

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Perusahaan

PT Badak NGL merupakan perusahaan kelas dunia yang bergerak dalam bidang pengolahan gas alam cair (Liquefied Natural Gas/LNG) yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Dalam menjalankan operasinya, perusahaan selalu mengutamakan keselamatan kerja dan kelestarian lingkungan. Departemen Operasi bertanggung jawab dalam kegiatan pengolahan LNG, termasuk seksi Utilities yang menyediakan sarana pendukung untuk proses pencairan gas, salah satunya sistem Cooling Water Pump (CWP).

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, studi dokumentasi internal, serta wawancara dengan personel teknis. Fokus penelitian adalah sistem penyedia air pendingin (cooling water) yang terdiri atas berbagai peralatan utama seperti:

- Cooling Water Pump
- Basin
- Temporary Net
- Traveling Screen
- Lube Oil System (Reservoir, Pompa, Filter, Cooler)
- Boving Valve
- Discharge Strainer dan Valve
- Sodium Hypochlorite Unit

4.3 Pemilihan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, ditemukan beberapa permasalahan yang berkaitan dengan reliability Kilang PT. Badak NGL dan perlu ditentukan cara penanggulangannya. Permasalahan-permasalahan yang ditemukan di *Cooling Water Plant* diantaranya:

1. Tidak ada indikasi lokal *Non Return Valve* full close di sisi push button motor *Cooling Water Pump*
2. Delta pressure discharge strainer untuk supply cooling water ke sistem tinggi
3. Backwash line travelling screen buntu
4. Temporary net kotor oleh sampah di basin



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.1(a) Permasalahan 1, (b) Permasalahan 2. (c) Permasalahan 3, (d) Permasalahan 4

Sumber: (Diolah oleh penulis)

4.4 Penentuan Masalah Berdasarkan Risk Assesment Matrix

Berdasarkan permasalahan yang telah diperoleh, maka dilakukan analisa untuk menentukan masalah yang perlu segera di tangani dan memiliki potensi mengganggu proses produksi. Analisa penentuan masalah dilakukan dengan metode *Risk Assesment Matrix* dengan menghitung kemungkinan terjadi dan akibat yang dapat ditimbulkan dari permasalahan tersebut. Analisa tiap masalah dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Permasalahan pertama yaitu tidak ada indikasi lokal *Non Return Valve* full close di sisi push button motor *Cooling Water Pump* mungkin terjadi (*Possible*), sedangkan akibat yang ditimbulkan adalah terhentinya *supply* air pendingin untuk keperluan produksi. Hal ini tak hanya mengganggu proses produksi LNG, namun juga dapat membuat proses produksi LNG terhenti dan menimbulkan kerugian yang besar bagi perusahaan. Maka dalam perhitungan tabel *Risk Assesment Matrix*, pada sisi *Probability* dapat diberikan nilai 4, dan sisi *Severity* diberikan point 16.
2. Permasalahan kedua yaitu Delta pressure discharge strainer untuk *supply cooling water* ke sistem tinggi sering terjadi dan mengakibatkan berkurangnya *supply* air pendingin untuk keperluan produksi, namun tidak menghentikan *supply* air pendingin. Dalam perhitungan tabel *Risk Assesment Matrix*, pada sisi *Probability* dapat diberikan nilai 8, dan sisi *Severity* diberikan point 4.
3. Permasalahan ketiga yaitu backwash line travelling screen buntu. Hal ini sering terjadi. Dikarenakan posisi basin yang terintegrasi satu sama lain, maka akibat yang ditimbulkan tidak terlalu berpengaruh terhadap *supply* air pendingin untuk keperluan produksi. Dalam perhitungan tabel *Risk Assesment Matrix*, pada sisi *Probability* dapat diberikan nilai 8, dan sisi *Severity* diberikan point 2.
4. Permasalahan keempat yaitu Temporary net kotor oleh sampah di basin. Temporary net ini merupakan penyaring paling awal yang berfungsi untuk menyaring sampah berukuran besar sebelum nantinya disaring kembali di

traveling screen. Permasalahan temporary net kotor ini sering terjadi. Namun sama halnya dengan traveling screen, dikarenakan posisi basin yang terintegrasi satu sama lain, maka akibat yang ditimbulkan tidak terlalu berpengaruh terhadap *supply* air pendingin untuk keperluan produksi. Dalam perhitungan tabel Risk Assessment Matrix, pada sisi *Probability* dapat diberikan nilai 8, dan sisi *Severity* diberikan point 2.

Tabel 4.1 Risk Assesment Matrix

No	Masalah	Probability	Point	Severity	Point	Risk
1	Tidak ada indikasi lokal <i>Non Return Valve</i> full close di sisi push button motor <i>Cooling Water Pump</i>	Possible	4	Catastrophic	16	64
2	Delta pressure discharge strainer untuk supply cooling water ke sistem tinggi	Likely	8	Moderate	4	32
3	Backwash line travelling screen buntu	Likely	8	Minor	2	16
4	Temporary net kotor oleh sampah di basin	Likely	8	Minor	2	16

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Dari identifikasi masalah, dilakukan analisis risiko menggunakan Risk Assessment Matrix untuk menentukan masalah paling kritis. Hasilnya menunjukkan bahwa masalah indikator NRV adalah yang paling berisiko dengan nilai RPN tertinggi (64), karena dapat menyebabkan terhentinya suplai air pendingin dan gangguan operasional besar

4.5 Studi Kasus Backflow

Tercatat dua kasus backflow dalam dua tahun terakhir:

1. Backflow pada CWP 32G-18 (6 Juni 2020)
2. Backflow pada CWP 32G-62 (6 September 2021)

4.5.1 Kejadian Backflow di COOLING WATER PUMP 32G-18

Pada tanggal 6 Juni 2020 dilakukan switching *Cooling Water Pump* dari 32G-18 ke 32G-19. Pada saat *shutdown Cooling Water Pump* 32G-18, terjadi *backflow* atau aliran balik. Akibat kejadian *Backflow*, *Process Train* memotong produksi hingga minimum. Berikut adalah kondisi operasional sebelum kejadian.

- **Train G**

- Produksi LNG : 500 M³/Jam
- Indikasi *Vacum* 4KT-1/2/3 : -632 / -663/ -672 (mmhg)
- 3 Cooling water (*Cooling Water Pump*#15/16/18) jalan ke *Train G* & UTL / *Steam Turbine*

- **Train H**

- Produksi LNG : 700 M³/ Jam
- Indikasi *Vacum* 4KT-1/2/3 : -668/ -670 / -665 (mmhg)
- Pompa CW jalan ke *Train H* (60/62)

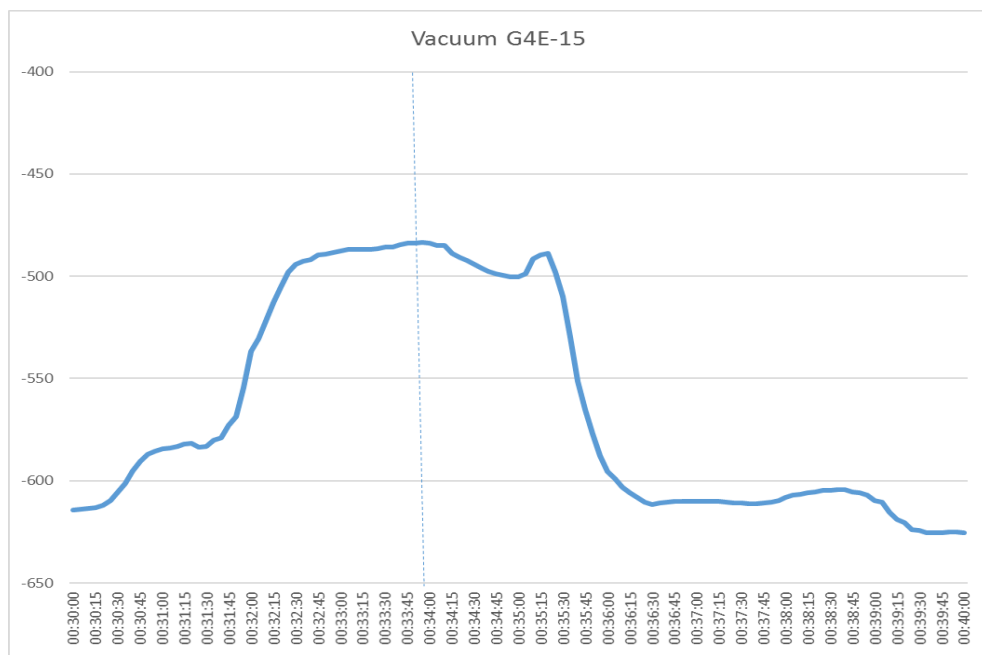
Kronologi kejadian berdasarkan SHE-Q IS *Incident Reporting*

1. 00:28:54 *Cooling Water Pump*#18 *Non Return Valve* di tutup manual (saat *Cooling Water Pump* akan di stop)
2. 00:29:22 *Cooling Water Pump*#18 motor *COOLING WATER PUMP* stop, terjadi *backflow* (basin mengaduk),
3. 00:29:52 *Cooling Water Pump*#18 AMRI ditutup
4. Ampere *Cooling Water Pump*#16 / 60 Turun drastis

