

BAB V

ANALISA DAN INTERPRETASI

5.1 Hasil Perhitungan RPN

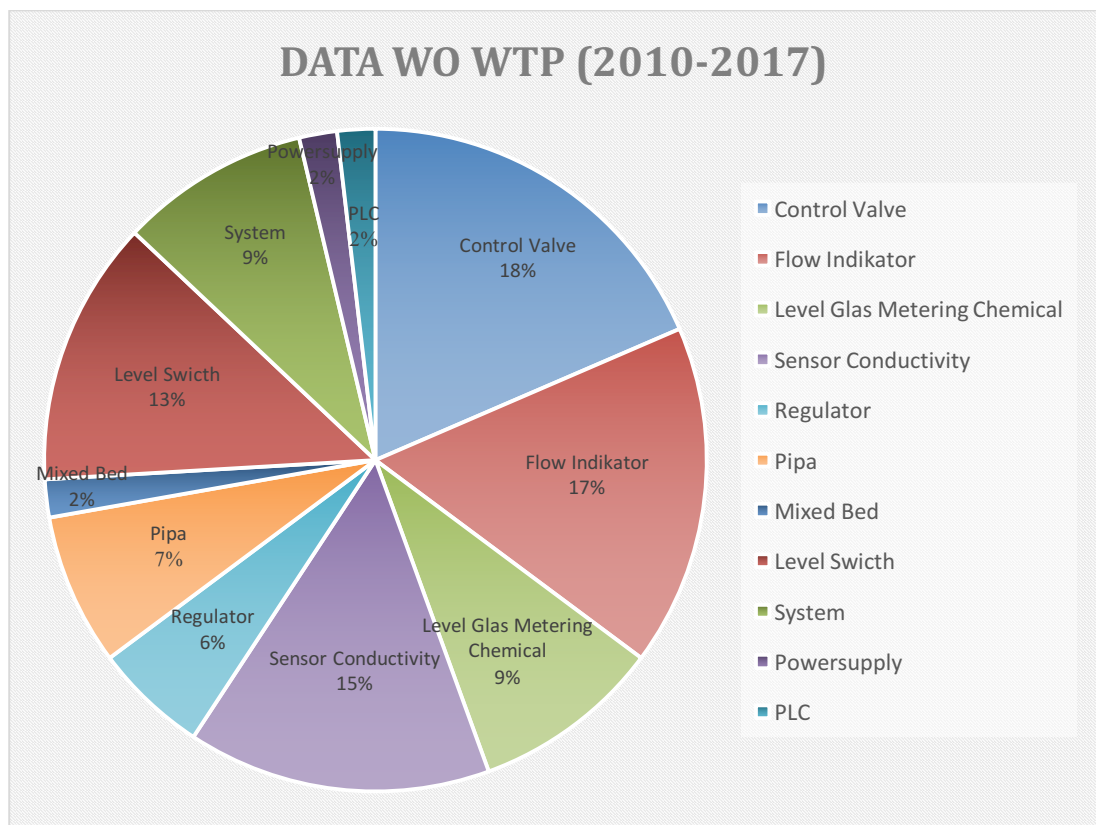
Dari hasil perhitungan nilai RPN pada FMEA Kegagalan Regenerasi WTP kemudian di urutkan dari mode kegagalan yang paling tinggi nilai RPN nya hingga yang paling rendah. Hal ini bertujuan untuk mengetahui mode kegagalan yang paling utama yang dapat menyebabkan kegagalan regenerasi WTP.

Tabel 5.1 Nilai RPN Kegagalan Regenerasi WTP

No.	Main Category	Sub Category	Failure Mode	RPN
1	Machine / Tools	Control Valve	Control Valve Macet	128
2		Level Switch Chemical (NaOH & HCl)	Level Switch Chemical abnormal	56
3		Sensor Conductivity	Sensor abnormal (Hunting)	48
4		Mixed Bed	Mixed Bed buntu	42
5		Pompa Chemical NaOH & HCl	Dicharge Pressure berkurang	36
6		Control Valve	Membran Actuator bocor	32
7		Flow Glass Indicator	Bocor (Retak)	24
8		Chemical Level Metering Glass	Bocor (Retak)	24
9		Solenoid Valve	Solenoid valve abnormal	20
10		PLC	Freeze / Hang / Loop Stop	16
11		Monitor Conductivity	Layar mati	16
12		Regulator Air Regulator	Bocor	12
13	Material	Resin Anion & Kation	Resin berkurang (terbuang saat service / regeneration)	12
14	Measurement	Sensor Conductivity Portable	Pengukuran tidak akurat	9
15	Human	Operator	Operator tidak kompeten	8
16		Operator	Operator kurang koordinasi	8
17	Metode	Instruksi Kerja	Prosedur regenerasi salah	3
18		Instruksi Kerja	Prosedur tidak terperinci secara jelas	3
19	Material	NaOH & HCl	NaOH & HCl Abnormal	3

Berdasarkan tabel 5.1 dapat di analisa sebagai berikut :

