dominan.

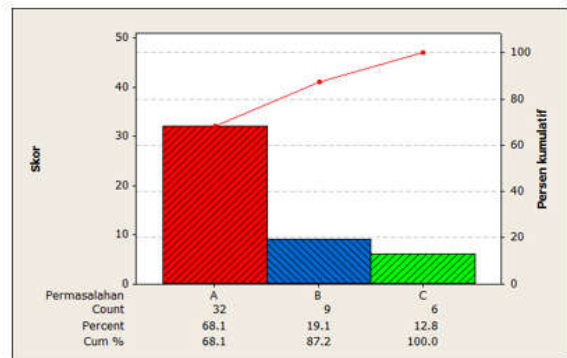
Berdasarkan *pareto* di bawah, diketahui bahwa “**Tidak ada alat angkat**” memiliki skor terbesar dengan presentase *pareto* **68.1%**.

Tabel 1. Analisa Faktor Penyebab Masalah

No	Akar Penyebab Masalah (Presumption)	Hasil Uji Lapangan (Actual Condition)
1	Metode	Pintu ruang generator terlalu kecil untuk mengeluarkan generator dari ruangan, apabila harus mengeluarkan generator maka dibutuhkan pembongkaran terhadap ruangan tersebut agar generator dapat dikeluarkan
2	Manusia	Manusia memiliki keterbatasan dalam pendengaran, sehingga apabila bertahan dalam waktu yang lama (lebih dari 10 menit) di dalam ruang generator yang bising dan melebihi kemampuan telinga maka akan merusak pendengaran manusia.
3	Alat	Alat sudah obsolete karena usia yang sudah cukup lama sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik
4	Bahan	Proses <i>welding</i> yang biasa dilakukan dalam proses penyambungan bila <i>maintenance</i> dilakukan di darat terlalu berbahaya bila dilakukan di <i>platform</i> karena membutuhkan temperature yang sangat tinggi dan akan timbul <i>spark</i> dalam proses pengerjaannya.

Tabel 2. Diagram *Pareto* Penyebab Dominan

	Deskripsi Proses	Mode Kegagalan	P	FI	RI	Skor	%
A	Tidak ada alat angkat	Generator tidak beroperasi	4	4	4	32	68.1
B	Area Terbatas	Generator tidak beroperasi	3	1	2	9	19.1
C	Program PM kurang efektif	Generator tidak beroperasi	3	1	1	6	12.8
Total						47	100



Gambar 5. Grafik Diagram *Pareto* Penyebab Dominan

IV. RENCANA PERBAIKAN

A. Analisa Solusi Alternatif

Tabel 3. Solusi Alternatif *Repair* Generator

No.	Alternatif Solusi	Mengganti Generator - EXISTING	OPSI 1 - Memperbaiki dengan di bawa ke Workshop	OPSI 2 - Memperbaiki dengan Clamp Soldering
1	Feasibilitas pengerjaan	Membutuhkan crane dan barge untuk memindahkan generator	Membutuhkan crane dan barge untuk memindahkan generator	Bisa dikerjakan langsung di tempat
2	Biaya pengadaan barang, personil, & instalasi	RP. 9,029,860,159,-	Rp. 4,384,303,575,-	Rp.1,052,424,300,-
3	Kecapatan pengerjaan	12 hari	24 hari	24 hari
4	Modifikasi fasilitas	Tidak	Tidak	Tidak
5	Waktu pengadaan alat dan material	>180 hari (perlu tender Barge)	>180 hari	>180 hari
6	Resiko kegagalan proses	RENDAH (1/100)	RENDAH (1/100)	SEDANG (1/10)
7	Sumber Daya Manusia	Pekerjaan dilakukan oleh mitra kerja internal (existing)	Pekerjaan dilakukan oleh mitra kerja eksternal	Pekerjaan dilakukan oleh mitra kerja internal (existing)
8	Kesinambungan Pengembangan	Tidak Ada	Tidak Ada	Terdapat Potensi
Kesimpulan		TIDAK DIPILIH	TIDAK DIPILIH	DIPILIH

Berdasarkan tiga alternatif solusi yang ada, I-PROVE Gringo memilih solusi memperbaiki dengan “Clamp Soldering”. Solusi ini dipilih berdasarkan beberapa faktor. Faktor yang pertama dan utama adalah kemungkinan pengerjaan yang lebih baik apabila dibandingkan dengan mengganti generator baru atau generator dibawa ke workshop, yang membutuhkan *barge crane* untuk mengangkat generator. Selain itu, untuk mengganti generator dibutuhkan *vendor* untuk pengadaan generator baru yang akan membutuhkan proses lebih lama.