Tindakan Yang Dilakukan

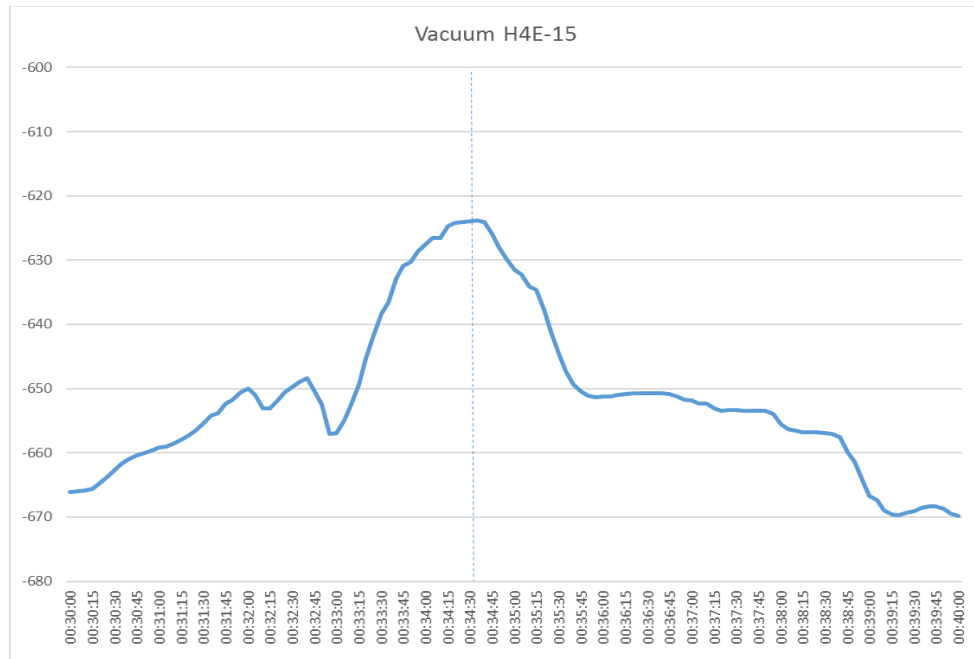
1. 00:34:52 *Cooling Water Pump*#19 started to *Train G* (ampere cenderung turun/DP high)
2. 00:38:14 *Cooling Water Pump*#61 started to *Train H*

3. 00:40:32 Cooling Water Pump#16 stopped via Non Return Valve, low ampere (back flushing)
4. 00:45:49 Cooling Water Pump#16 started to Train G
5. 00:48:23 Cooling Water Pump#19 stopped via Non Return Valve, low ampere (back flushing)
6. 01:15:20 Cooling Water Pump#60 stopped via Non Return Valve, low ampere (back flushing)
7. 01:22:02 Cooling Water Pump#19 started to Train G (COOLING WATER PUMP tripped by alarm 32TAHH-840, create WR#1 165915)



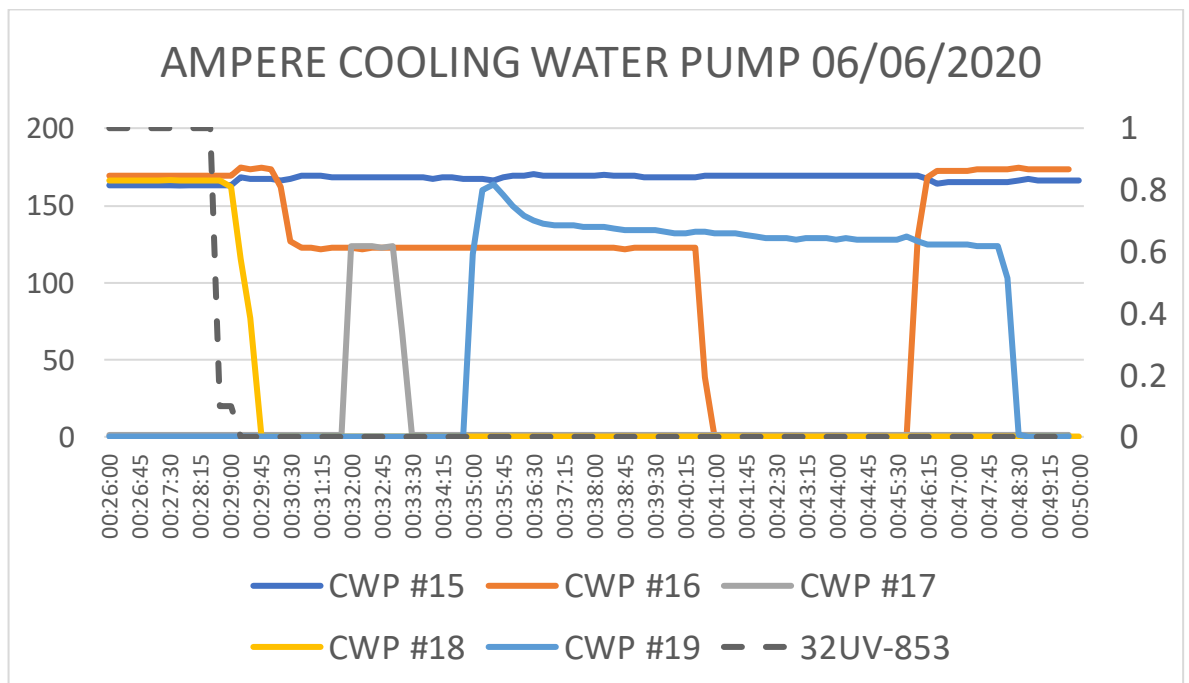
Gambar 4.2 Grafik Vacuum di 4E-15 Train G jatuh hingga -483 mmHg akibat terjadinya backflow

Sumber : SHE-Q IS Incident Reporting

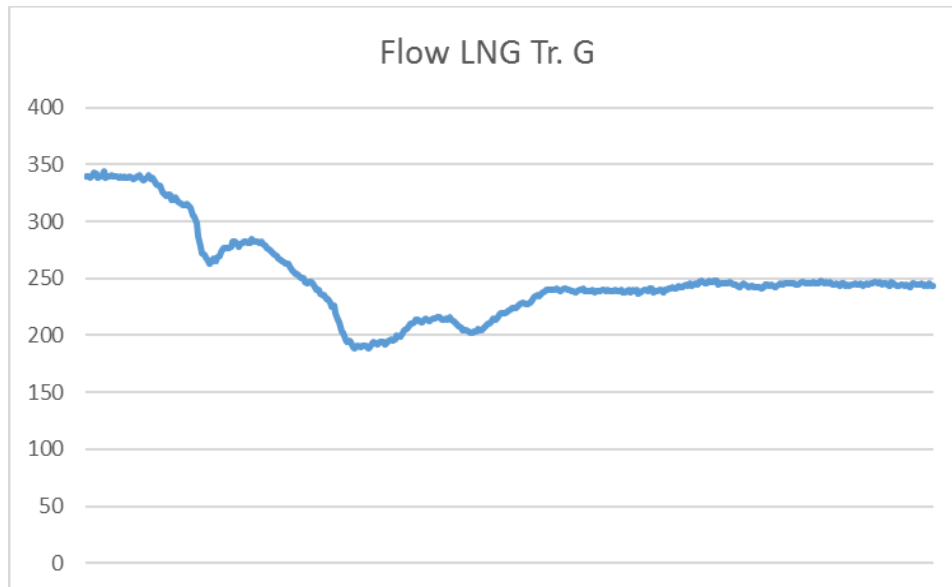


Gambar 4.3 Grafik Indikasi Vacuum di 4E-15 Train H menurun hingga -624 mmHg akibat terjadinya backflow

Sumber : SHE-Q IS Incident Reporting

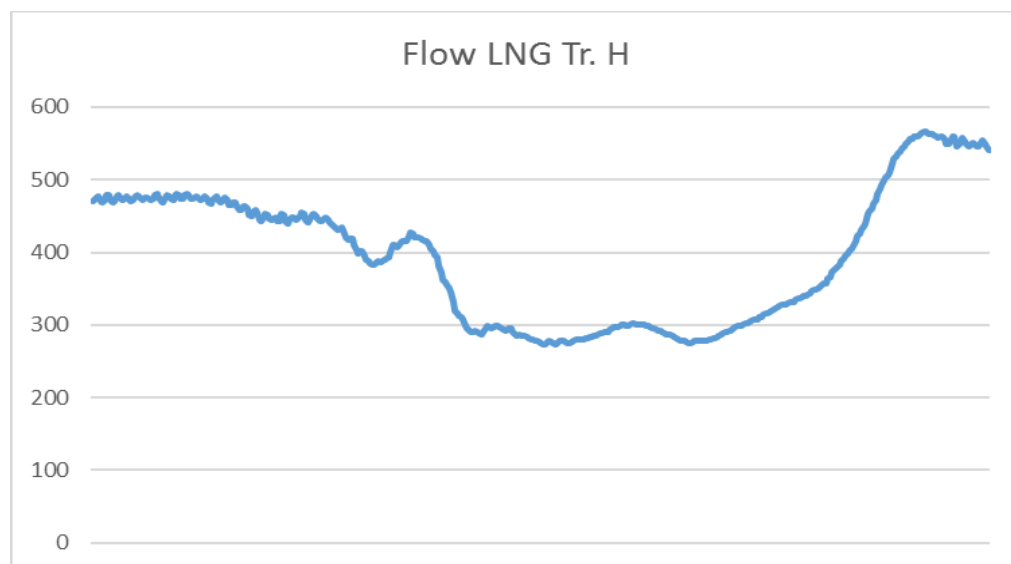


Gambar 4.4 Grafik I Ampere dari Cooling Water setelah terjadi Backflow 32G-18



Gambar 4.5 Tindakan yang dilakukan di Train G, memotong Produksi hingga 190 m³/hr