1. Main category machine / tools, sub catagory Control Valve dengan mode kegagalan control valve macet memiliki nilai RPN tertinggi hal ini berbanding lurus dengan fakta dilapangan yang membuktikan bahwa berdasarkan gambar 5.1 WO (Januari 2010 - Oktober 2017), peralatan ini memuncaki peringkat pertama , peralatan yang sering mengalami gangguan. Karena fakta dilapangan selama WTP beroperasi dari tahun 1992 belum pernah dilakukan penggantian total untuk semua control valve, disisi lain berdasarkan dari pabrikan control valve, umur control valve ± 15 tahun. Bisa dipastikan bebarapa control valve di unit WTP sudah lifetime, sehingga performance dari control valve sudah menurun. Control valve merupakan bagian penting dari semua tahapan regenerasi WTP karena setiap proses regenerasi, peralatan ini bekerja, jadi apabila control valve tidak handal bisa dipastikan regenresai WTP akan gagal.



Gambar 5.1 Diagram Pie Data WO WTP (Januari 2010 - Oktober 2017)

2. Diketahui bahwa main category human (operator) ,metode (instruksi kerja) dan material (NaOH & HCl) memiliki nilai RPN paling rendah, hal ini dikarenakan fakta dilapangan bahwasanya :
- Semua operator WTP memiliki sertifikat untuk mengoperasikan WTP yang di uji langsung oleh badan akreditasi nasional yaitu HAKIT (Himpunan Ahli Pembangkit Tenaga Listrik), sehingga bisa dikatakan semua operator WTP sudah kompeten sesuai dengan bidangnya.
 - Berdasarkan dari keputusan dan kebijakan manajemen PT.PJB UP.Gresik setiap 3 bulan sekali diwajibkan pihak operator harus melakukan review / update instruksi kerja (IK) untuk mengetahui instruksi kerja yang dahulu apakah masih layak dipakai kembali atau perlu di update kembali, sehingga untuk semua instruksi kerja di PT.PJB UP.Gresik sangat up to date dan pastinya sesuai dengan kondisi lapangan.
 - Setiap pemesanan bahan chemical (NaOH dan HCl) untuk keperluan regenerasi WTP pasti dilakukan pengecekan sampel di laboratorium PT.PJB UP.Gresik untuk memastikan apakah kadar chemical tersebut sesuai dengan pemesanan, sehingga dapat dipastikan bahan chemical yang masuk di PT.PJB UP.Gresik pasti sesuai standart manual book WTP.
3. Berdasarkan data pemeliharaan yang sudah dilakukan PT.PJB UP.Gresik untuk sub category flow glass indikator, chemical level metering glass, solenoid valve, PLC, monitor conductivity, dan air regulator supply yang berada di peringkat tengah berdasarkan nilai RPN, bahwasanya sudah pernah dilakukan penggantian peralatan pada saat ini, sehingga dapat diasumsikan bahwa untuk mode mode kegagalan yang terjadi pada peralatan ini akan kecil sekali terjadi untuk saat ini. Maka akan dilakukan skala prioritas untuk mempertimbangkan hal tersebut, yang nantinya dari 4 besar mode kegagalan tertinggi yang dapat menyebabkan kegagalan regenerasi WTP dari tabel 5.1 yaitu dari sub category :
1. Control Valve, dengan mode kegagalan macet
 2. Level switch chemical, dengan mode kegagalan abnormal
 3. Sensor conductivity, dengan mode kegagalan abnormal (hunting)
 4. Mixbed, dengan mode kegagalan buntu

Selanjutnya akan dianalisa lebih dalam lagi menggunakan metode FTA hal ini bertujuan untuk mengetahui akar permasalahan dari mode kegagalan tersebut,

disamping itu bertujuan untuk mempermudah dan mempersingkat waktu pemeliharaan dikarenakan sudah diketahui penyebab penyebabnya, serta supaya dapat dilakukan pemeliharaan predictive dan preventive untuk menghindari mode kegagalan tersebut.

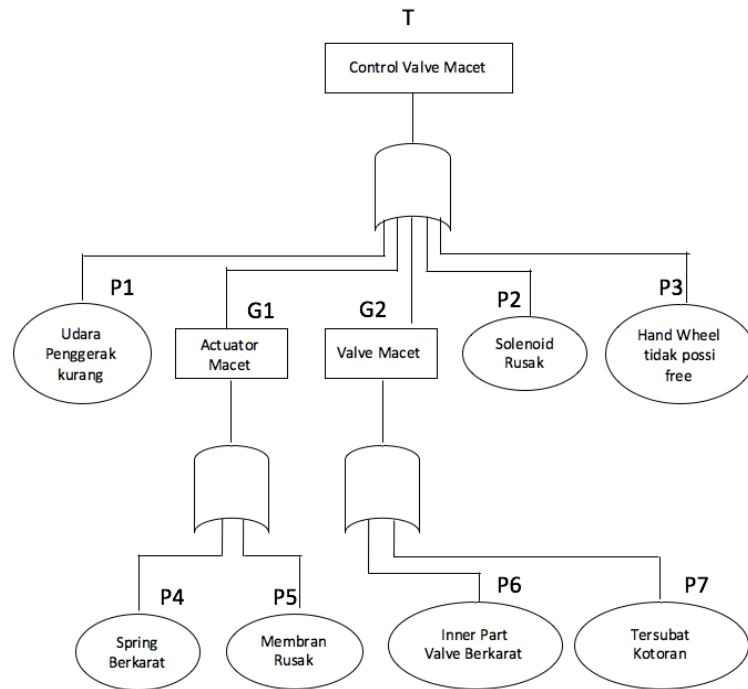
5.2 Fault Tree Analysis (FTA) Mode Kegagalan Proses Regenerasi WTP