Faktor yang kedua yang menjadi pertimbangan adalah biaya pengadaan barang, personil, dan instalasi. Dari segi ini *Clamp Soldering* membutuhkan biaya paling rendah karena prosesnya yang sederhana dan tidak membutuhkan banyak personil dan cukup dikerjakan oleh mitra kerja internal saja dalam pelaksanaannya.

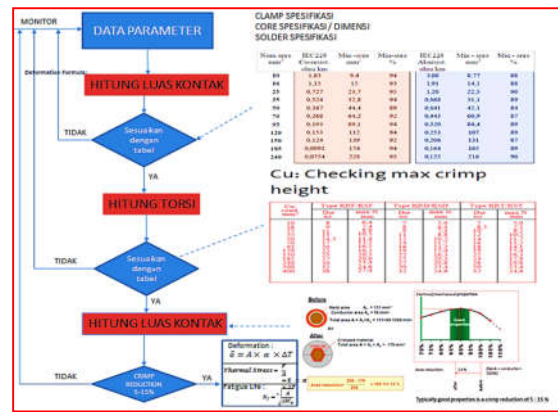
Kekurangan dari solusi ini adalah risiko kegagalan yang cenderung lebih tinggi bila dibanding dua solusi yang lain. Namun risiko kegagalan ini masih dapat ditanggulangi dengan dua alternatif lain. Dari faktor-faktor pertimbangan yang telah dipaparkan di atas maka dipilihlah metode *Clamp Soldering* sebagai solusi alternatif.

B. Penjelasan Detail Alternatif Terpilih

Dengan kondisi peralatan angkat tidak tersedia di *site*, maka penanganan perbaikan Generator GGT-1C dilakukan dengan melakukan *In situ Repair*, dimana hal ini bisa dilakukan untuk meminimalkan waktu (di bandingkan menggunakan *Crane Barge* yang memerlukan waktu untuk Tender), sederhana dan murah. Namun demikian untuk melakukan *repair* di *site* terkendala teknik penyambungan, umumnya menggunakan teknik *Brazing* yang menimbulkan temperatur tinggi dan *spark*. Dengan dipilihnya teknik *Clamp Soldering* maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan, dimana semua teknik penyambungan dalam sistem kelistrikan harus menggunakan referensi **IEC 228**, dimana syarat yang harus diperhatikan adalah *surface* kontak harus di atas 93%, dikarenakan bentuk *core* tembaga adalah persegi maka harus ada modifikasi lain agar *surface* kontak bisa tinggi. Karena itu dilakukan

penyolderan untuk menambah *surface* kontak setelah proses *clamping*.

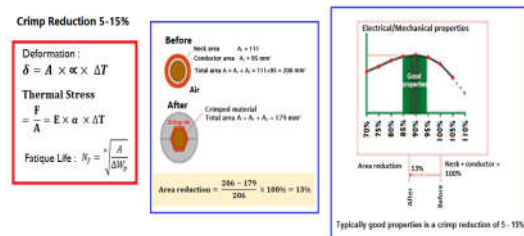
Spesifikasi *Clamp Soldering* yang digunakan untuk *repair* belitan *stator* generator menggunakan referensi **IEC 228**.