Sumber : SHE-Q IS Incident Reporting



Gambar 4.6 Tindakan yang dilakukan di Train H, memotong Produksi dari 475 ke 275 m³/hr

Sumber : SHE-Q IS Incident Reporting

4.5.2 Kejadian Backflow di COOLING WATER PUMP 32G-62

Pada tanggal 6 September 2021, terjadi kasus *backflow* di *COOLING WATER PUMP* 32G-62 yang mengakibatkan *Tripped*-nya Train H. Pada awalnya dilakukan *switching COOLING WATER PUMP* dari 32G-62 ke 32G-19 dikarenakan tekanan di *hydraulic power* unit *Non Return Valve* 32G-62 terus menurun. Berikut adalah kronologi kejadian *backflow* di *COOLING WATER PUMP* 32G-62 :

Kronologi di CW Area:

- Pada Jam 18:33:39 : PAL-945A 32G-62 *Hydraulic Pressure Alarm*

Tindakan yang dilakukan:

- DCS *Panel* menyampaikan ke FO ada alarm *Hydraulic Pressure Unit pressure low alarm*
- DCS mengkonfirmasi ke Shift Coordinator kondisi HPU 32G-62 tidak normal dan *pressure HPU low*. Karena kondisi tidak normal Shift Coordinator memerintahkan untuk melakukan *switching COOLING WATER PUMP#62* ke *COOLING WATER PUMP#19* yang *standby*.
- DCS *Panel* meminta FO untuk mempersiapkan *switching COOLING WATER PUMP* dengan menyetop *COOLING WATER PUMP#62* dan menjalankan *COOLING WATER PUMP#19*.
- FO menyampaikan kondisi *pressure HPU* sudah turun sekitar 80 bar, dan FO mencoba melakukan *troubleshooting* di HPU namun *pressure* masih turun. (Saat ini kondisi hujan/gerimis agak deras).
- FO menyampaikan kondisi *pressure HPU* turun lagi sekitar 70 bar dan menanyakan opsi *switching COOLING WATER PUMP* 62 ke 19 dengan menyetop *COOLING WATER PUMP-62* terlebih dahulu.
- FO melakukan penyetopan *COOLING WATER PUMP#62* dengan posisi FO A di *Non Return Valve* console dan FO B di tombol stop motor CW#62
- FO A menyampaikan akan menutup *Non Return Valve* dengan menghitung mundur. FO A dan FO B berkomunikasi untuk proses menyetop motor

COOLING WATER PUMP#62 sesuai prosedur (kondisi hujan/ suara noise komunikasi kurang jelas)

• Pada Jam 18:39:16 :

COOLING WATER PUMP 32G-62 stopped (*Non Return Valve* was stuck open 40% (*sea water back flowed* dan menyebabkan ampere pompa 32G-60 turun dari 177 ke 120 Ampere dan 32G-61 turun dari 164 ke 116 Ampere.

- DCS Panel menyampaikan indikasi *Non Return Valve* di DCS masih ada bukaan (indikasi belang) sedangkan indikasi motor *COOLING WATER PUMP#62* sudah stop
- DCS Panel memerintahkan untuk menutup AMRI valve *COOLING WATER PUMP-62*
- DCS Panel menyampaikan ampere motor *COOLING WATER PUMP#60* dan *COOLING WATER PUMP#61* rendah agar memeriksa kondisi HWS-nya.
- DCS Panel memerintahkan untuk segera menjalankan *COOLING WATER PUMP#19* ke TR H
- FO A menyampaikan bahwa *Non Return Valve 32UV-971 (COOLING WATER PUMP-62)* kondisi stuck open 30% dan motor sudah stop pada saat yang sama mendengar suara aliran *back flow* ke basin
- FO B menuju AMRI Valve dan segera menutupnya namun Amri valve tidak dapat dioperasikan dari *handle AMRI valve (Amri valve stuck)*.
- FO A segera memutuskan menutup 48" *manual B/V* untuk menghentikan *backflow* ke basin.
- FO B mengecek dan menyampaikan kondisi aktual dP HWS tinggi (kotor)
- FO B segera menuju *COOLING WATER PUMP#19* untuk siap-siap menjalankan pompa yang standby.

- Pada Jam 18:40:57 : Alarm H4KT-1 TTV *close alarm*, H5UA22 5E-1 TRIP Alarm, H4KT-2 TTV *close alarm*
- DCS Panel menyampaikan bahwa *Train H* telah *trip*, pada saat yang sama FO A masih melanjutkan menutup 48" B/V *COOLING WATER PUMP-62* saat itu kondisi B/V hampir menutup penuh.
- Pada Jam 18:41:26 : 32II804C 32GM-19 CURRENT Alarm ON, (*COOLING WATER PUMP#19* indikasi running)
- FO B menjalankan *COOLING WATER PUMP-19* dan meyakinkan kondisi pompa yang jalan
- DCS Panel menanyakan kondisi *COOLING WATER PUMP-19* yang baru dijalankan karena kondisi ampere motor rendah 126A.
- FO B menyampaikan kondisi motor normal dan aktual dP HWS tinggi (kotor),

Kronologi di *Train H*:

18:40. H4-KT-1 *Tripped Out* by 4PAHH-58AB (Surface Condenser)

18:40. H4-KT-1 *Tripped Out* by 4PAHH-62AB (Surface Condenser)

18:47 : 32-GM-61 *stopped then backflush* (ALOP problem -> shortage)

19:09 : 32-GM-62 *start running* 169 Amp.

19:17 : 32-GM-60 *stopped then backflush*

19:17 : H4KT-1 start running

19:23 : H4KT-2 start running

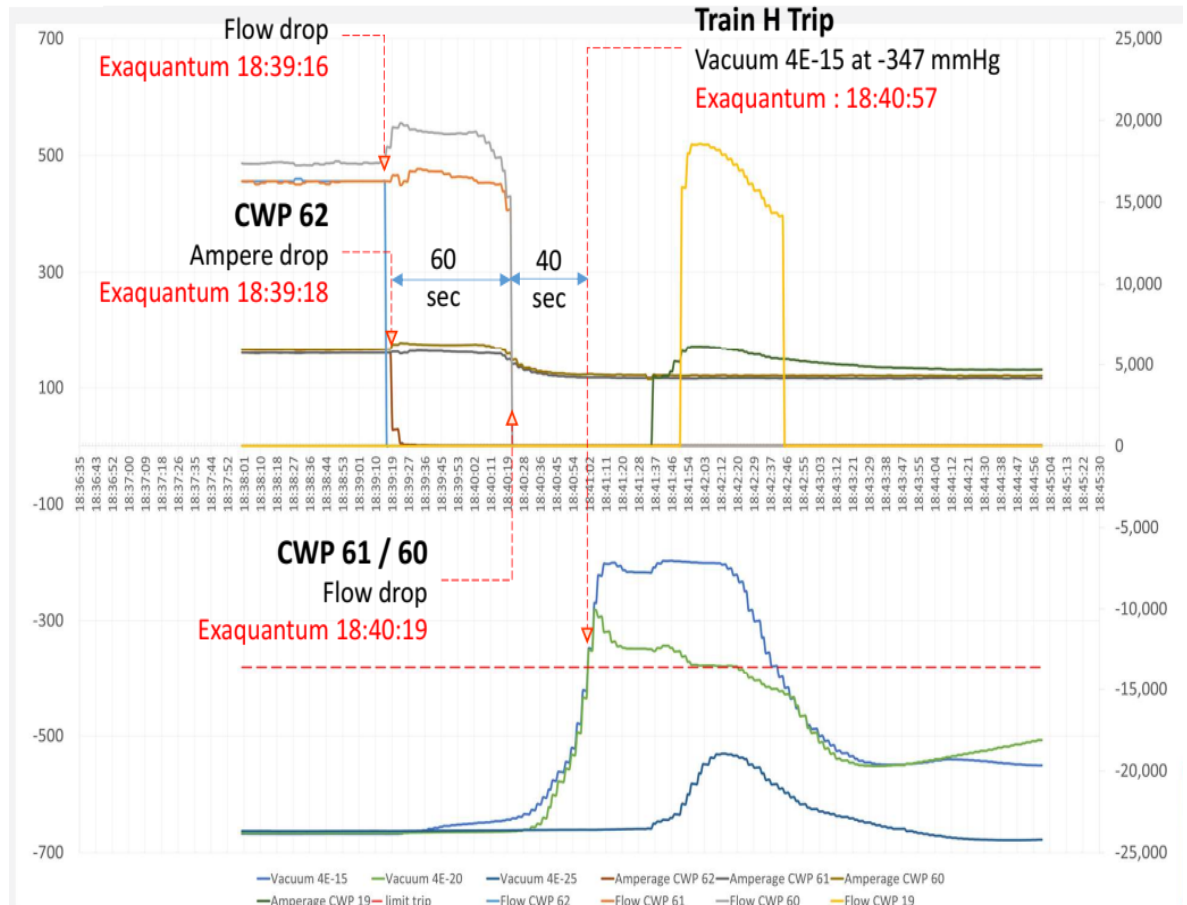
19:57 : H4KT-1 start running

20:07 : H5-E-1 cold restart (reset)

21:07 : LNG send to storage via 5GM-1A

21:11 : 32-GM-60 start running 176 Amp.

21:17 : 32-GM-62 put standby- Call out Electric/Instrument/MHE



Gambar 4.7 Grafik Ampere dari Cooling Water Pump #62 dan Vacuum Pressure di Train Hotel

Sumber : *SHE-Q IS Incident Reporting*

Akibat dari dua kejadian diatas telah menimbulkan beberapa aspek kerugian operasional seperti:

1. *Production Losses*

- *Gas Venting* via MOV km-53: 115 kNm³
- *Gas Flaring* via H2-HV-50: 191 kNm
- *Duration to recover LNG Rate*: 2.5 hours (from 720, recover to 600 m³/h).
- *Actual loss*: USD 82,000

2. *Environmental Damage*

- ED (2; Moderate): 1 Train trip which results in *flaring* that less than 1 Train gas absorption.
 - ED (1; Minor): Monthly *flaring* 0.16%
3. Dampak operational lain:
- *Suction Strainer Clogging / High Delta P* in 5G-1

4.6 Analisis Permasalahan

Analisis Permasalahan dilakukan dengan beberapa cara, yaitu *Cause and Effect Diagram*, analisa penyebab dominan dengan FMEA, diagram pareto, dan dilakukan identifikasi alternatif solusi.

4.6.1 Identifikasi Penyebab Masalah dengan Metode *Cause and Effect Diagram*

Terjadinya backflow pada saat shutdown *Cooling Water Pump* disebabkan oleh banyak faktor yang meliputi alat, manusia, bahan, lingkungan dan cara seperti yang ditampilkan pada fish bone diagram berikut:

a. Alat

Dari faktor alat, di area penyedia air pendingin untuk keperluan pabrik PT. Badak NGL (plant-32), desain awal dari posisi *Non Return Valve* dan Push Button untuk Motor *Cooling Water Pump* terpisah, dan terhalang secara visual oleh line 48" *Cooling Water Line* sisi discharge pompa. Akibatnya tidak adanya indikasi bagi operator di sisi *push button* motor untuk memastikan kondisi *Non Return Valve* telah tertutup penuh pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump*.

b. Bahan

Material atau bahan adalah benda yang dari mana sesuatu dapat dibuat darinya, atau barang yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Dari faktor bahan, *Cooling Water Pump* digunakan sebagai sarana penyalur air pendingin untuk keperluan pabrik. Karena proses produksi yang harus terus berjalan, maka suplai air pendingin masih dibutuhkan untuk operasional kilang. Akibat air pendingin yang harus selalu tersedia, maka tekanan yang berada di *header* dari sistem aliran air pendingin ke pabrik akan selalu memiliki tekanan minimal 4kg/cm^2 . Hal ini dapat mengakibatkan potensi aliran balik apabila posisi *Non Return Valve* tidak tertutup pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump*.

c. Cara

Dari segi cara, belum ditemukan metode alternatif untuk menginformasikan kepada operator di sisi *push button* motor bahwa *Non Return Valve* sudah posisi

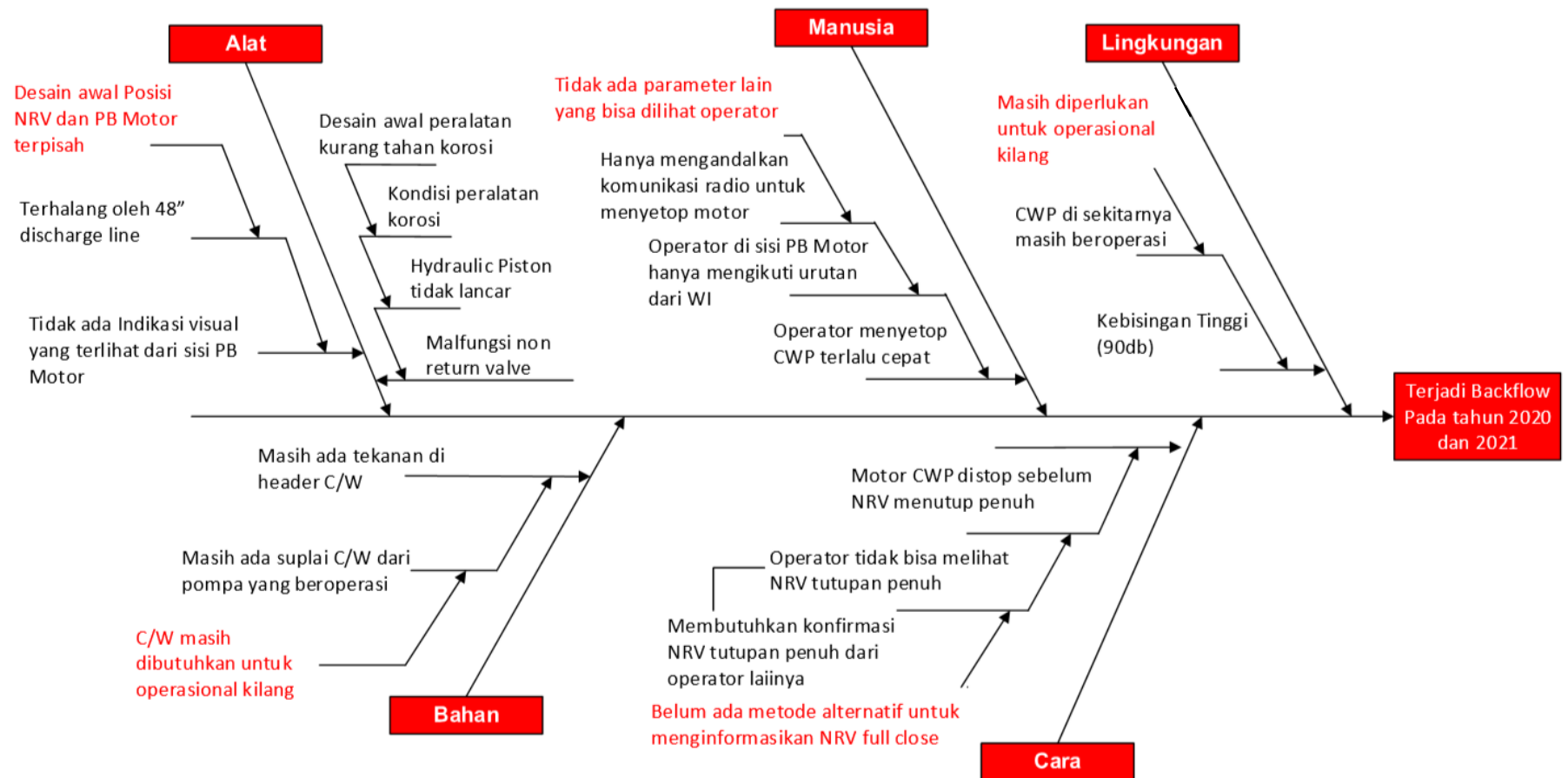
tertutup. Hal ini dapat mengakibatkan potensi terjadinya aliran balik apabila *push button* motor *stop* ditekan, dan motor *Cooling Water Pump* berhenti berputar sedangkan posisi *Non Return Valve* belum tertutup penuh.

d. Manusia

Untuk faktor manusia, penyebab terjadinya backflow adalah tidak adanya parameter lain yang dapat digunakan operator untuk memastikan *Non Return Valve* sudah tertutup atau parameter bahwa motor *Cooling Water Pump* sudah aman untuk di stop. Hal ini dapat mengakibatkan operator menekan *push button stop* terlalu cepat sehingga apabila motor *Cooling Water Pump* sudah terhenti sedangkan *Non Return Valve* belum tertutup penuh, akan menyebabkan aliran balik (*backflow*) dari header cooling water supply ke sisi suction pompa.

e. Lingkungan

Dari sisi lingkungan, dikarenakan *Cooling Water Pump* harus tetap beroperasi secara continue, maka dapat menyebabkan kebisingan di area *Cooling Water Pump* yang sedang beroperasi. Kebisingan yang ditimbulkan mencapai 90 db, dan akan mempengaruhi serta mengganggu komunikasi di sekitar area *Cooling Water Pump* yang beroperasi. Kebisingan inilah yang dapat mengakibatkan adanya potensi terjadinya backflow pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump* apabila pada saat proses shutdown hanya mengandalkan komunikasi tanpa adanya indikasi langsung dan akurat



Gambar 4.8 Cause-Effect Diagram

Sumber : (diolah oleh penulis)

4.6.2 Analisa Penyebab Dominan dengan Metode FMEA

Berdasarkan tingkat penilaian dari tiga parameter, yaitu keparahan (severity - S), kemungkinan terjadinya (occurrence - O), dan tingkat deteksi (detectability - D), maka dapat dilakukan analisa dan penilaian penyebab terjadinya backflow dari beberapa faktor yang telah disebutkan. Selain itu juga dapat ditentukan penyebab paling dominan dengan metode perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Analisa dan perhitungan penyebab dominan terjadinya backflow dijabarkan pada Tabel 4.2 Analisa Penyebab Dominan dengan FMEA.