Gambar 6. Flow Chart Metode Clamp Soldering Mengacu Standar **IEC 228**

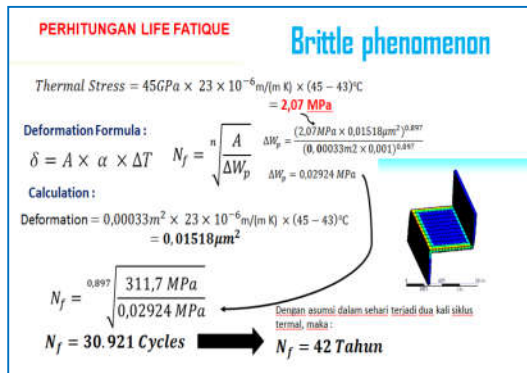
Flow chart metode *Clamp Soldering*, terlihat pada Gambar 6 yang menunjukkan langkah-langkah pekerjaan perbaikan yang dilakukan dalam perumusan teknis yang mengadopsi pada syarat-syarat yang merujuk pada standar **IEC 228**.

Pencapaian *Crimp Reduction* mencapai 13% dengan metode *Clamp Soldering*, dimana mengacu pada tingkat *crimp reduction* antara 5 – 15%.



Gambar 7. Tingkat *crimp reduction* menggunakan metode *Clamp Soldering*

C. Penentuan Kualitas Soldering dengan Perhitungan Fatigue Life dan Thermal Stress

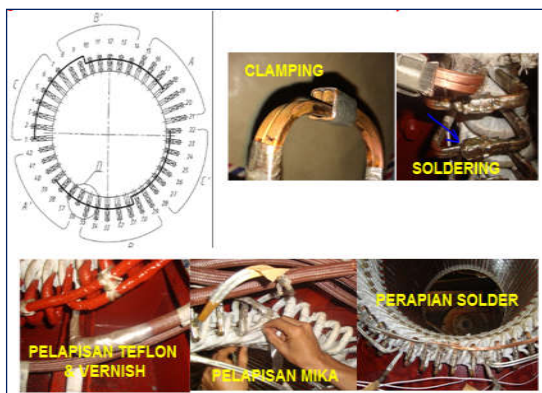


Gambar 8. Perhitungan Fatigue Life dan Thermal Stress untuk menentukan umur kualitas soldering

Adapun kualitas dari solder dianalisa dengan menghitung Thermal Stress dan Fatigue Life di dapatkan bahwa umur daripada Solder dengan asumsi suhu berubah naik turun sesuai dengan perubahan beban dan temperatur ruang (perbedaan suhu siang dan malam), didapatkan sambungan masih kondisi bagus selama 41 tahun.

Perhitungan Fatigue Life dan Thermal Stress, menggunakan asumsi dalam sehari terjadi dua kali siklus termal.

Tahapan Pekerjaan repair belitan stator generator menggunakan metode Clamp Soldering.



Gambar 9. Tahapan Pekerjaan Clamp Soldering pada Belitan Stator Generator

Analisis kegagalan Fatigue :

- Kegagalan Fatigue merupakan kegagalan yang terjadi akibat pembebanan berulang dimana pada kasus ini merupakan beban termal.
- Kegagalan Fatigue terjadi setelah melewati empat tahapan berikut ini :
 - Crack Initiation
 - Crack Growth
 - Crack Propagation
 - Final Rupture
- Kegagalan Fatigue harus dicegah sejak tahap Crack Ignition, karena pada tahap ini mulai muncul sambungan yang tidak merata yang mengakibatkan lompatan elektron di antara sambungan. Lompatan elektron ini menyebabkan munculnya spark sehingga temperatur sambungan akan meningkat. Apabila crack dibiarkan membesar maka lompatan electron akan semakin besar dan dapat mengakibatkan sambungan mengalami burn-out.

Rekomendasi berdasarkan hasil analisis pada sambungan soldering :

- Melakukan tindakan preventif berupa pengecekan berkala terhadap sambungan soldering winding stator.
- Menambahkan filler soldering secara berkala ketika Preventive Maintenance untuk mengantisipasi adanya sambungan yang mulai tidak rata.
- Menjaga generator yang belum pernah mengalami burn-out pada stator winding dengan cara :
 - Heater harus selalu menyala walau generator dalam keadaan offline ketika Preventive Maintenance, hal ini dilakukan untuk menghindari kondensasi pada stator.
 - Menjaga kebersihan winding stator dari debu dan rembesan oli.