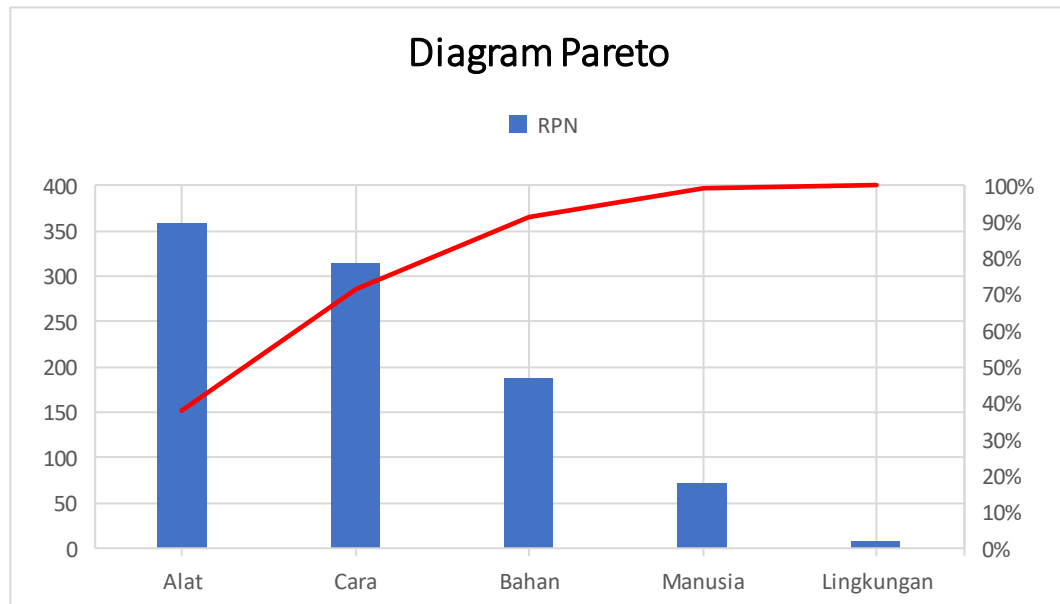
Tabel 4.2 Analisa penyebab Dominan

Faktor	Penyebab	D	O	S	RPN
Alat	Desain awal <i>NON RETURN VALVE</i> dan Push Button terpisah	5	8	9	360
Bahan	<i>Supply</i> air pendingin yang masih dibutuhkan untuk operasional kilang	3	7	7	189
Cara	Belum ada metode alternatif untuk menginformasikan <i>NON RETURN VALVE</i> full close	5	7	9	315
Manusia	Tidak ada parameter yang bisa dilihat oleh operator di sisi push button motor	2	6	6	72
Lingkungan	Cooling water beroperasi karena kebutuhan pabrik dengan tingkat kebisingan yang tinggi	1	3	3	9
		Total			945

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Selanjutnya pembuktian analisa RPN diaplikasikan ke diagram pareto untuk menggambarkan faktor dominan dan tingkat critical. Diagram Pareto adalah grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian.

Urutannya mulai dari jumlah permasalahan yang paling banyak terjadi sampai yang paling sedikit terjadi. Dalam hal ini, diagram pareto digunakan untuk menunjukkan permasalahan dan diurutkan berdasarkan permasalahan paling critical berdasarkan perhitungan nilai RPN.



Gambar 4.9 Diagram Pareto

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Faktor Alat dan Cara memiliki nilai tertinggi. Oleh karena itu, faktor Alat dan Cara dipilih sebagai Faktor Penyebab Dominan dari masalah terjadi backflow pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump* dan perlu segera ditangani.

4.6.3 Identifikasi Alternatif Solusi

Berdasarkan Identifikasi dari faktor penyebab dominan dari permasalahan terjadinya backflow pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump*, maka dapat dirumuskan beberapa alternatif solusi perbaikan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya backflow pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump*.

Tabel 4. 3 Identifikasi Alternatif Solusi

Faktor	Penyebab	Alternatif Perbaikan	Analisa Risiko	Mitigasi	Yes / No
Alat	Desain awal posisi dari <i>Non Return Valve</i> dan <i>Push Button Motor</i> Terpisah	Mengganti Posisi Box <i>Non Return Valve</i> ke sisi <i>Push Button</i> motor	Investasi / biaya pemindahan fasilitas box <i>Non Return Valve</i> memerlukan biaya yang tinggi.	Mengajukan Study Engineering	No
		Menggunakan Logic Time Delay dari Limit Switch <i>Non Return Valve</i> untuk menyetop motor <i>Cooling Water Pump</i>	Jika Limit Switch mengalami kerusakan, maka Motor <i>Cooling Water Pump</i> Tidak dapat di <i>Stop</i> , kecuali dengan merubah logic.	Melakukan Perawatan Rutin Limit Switch	No
		Menambah lampu indikasi saat <i>Non Return Valve</i>	Lampu rawan rusak karena berada di area air laut.	Melakukan pengecekan lampu indikasi secara rutin	Yes

		menutup penuh.			
Cara	Belum ada metode Alternatif untuk menginformasikan <i>Non Return Valve</i> tertutup kepada operator di sisi <i>push button motor</i> .	Meminta informasi dari Operator DCS Panel.	Komunikasi dengan DCS Panel rawan terganggu karena menggunakan radio	Menggunakan alat komunikasi yang lebih canggih.	No
		Operator di sisi <i>push button motor</i> menggunakan hitungan waktu untuk posisi <i>Non Return Valve</i> tertutup dan dilanjutkan dengan menyetop motor <i>Cooling Water Pump</i> .	Waktu tertutupnya <i>Non Return Valve</i> untuk setiap pompa berbeda.	Mengumpulkan data waktu tertutupnya <i>Non Return Valve</i>	No
		Menggunakan lampu indikasi <i>Non Return Valve</i> tertutup penuh di sisi <i>Push Button Motor</i>	Jika lampu rusak, harus menunggu informasi <i>NON RETURN VALVE</i>	Melakukan penambahan prosedur shutdown <i>COOLING WATER PUMP</i>	Yes

		untuk menyetop motor <i>Cooling</i> <i>Water Pump</i>	tutupan dari operator lainnya		
--	--	---	-------------------------------------	--	--

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Dari beberapa alternatif solusi yang telah diajukan, dengan mempertimbangkan risiko dan mitigasi maka solusi perbaikan yang dilakukan adalah dengan menambah lampu indikasi *Non Return Valve* pada saat tutupan penuh.

4.7 Implementasi

Sebelum dilakukan penambahan perbaikan, dilakukan beberapa studi untuk meninjau kelayakan, seperti *Management of Change*, *Process Hazard Analysis*, dan beberapa standard engineering.

4.7.1 Management of Change

Sebelum dilakukan penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh, perlu dibuatkan dokumen manajemen perubahan atau *Management of Change*. Dokumen manajemen perubahan untuk non-proyek diterapkan untuk memastikan pertimbangan yang tepat untuk perubahan yang bukan bagian dari proyek dan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan merencanakan dengan benar potensi bahaya yang dapat dihasilkan dari perubahan non-proyek. Untuk dokumen manajemen perubahan untuk penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh terlampir di Lampiran 1.

4.7.2 Process Hazard Analysis

Analisis Bahaya Proses / *Process Hazard Analysis* (PHA) adalah sebagian aspek dari Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko / *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) yang ditujukan untuk proyek atau aktivitas yang berhubungan dengan tiap fasilitas yang menangani minyak dan gas bahan baku dari produk, fasilitas yang dioperasikan, berjalan secara permanen atau sementara, dan memiliki dampak potensial atau aktual ke fasilitas yang telah disebutkan.

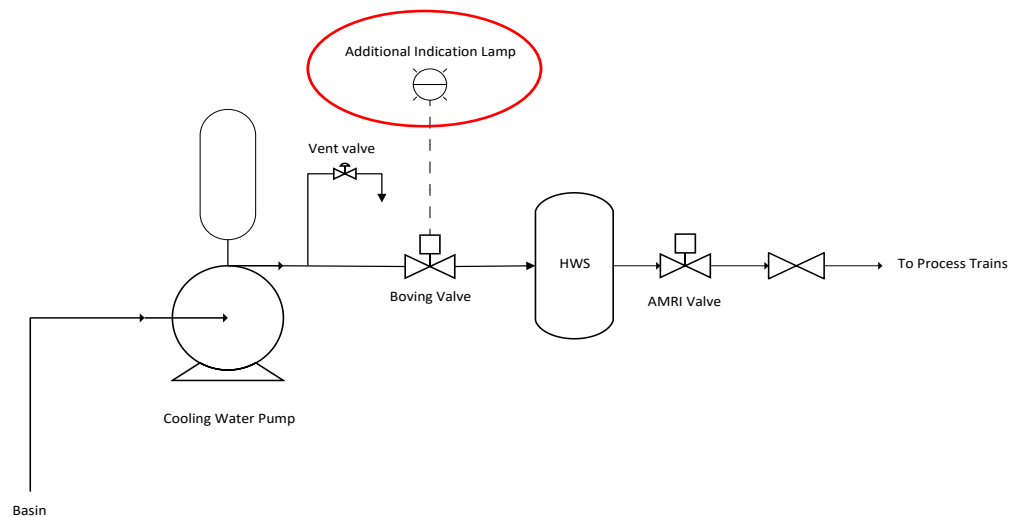
Process Hazard Analysis berisi *What-If Analysis* yang menjelaskan penyebab kejadian, bahaya, konsekuensi, metode pengaman, dan rekomendasi. Berikut adalah *Process Hazard Analysis* dari penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh. Untuk dokumen PHA dan *What-If Analysis* terlampir di Lampiran 2 dan Lampiran 3.

4.7.3 Standard Procedure

Untuk penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh, akan mengacu beberapa standard seperti berikut :

1. IEC 60337 - *Switch, Relay and Push button*
2. IEC 60073 - *Indicating Lamp*
3. SNI IEC 60502-1:2009

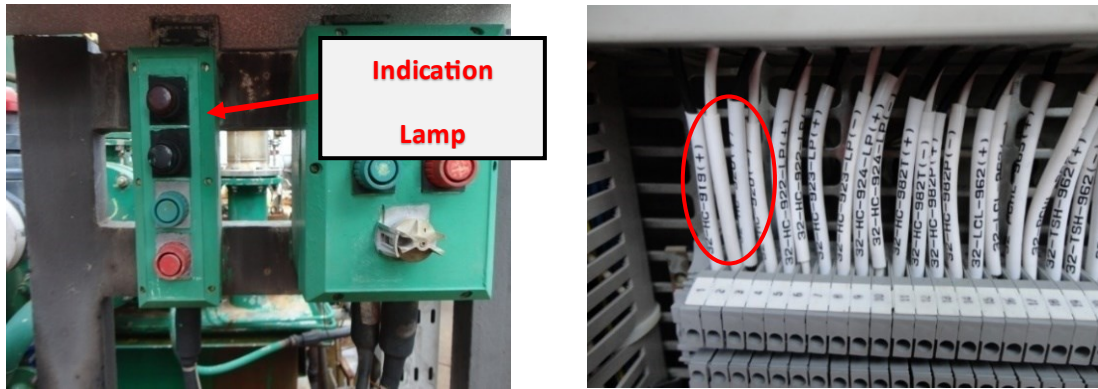
Sedangkan untuk *Work Instruction* akan mengacu ke WI/07-32/BP16/32-SD-019-2 *Work Instruction Shutdown Cooling Water Pump*



Gambar 4.10

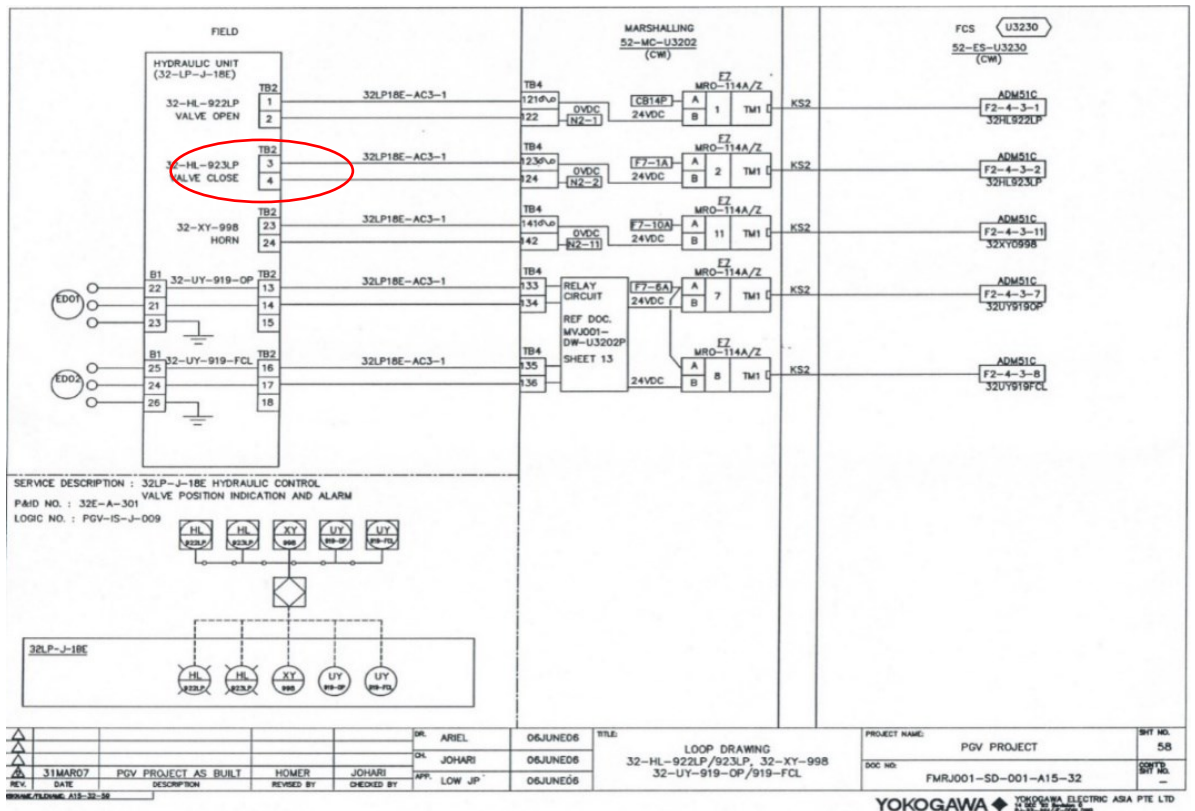
Gambar 4.10 Rencana Penambahan Lampu Indikasi Non Return Valve

Sumber: (*P&ID Book Utilities Section Badak LNG*)



Gambar 4.11 Rencana Lokasi dan Wiring dari Penambahan Lampu Indikasi Non Return Valve

Sumber: (Diolah oleh penulis)

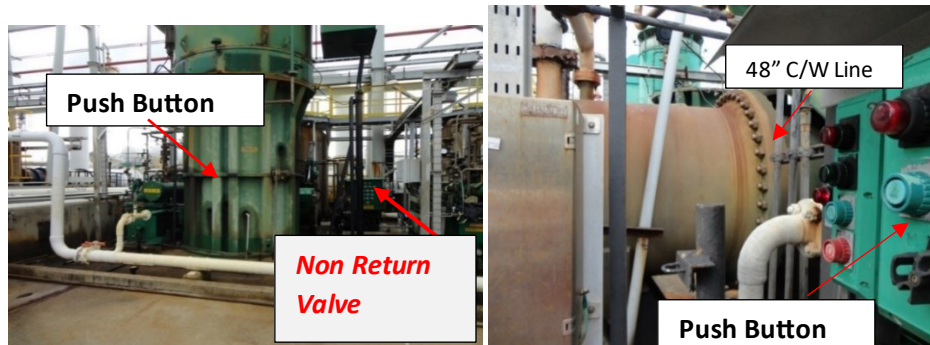


Gambar 4. 12 Logic diagram Rencana Penambahan Lampu Indikasi Non Return Valve Sebelum Perbaikan

Sumber: (Loop Drawing Electrical Section Badak LNG)

4.7.4 Proses Perbaikan

Sebelum dilakukan perbaikan, operator di sisi push button motor *Cooling Water Pump* tidak dapat melihat posisi *Non Return Valve* tertutup penuh.



Gambar 4. 13 Posisi Panel Non Return Valve dan Push button Motor yang Terpisah

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Dari gambar di atas operator akan kesulitan untuk menentukan posisi *Non Return Valve* sudah tertutup penuh atau belum. Sehingga saat menyetop *Cooling Water Pump* tersebut akan membutuhkan operator lain untuk meyakinkan bahwa *Non Return Valve* sudah tertutup penuh. Penyampaian informasi hanya dengan menggunakan komunikasi radio rawan terjadi miskomunikasi karena adanya kebisingan dari peralatan yang sedang inservice.