D. Analisa Potensi Masalah

Tabel 4. Analisa Potensi Masalah

Activity	Potential Problem	Consequences	Possible Causes	Preventive Action	Contingency Plan
Eksekusi Soldering clamp	Core rusak karena proses clamp soldering	Harus dilakukan perbaikan dengan pengelasan	Kompetensi dan pengalaman personil eksekutor belum mencapai level yang dibutuhkan	Melakukan pelatihan pengoperasian alat di workshop	Mempersiapkan proposal kerja pengelasan apabila terjadi kerusakan pada core connection
Pengukuran insulation dan Surge test jelek	Dari nilai pengukuran, hasil perbaikan belum sempurna.	Harus dilakukan perbaikan ulang	Kompetensi dan pengalaman personil eksekutor belum mencapai level yang dibutuhkan	Melakukan pelatihan pengoperasian alat di workshop	Melakukan pengukuran dan surge test

E. CIP Planning & Scheduling

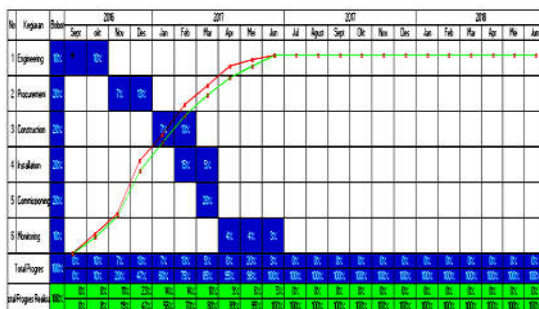
Tabel 5. CIP Planning & Scheduling

WHY	HOW	WHAT	WHEN	WHO	WHERE	TARGET
Winding stator terbakar (insiden)	Design Engineering Mendesain teknik penyambungan	Membuat Document Support Package	On-Schedule	PIC Engineering	Office	Generator bekerja sesuai dengan kondisi dari manufaktur.
	Melakukan simulasi di workshop untuk penyambungan core			PIC	Office	
	Procurement and Fabrication Menyiapkan kebutuhan material dan fabrikasi alat	Memprioritaskan pemeliharaan material tersedia dan pengujian alat di workshop	On-Schedule	Engineering	Insitu	
	Execution Melakukan perbaikan Core winding stator	Memasang Core stator dan perbaikan part generator lainnya	On-Schedule	PIC	Insitu	
	Commissioning Melakukan pengukuran dan surge test	Memeriksa hasil perbaikan dengan mengukur test insulation, contact resistance, Surge Test	On-Schedule	Engineering	Insitu	
Monitoring Melakukan pengawasan hasil	Mengamati dan menganalisa hasil perbaikan tidak rapat	On-Schedule	Engineering	Insitu		

F. Scheduling (S-Curve Project)

Eksekusi perbaikan Generator GGT-1C ini menggunakan S-curve sebagai berikut :

Tabel 6. Penjadwalan Eksekusi Perbaikan Generator menggunakan S-curve



Catatan:

Monitoring di lakukan 1 tahun sesuai standar EASA, di mana dilakukan untuk mengetahui kehandalan kualitas repair > 2 tahun.

G. Identifikasi Potensi Value Creation (Panca Mutu)

Adapun Value Creation yang didapatkan dalam pekerjaan Repair Generator ini adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Value Creation yang didapatkan dalam pekerjaan Repair Generator

Panca Mutu	Sasaran Perbaikan	Potensi Manfaat	Potensi Kerugian
Quality	Stator winding Generator kembali seperti dari manufaktur... dengan koneksi antar winding disolder. Reliability dibandingkan dengan design yang menggunakan Brazing tempenuhi, karena luas permukaan kontak sesuai standar IEC 228 life time 42 tahun	Generator dapat beroperasi dengan baik	Struktur Generator harus diperbaiki dengan pengelasan
Cost	Menghemat pengeluaran pengadaan Crane Barge untuk pengantian Generator sebesar Rp 3.385.982.931,-	Efisiensi biaya operasi	Biaya operasi tetap atau bertambah
Delivery	Availability Generator > 98%	Generator dapat menjadi alat angkat utama	Generator tidak dapat beroperasi
Safety	Menurunkan jumlah pekerjaan beresiko tinggi koneksi winding dengan pengelasan di Hazardous Area	Meminimalkan risiko kecelakaan kerja	Risiko kecelakaan kerja tetap tinggi
Morale	Meningkatkan inovasi pekerja	Hasil pekerjaan & produktivitas meningkat	tidak ada keinginan dari pekerja untuk berinovasi







H. Persetujuan Perubahan

Untuk melaksanakan perencanaan perbaikan, I-PROVE Gringo melakukan mitigasi risiko dengan membuat MOC Pembongkaran – Pemasangan dan Overhaul Generator 2500 kW yang disetujui oleh fungsi terkait untuk memastikan dampak risiko yang mungkin terjadi dapat diantisipasi.