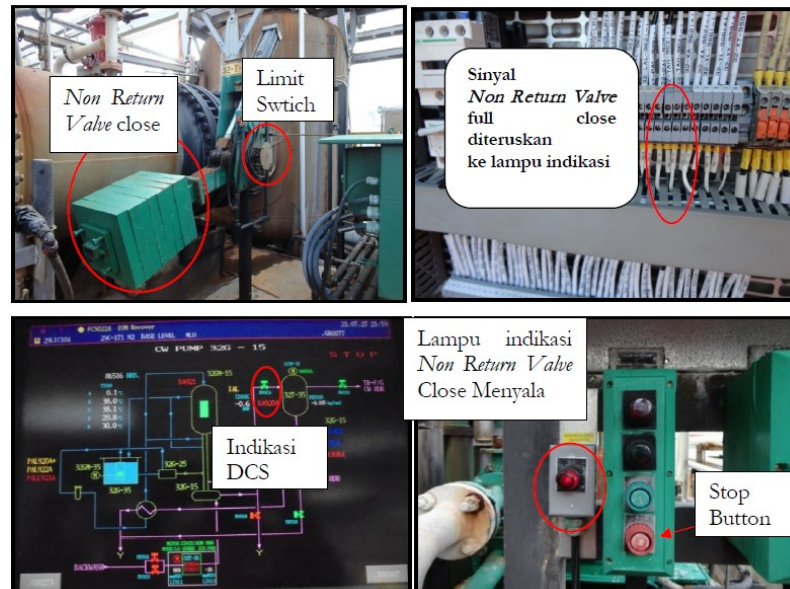
Lampu indikasi ditambahkan di sisi push button motor *Cooling Water Pump* sehingga membantu operator dalam proses shutdown *Cooling Water Pump* dengan aman. Operator di sisi push button dapat menyetop motor *Cooling Water Pump* setelah lampu indikasi dari *Non Return Valve* telah menyala. Dengan perbaikan ini maka kejadian backflow pada saat proses shutdown *Cooling Water Pump* dapat dihindari dan kehandalan operasional tetap terjaga.

4.7.5 Cara Kerja Alat

Setelah Lampu indikasi terpasang, maka tahapan dari cara kerja dari lampu indikasi adalah sebagai berikut:

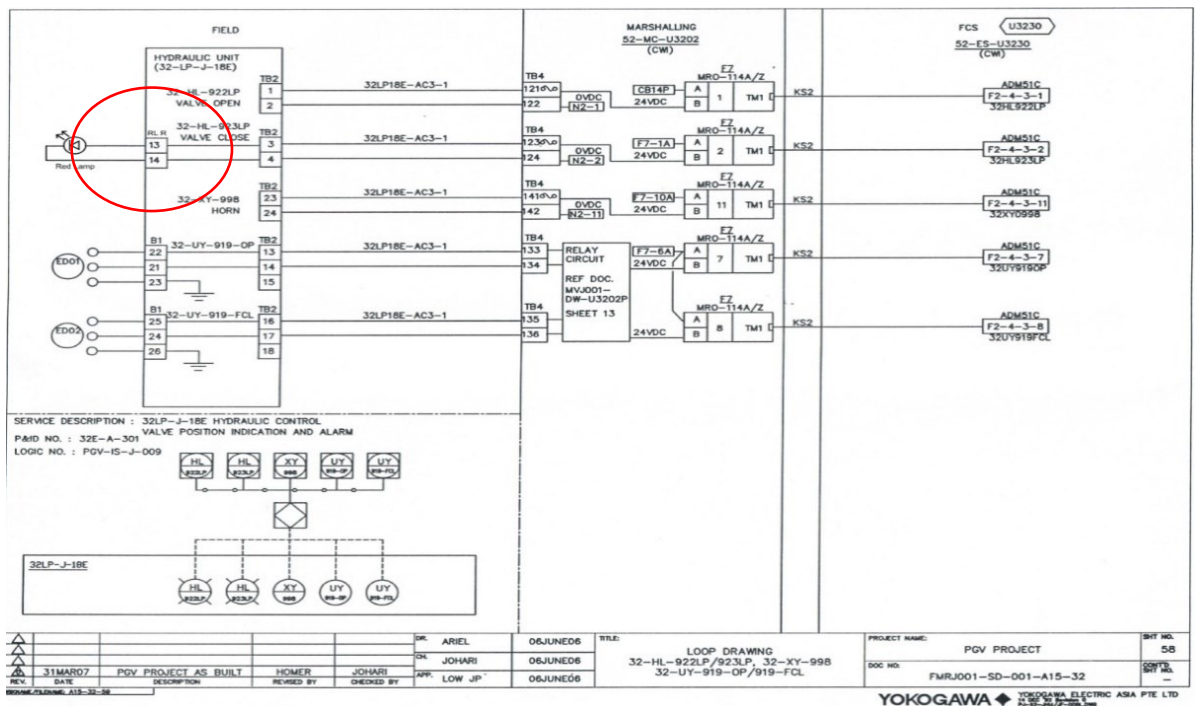
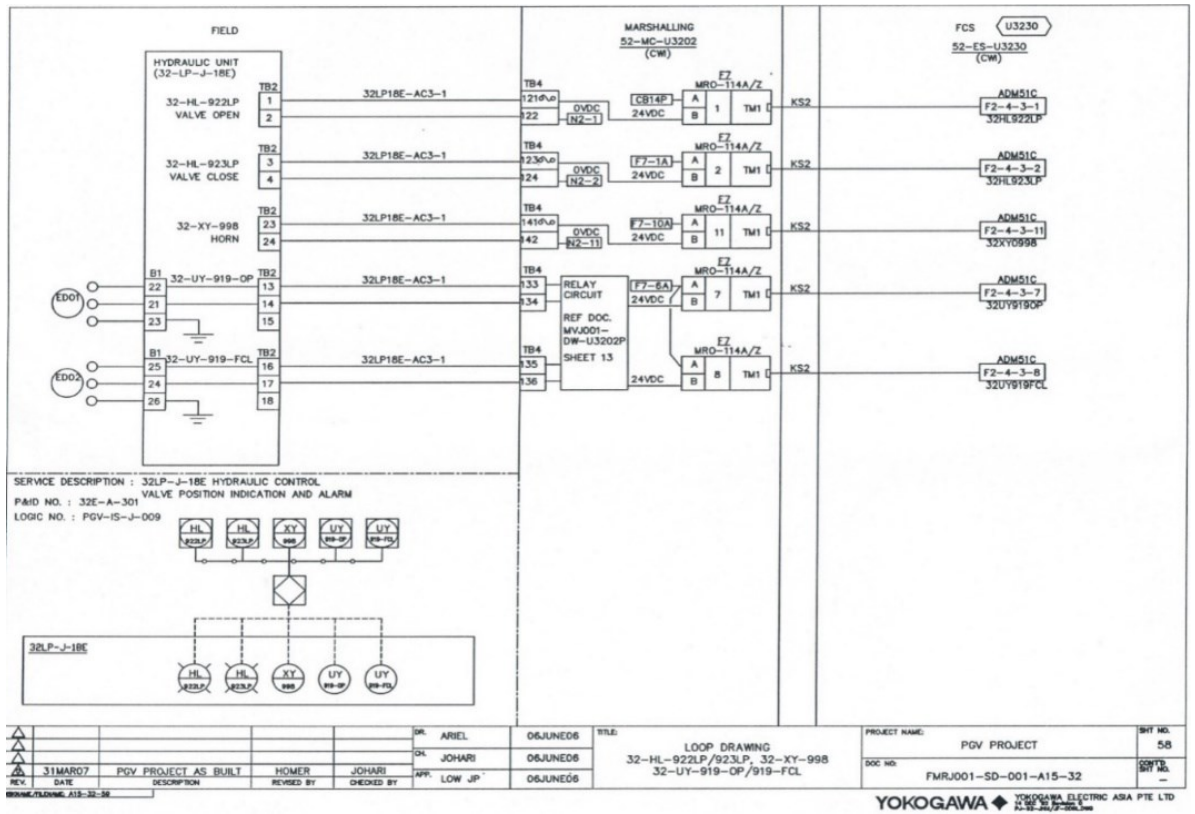
1. *Non Return Valve* Tertutup Penuh
2. Limit Switch indikasi *Non Return Valve full close* aktif

3. Sinyal dari limit switch disalurkan melalui wiring indikasi lampu
4. Lampu indikasi *Non Return Valve full close* menyala
5. Indikasi *Non Return Valve full close* di DCS Panel berwarna hijau
6. Operator dapat menyetop motor *Cooling Water Pump*



Gambar 4.14 Tahapan Cara Kerja Alat

Sumber: (Diolah oleh penulis)



Gambar 4. 15 Perbandingan Logic diagram Rencana Penambahan Lampu Indikasi Non Return Valve Setelah Perbaikan

Sumber: (Loop Drawing Electrical Section Badak LNG)

4.8 Evaluasi

Evaluasi sebelum dan sesudah perubahan dapat diuraikan dari beberapa aspek. Sebelum perbaikan, adanya kasus terjadinya backflow pada saat shutdown *Cooling Water Pump* yang berpotensi hilangnya produksi LNG dan menyebabkan kerugian yang besar dan flaring akibat Train Tripped. Dari segi operasional, operator mengalami keterlambatan untuk memastikan *Non Return Valve* tertutup penuh pada saat shutdown dikarenakan hanya mengandalkan komunikasi radio.

Setelah dilakukan perubahan, potensi terjadinya backflow pada saat shutdown dapat dicegah dikarenakan adanya lampu indikasi tertutup penuh memberikan identifikasi visual terhadap operator di sisi push button motor sehingga kehandalan pada saat shutdown *Cooling Water Pump* tetap terjaga.