V. PELAKSANAAN PERBAIKAN

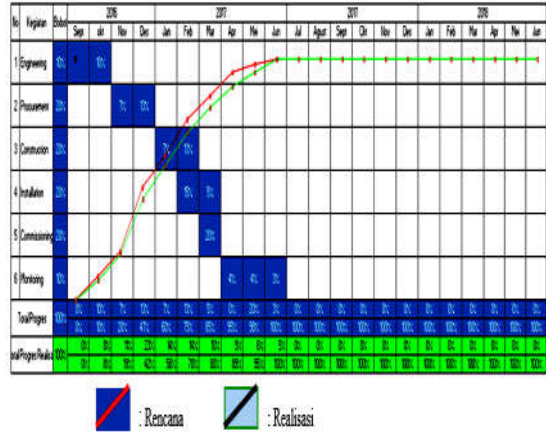
A. Realisasi Kegiatan 100% = rencana activity (Rencana vs Realisasi)

Tabel 8. Realisasi kegiatan 100% = rencana aktivitas (Rencana vs Realisasi)

NO	RENCANA PERBAIKAN	AKTUAL PELAKSANAAN	WHEN	GAMBAR	HASIL
1	Design Engineering Design support, Design Clamp, Kalkulasi Soldering	Mendesain Design support, Design Clamp, Kalkulasi Soldering	10 Sep – 16 Okt'16		Document support package dan SOP PHONWU-U-SOP-5032 Pembongkaran Overhaul Generator 2500KW
2	Procurement Pembelian Stator core, Pembelian aksesoris Fabrikasi support	Menyiapkan kebutuhan material dan fabrikasi alat Pembelian Stator core, Pembelian aksesoris Fabrikasi support	10 Nov – 28 Des'16		Memprioritaskan pemanfaatan material tersedia dan pengujian alat di RO 3700003094, 3700005364, WO ELE-1330
3	Excation Rewinding Clamp soldering Revarnish	Melakukan perbaikan stator Rewinding Clamp soldering Revarnish	1 Jan – 30 mar'17	 	Memasang Core stator dan perbaikan part generator lainnya dengan hasil yang baik sesuai dengan Job Completion Report (Jkr) Insitu Repair Generator 2500 Kva Ggt-1c At Central Plant
4	Commissioning Insulation Resistance, Polarity Index, Surge Test	Melakukan uji Insulation Resistance, Polarity Index, Surge Test	1 Apr – 17 may '17		hasil perbaikan dengan mengukur test insulation, contact resistance, Surge Test semuanya di atas standard yang berlaku Job Completion Report (Jkr) Insitu Repair Generator 2500 kW GGT-1C At Central Plant
5	Monitoring Aktif power, Reactive power Temp. winding Pressure Oli	Melakukan pengesanan hasil Aktif power, Reactive power Temp. winding Pressure Oli	Jun '17 – jun'18		Generator bisa beroperasi dengan normal dengan temperature winding rata rata 45C dengan beban 700 – 800 kW