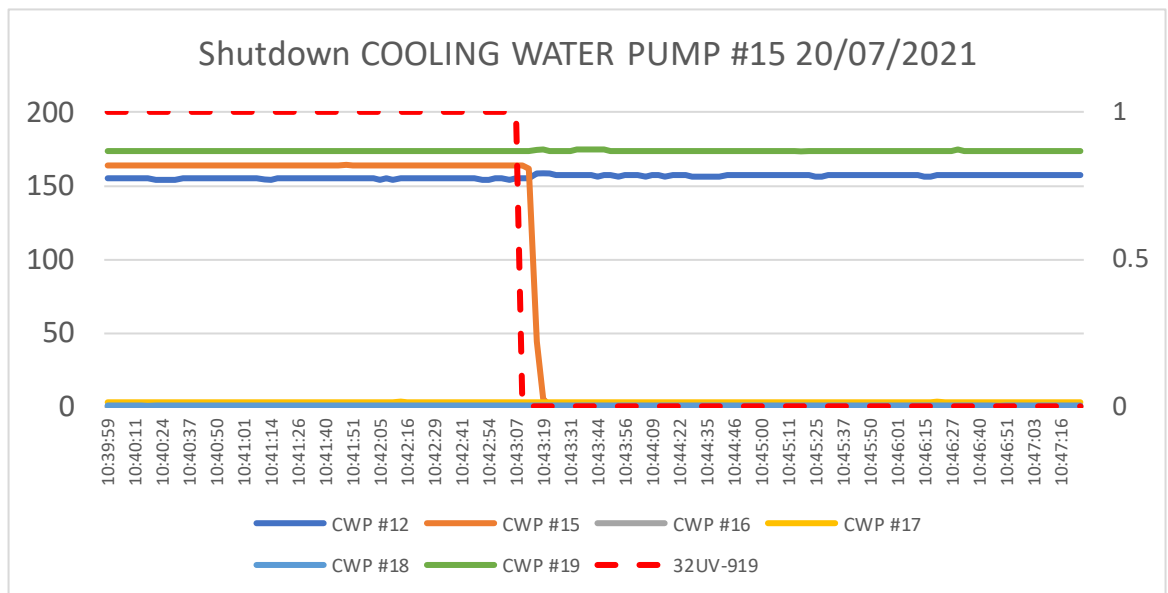
Tabel 4.4 Dampak Perbaikan

Dampak Positif	Dampak Negatif	Mitigasi / Penanggulangan
Menghilangkan potensi terjadinya kehilangan produksi LNG akibat kegagalan <i>supply Cooling Water</i> .	Menambah list pekerjaan pada saat dilakukan preventive maintenance dari <i>Non Return Valve</i> dikarenakan kondisi uap air laut.	Berkoordinasi dengan pihak maintenance untuk menggunakan lampu yang tahan dengan kondisi uap air laut.
Menghindari terjadinya <i>backflow</i> pada saat proses <i>shutdown Cooling Water Pump</i> .		
Proses shutdown <i>Cooling Water Pump</i> lebih aman, dan operator melaksanakan proses <i>shutdown</i> dengan lebih tenang.		

Sumber: (Diolah oleh penulis)

4.8.1 Uji Coba Proses Shutdown Setelah Pemasangan Lampu Indikasi

Setelah dilakukan penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh, maka dilakukan evaluasi dari segi operasional untuk melihat kinerja dari lampu indikasi. Selanjutnya, dilakukan uji coba proses *shutdown Cooling Water Pump* dari pompa *cooling water* (32G-15) setelah adanya penambahan lampu indikasi *Non Return Valve full close*. Berikut adalah grafik dari proses shutdown *Cooling Water Pump* 32G-15 setelah adanya penambahan lampu indikasi.



Gambar 4.16 Grafik Trending Ampere Pada saat proses shutdown Cooling Water Pump (32G-15)

Sumber: (Diolah oleh penulis)

Pada saat shutdown *Cooling Water Pump* 32G-15, dilihat dari grafik di atas, posisi *Non Return Valve* (garis merah putus-putus) ditutup terlebih dahulu sampai tertutup penuh, 6 detik kemudian dilakukan penyetopan motor 32G-15 oleh operator. Hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan lampu indikasi *Non Return Valve*, operator meyakinkan *Non Return Valve* tertutup penuh terlebih dahulu baru kemudian menyetop motor *Cooling Water Pump*. Pada proses shutdown *Cooling Water Pump* ini bisa dilihat juga tidak ada terjadinya backflow yang ditandai ampere *Cooling Water Pump* lainnya tetap stabil.

4.8.2 Analisa Keekonomian

Estimasi kerugian yang diakibatkan kehilangan produksi LNG sebesar \$ 513,000 jika terjadi *backflow* pada saat *shutdown Cooling Water Pump* adalah sebagai berikut (Lampiran 4):

Basis :

- 1 Waktu untuk beroperasi normal setelah *backflow* : 4 Jam
- 2 Harga LNG / MCR per mmbtu : \$ 6 / mmbtu
- 3 Production Rate : 830 m³/hr

Jika train *Tripped*, maka kehilangan produksi sebanyak:

830 m³ x 4 = 3320 m³ atau setara 77303 mmbtu.

Dengan harga LNG sebesar \$ 6/mmbtu, maka kerugian sebesar \$ 463,000

Untuk Multi Komponen Refrigerant (MCR) yang di-*flaring* sebanyak 44.4 knm³ dan untuk make-up juga membutuhkan jumlah yang sama dengan di *flaring*, sebanyak 44.4 knm³. Jumlah tersebut setara dengan 8346 mmbtu. Dengan harga MCR yang sama dengan LNG, kerugian akibat *flaring* dan make-up MCR sebesar : \$ 50,000. Total kerugian dari hilangnya produksi LNG dan *flaring*/make-up MCR jika *Process Train Tripped* yang disebabkan masalah *backflow* di *Cooling Water Pump* menjadi sebesar \$ 513,000. Sedangkan untuk biaya penambahan perbaikan terdiri dari biaya material dan biaya pekerjaan hanya sebesar \$ 392. Data perbaikan terlampir sebagai berikut. (Lampiran 5 dan 6)

Berdasarkan perbandingan perhitungan keekonomian, maka untuk total biaya perbaikan terdiri dari material dan biaya pekerjaan, untuk biaya material sebesar \$ 113 dan biaya pekerjaan sebesar Rp 3.981.012,73 atau setara \$ 279. Dengan total biaya penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh tersebut sebesar \$ 392 atau setara Rp 5.600.000,00 mampu mencegah kerugian \$ 513,000 dikarenakan *Process Train Tripped* akibat terjadinya *backflow* atau aliran balik pada saat *shutdown Cooling Water Pump*

4.8.3 Duplikasi Perbaikan

Untuk *Cooling Water Pump* memiliki proses dan sistem yang identik, sehingga dapat dilakukan penambahan lampu indikasi dari *Non Return Valve* pada pompa lainnya. Proses shutdown untuk *Cooling Water Pump* dari *Cooling Water Pump* #11 s/d *Cooling Water Pump* #62 (32G-11 ~ 32G-62) memiliki proses yang sama yaitu menutup *Non Return Valve* sampai posisi tertutup penuh kemudian dilanjutkan menyetop motor *Cooling Water Pump*. Sehingga perbaikan dengan penambahan lampu indikasi *Non Return Valve* tertutup penuh dapat ditambahkan di semua *Cooling Water Pump*.

4.8.4 Tabel Analisa Perbaikan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dijabarkan sesuai dengan tabel analisis perbaikan sebagai berikut:

Tabel 4.5 Analisis Perbaikan

Permasalahan	Penyebab	Alternatif Perbaikan	Dampak Positif	Dampak Negatif	Mitigasi / Penanggulangan
Tidak ada indikasi lokal <i>Non Return Valve</i> full close di sisi push button motor <i>Cooling Water Pump</i> sehingga menyebabkan terjadinya backflow.	Desain awal posisi dari <i>Non Return Valve</i> dan <i>Push Button Motor</i> Terpisah	Menambah lampu indikasi saat <i>Non Return Valve</i> menutup penuh.	Menghilangkan potensi terjadinya kehilangan produksi LNG akibat kegagalan <i>supply Cooling Water</i> .	Menambah list pekerjaan pada saat dilakukan preventive maintenance dari <i>Non Return Valve</i> dikarenakan kondisi uap air laut.	Berkoordinasi dengan pihak maintenance untuk menggunakan lampu yang tahan dengan kondisi uap air laut.
	Belum ada metode Alternatif untuk menginformasikan <i>Non Return</i>	Menggunakan lampu indikasi <i>Non Return Valve</i> tertutup penuh di sisi <i>Push Button</i>	Menghindari terjadinya <i>backflow</i> pada saat proses shutdown <i>Cooling Water Pump</i> .		

	<i>Valve</i> tertutup kepada operator di sisi <i>push button motor</i> .	<i>Motor</i> untuk menyetop motor <i>Cooling Water Pump</i>	Proses shutdown <i>Cooling Water Pump</i> lebih aman, dan operator melaksanakan proses <i>shutdown</i> dengan lebih tenang.		
--	--	---	---	--	--

Sumber: (Diolah oleh penulis)