B. Data-data pengendalian proses & pengendalian penyimpangan terhadap standar (S-Curve Project)

Tabel 9. Rencana dan Realisasi S-Curve Project

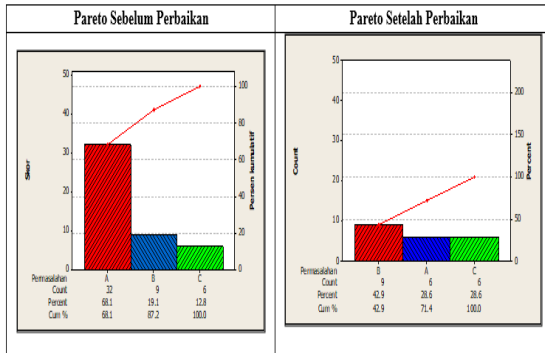


VI. EVALUASI HASIL

A. Gap Performance & Evaluation

Tabel 10. Tabel Pareto Sebelum dan Sesudah Perbaikan

6.A.1 PARETO PENYEBAB (SEBELUM – SESUDAH)							
Tabel Sebelum Perbaikan (Lampiran B.13)				Tabel Setelah Perbaikan (Lampiran B.22)			
Identifikasi Masalah	Skor	% Relatif	% Kumulatif	Identifikasi Masalah	Skor	% Relatif	% Kumulatif
A Tidak ada alat angkat generator rusak tidak bisa	32	68.1	68.1	B Area Terbatas	9	42.8	42.8
B Area Terbatas	9	19.1	87.2	C Program PM tidak efektif	6	28.6	71.4
C Program PM tidak efektif	6	12.8	100	A Tidak ada alat angkat generator rusak tidak bisa	6	28.6	100
Jumlah	47	100		Jumlah	21	100	



Gambar 10. Pareto Sebelum Perbaikan dan Setelah Perbaikan

Hasil penerapan “Clamp Soldering” di *Stator winding* yang *burn-out* menyelesaikan penyebab dominan dan **menurunkan hingga 55.3%**. Sisanya adalah resiko ketidakhandalan terkait penyebab yang lain.

B. Hasil Perbaikan (Sebelum – Sesudah)

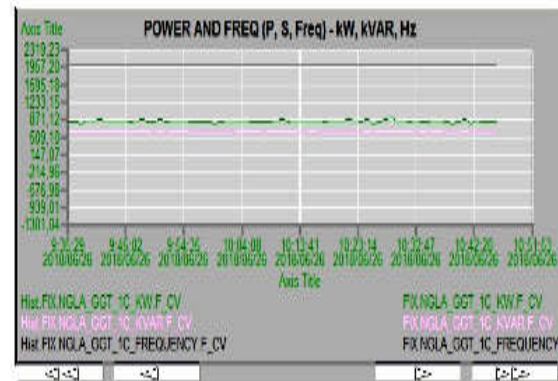
Tabel 11. Kondisi Generator Sebelum Breakdown dan Setelah Perbaikan

	sebelum breakdown	Setelah Perbaikan
Kilo Watt	kW 707 690 690 701	kW 946 900 867 850
Kilo kVAR	kVAR 537 550 575 574	kVAR 635 611 588 620
Voltag	Volt 4200 4200 4200 2000	Voltage Volt 4051 4051 4057 4050
Ampere	Amp 127 130 130 126	Ampere Amp 156 157 146 150
Frekuensi (Hz)	Hz 60 60 60 60	Frekuensi (Hz) Hz 60 60 60 60
Gen. Temp Phase A (Deg C)	deg C 74.6 78.3 78.4 76.8	Gen. Temp Phase A (Deg F) deg C 43.3 44 43 43.5
Gen. Temp Phase B (Deg C)	deg C 73.5 77.2 77.4 75.8	Gen. Temp Phase B (Deg F) deg C 43.3 44.9 43.8 44.9
Gen. Temp Phase C (Deg C)	deg C 76.1 79.9 80 78.4	Gen. Temp Phase C (Deg F) deg C 43.3 43.6 43.4 43.6
Gen. Lube Oil pressure Inboard (psig)	PSI 20 20 20 20	Gen. Lube Oil pressure Inboard (psig) PSI 10 10 10 10
Gen. Lube Oil pressure Outboard (psig)	PSI 18 18 18 18	Gen. Lube Oil pressure Outboard (psig) PSI 10 10 10 10

Dari Tabel 11 di atas, terlihat sebelum *breakdown temperatur winding generator phase ABC* mengalami kenaikan dari normal meskipun bebannya kecil (700 kW). Demikian pula untuk *Lube pressure oli* di *bearing sisi inboard* dan *outboard* mengalami kenaikan, di atas normal < 15 PSI, hal ini mengindikasikan terjadinya rembesan Oli karena tekanan tinggi, sehingga *oil* bocor dan terhisap ke generator menyebabkan *Low Insulation*, jika dalam waktu cukup lama maka akan menyebabkan *short turn to turn* yang menyebabkan *stator* semakin panas.

Tabel 12. Kondisi Generator sebelum diperbaiki tidak bisa running

Event Number	Date of Event	Time of Event	Cause of Event	Phase B Diff. Current (Amps)	Ground Current (Amps)	Phase A Voltage (Volts)	Frequency (Hz)	Keterangan
139	18/11/2018	17:42:31E	Control Power Lost	0	0.00	0.0000		
130	18/11/2018	17:40:51G	Input A Control J LOCKOUT	111	116.25	3478	40.66	
137	18/11/2018	17:40:41E	Differential Trip	107	109.22	3277	40.68	Start 4 (shutdown di speed 70%)
136	18/11/2018	17:40:31E	Input A Control J LOCKOUT	57	61.80	1864	40.42	Start 5 (shutdown di speed 70%)
135	18/11/2018	16:26:51E	Ground O/C Alarm	69	73.83	2220	40.52	
134	18/11/2018	16:26:51E	Input A Control J LOCKOUT	58	63.44	1807	40.50	Start 4 (shutdown di speed 70%)
128	18/11/2018	08:53:11E	Ground O/C Alarm	75	78.52	2364	40.53	
177	18/11/2018	08:53:11E	Input A Control J LOCKOUT	64	64.77	1808	40.49	Start 8 (shutdown di speed 70%)
119	18/10/2018	18:40:41E	Input A Control J LOCKOUT	56	61.17	1836	40.38	Start 2 (shutdown di speed 70%)
101	18/10/2018	08:49:01E	Ground O/C Alarm	74	78.36	2327	40.58	
100	18/10/2018	09:45:11E	Ground O/C Alarm	108	112.42	4303	41.27	
99	18/10/2018	09:45:11E	Differential Trip	209	213.90	4234	41.25	Start 1 (shutdown di speed 70%)



Gambar 11. Grafik Daya dan Frekuensi Generator setelah diperbaiki

Dari grafik keluaran generator sebelum dan sesudah perbaikan generator, terlihat bahwa saat sebelum di *repair*, generator tidak bisa mengeluarkan *output power*, karena rusak dan perlu diperbaiki.

Setelah di diperbaiki maka generator bisa beroperasi normal dengan beban rata rata sebesar 800 kW karena *running* paralel.

Hasil perbaikan ini nantinya akan diaplikasikan untuk generator yang tidak bisa diganti karena tidak tersedianya alat angkat seperti di NGL unit A dan D, juga di area Echo.

C. Dampak Hasil *Improvement*

Tabel 13. Dampak Hasil *Improvement & Value Creation*

Aspek	Sasaran Awal	Hasil	Dampak Positif
Quality	Winding Stator Generator kembali seperti spesifikasi manufaktur	Stator Generator kembali seperti spesifikasi manufaktur ditambah usia menjadi 42 tahun life time kembali	Generator bisa beroperasi dengan baik untuk mensuplai kebutuhan listrik di NGL.
Cost	Menghemat pengeluaran pengadaan Crane Barge Rp 3.385.982,931 (refer biaya 2013)	Tidak ada biaya sewa Crane Barge namun memerlukan Pengeluaran untuk biaya personil perbaikan sebesar Rp.335,662,446,-	Penghematan pengeluaran biaya perbaikan dibandingkan pengantian baru dan perbaikan di workshop
Delivery	Availability Generator >>98%	Availability Generator >> 99%	Generator dapat digunakan untuk operasi produksi di NGL dan BRAVO
HSSE	Menurunkan jumlah pekerjaan beresiko tinggi yaitu pengangkatan Generator ke Turbine Room Meminimalkan risiko kecelakaan kerja	Meminimalkan risiko kecelakaan kerja	Meminimalkan risiko kecelakaan kerja
Morale	Meningkatkan inovasi pekerja	Inovasi yang dilakukan terbukti berhasil diaplikasikan	Peningkatan tingkat kepercayaan perusahaan & pekerja terhadap kemampuan sistem mendeteksi potensi deviasi

Catatan :

1. Nilai Real didapatkan dari penghematan sewa Crane Barge yang mengacu pada pekerjaan pengantian Generator di Echo FS tahun 2012 dengan menggunakan Kaspadu.
2. Nilai Potensi didapatkan dari potensi loss produksi pada saat Turbine Generator NGL mati, yang mengakibatkan Bravo shutdown.

D. Testimoni Internal & Eksternal

Dengan selesainya perbaikan Generator GGT-1C maka kehandalan sistem pembangkit sudah normal seperti sebelumnya, sehingga bisa mengurangi potensi hilangnya produksi di Bravo dan masuknya air ke Arco Ardjuna jika terjadi kegagalan pembangkit.

Hasil dari pekerjaan *Insitu Repair* menggunakan teknik *Clamp Soldering*, memperlihatkan generator yang telah diperbaiki sudah *running* selama 5000 jam, tanpa masalah. Dengan selesainya pekerjaan ini maka *reability* generator bisa naik di atas 98%, demikian juga *availability* naik di atas 98% yang merupakan patokan daripada kehandalan generator.

VII. KESIMPULAN

Salah satu solusi memperbaiki generator yang *short circuit* di belitan stator untuk *hazardous area* adalah dengan melakukan *repair* di lapangan (*Insitu*). Hal yang paling penting dalam *repair winding insitu* adalah proses

penyambungan antara *core*, dimana penyambungan ini merupakan titik kritis dari kehandalan *stator* pada saat dialiri arus listrik yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka diputuskan untuk melakukan tehnik *Clamp Soldering*, dimana metode ini adalah metode baru untuk *repair* generator guna menghindari penggunaan metode konvensional yaitu metode *brazing*, yang menggunakan suhu tinggi dan menimbulkan *spark* saat proses pengerjaannya.

Dalam proses pekerjaan *Insitu Repair* dengan menggunakan tehnik *Clamp Soldering* dilaksanakan di titik sambungan antar *core* belitan stator generator mengacu standar IEC 228. Dan hasil dari pekerjaan *Insitu Repair*, hingga saat ini generator yang telah diperbaiki sudah *running* selama 5000 jam, tanpa masalah. Dengan selesainya pekerjaan ini maka *reability* generator bisa naik di atas 98%, demikian juga *availability* naik di atas 98% yang merupakan patokan daripada kehandalan generator. Generator bisa beroperasi dengan baik untuk mensuplai kebutuhan listrik di NGL. Juga terjadi penghematan sewa crane barge serta penghematan pengeluaran biaya perbaikan dibandingkan pengantian baru dan perbaikan di workshop dan meminimalkan risiko kecelakaan kerja serta inovasi yang dilakukan terbukti berhasil diaplikasikan.

VIII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra Williams, Kok Ee Tan and John H. L. Pang (2010): *Thermal Cycling Fatigue Analysis of SAC387 Solder Joints*, Nanyang Technological University, School of Mechanical & Aerospace Engineering, Nanyang Avenue, Singapore 639798.
- [2] Risalah CIP 2018 tanggal 23 Agustus 2018 : *Pelaporan I PROVE GRINGO*, PT. Pertamina Hulu Energi.
- [3] Document Number : PHEONWJ-JCR—XXX : *Job Completion Report (Jcr) Insitu Repair Generator 2500 KW GGT-1C At Central Plant*, Pertamina PHE ONWJ.
- [4] Forum Presentasi CIP Pertamina PHE ONWJ : *Presentasi I-Prove GRINGO 4 SEPTEMBER 2018-1*.



Sertifikat

diberikan kepada :

Eva Magdalena Silalahi, ST, MT

atas partisipasinya sebagai :

Pembicara

Dalam Seminar Nasional 2018

"RENEWABLE ENERGY & SMART ENERGY SYSTEM"

Kamis, 18 Oktober 2018

di Auditorium Grha William Soeryadjaya, UKI, Cawang, Jakarta

diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI)



Fakultas Teknik UKI
Dekan,

Galuh Widati, MSc

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Ir. Bambang Widodo, MT

Panitia Seminar
Ketua,

Eva Magdalena Silalahi, ST., MT