Pada tahap ini akan dilakukan kajian mendalam pada setiap mode kegagalan yang dianalogikan dengan sebuah logic dalam proses FTA untuk mencari penyebab utama dari mode mode kegagalan dengan nilai RPN yang tinggi. Dalam hal ini akan dilakukan analisa secara kualitatif dari fault tree. Untuk menganalisa secara kualitatif dari fault tree yang didapatkan, akan dicari terlebih dahulu minimal cut setnya dengan menggunakan aljabar boolean. Setelah didapat minimal cut set, analisa kualitatif akan mendapatkan kegagalan-kegagalan yang mengarah langsung pada terjadinya top event . Cut set adalah himpunan dari basic event dimana jika semua basic event tersebut muncul, akan terjadi top event. Minimal cut set adalah himpunan kombinasi terkecil dari basic event dimana jika basic event tersebut terjadi, akan menyebabkan top event terjadi (Vesely dkk, 1981).

Dan setelah diketahui mode mode kegagalan utama yang dapat menyebabkan kegagalan regenerasi WTP, mode mode kegagalan tersebut adalah control valve macet, level switch chemical abnormal, sensor conductivity hunting, dan mixbed buntu. Kemudian akan dianalisa menggunakan FTA untuk mengetahui penyebab utama dari mode kegagalan tersebut.

5.2.1 Control Valve Macet

Dari hasil brainstorming dengan pihak maintenance dan pengamatan lapangan serta data riwayat pemeliharaan control valve, mode kegagalan control valve macet dapat dijabarkan pada analisa FTA berikut :



Gambar 5.2 Fault tree analysis control valve macet

Dari gambar 5.2 kemudian dapat dianalisa secara kualitatif menggunakan prinsip aljabar boolean, sehingga dapat dicari minimal cut set. Analisa kualitatif ini akan mendapatkan kegagalan-kegagalan yang mengarah langsung pada terjadinya top event . Untuk itu dapat dimisalkan :

- T adalah top event
- P adalah primary event (basic event)
- G adalah intermediate event

Sehingga :

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| - T = Control Valve Macet | - P3 = Hand Wheel Tidak Posisi Free |
| - G1 = Actuator Macet | - P4 = Spring Berkarat |
| - G2 = Valve Macet | - P5 = Membran Rusak |
| - P1 = Udara Penggerak Kurang | - P6 = Inner Part Valve Berkarat |
| - P2 = Solenoid Rusak | - P7 = Tersumbat Kotoran |

Didapat aljabar booleanya :

- $T = P1 + G1 + G2 + P2 + P3$
- $G1 = P4 + P5$
- $G2 = P6 + P7$

Menggunakan pendekatan dari atas ke bawah, didapat:

$$\begin{aligned} T &= P1 + G1 + G2 + P2 + P3 \\ &= P1 + P4 + P5 + P6 + P7 + P2 + P3 \end{aligned}$$

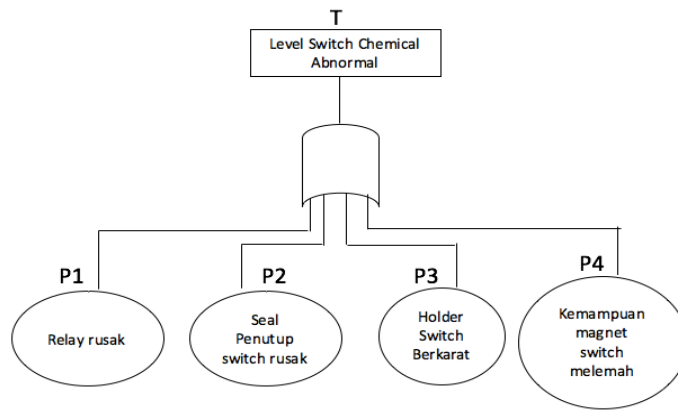
Maka minimal cut set dari Gambar 5.2 adalah $\{P1\}$, $\{P2\}$, $\{P3\}$, $\{P4\}$, $\{P5\}$, $\{P6\}$, $\{P7\}$

Jadi hasil analisa kualitatif dari Control valve macet, adalah jika penyebab ini terjadi, yaitu :

- Udara Penggerak Kurang
- Solenoid Rusak
- Hand Wheel Tidak Posisi Free
- Spring Berkarat
- Membran Rusak
- Inner Part Valve Berkarat
- Tersumbat Kotoran

5.2.2 Level Switch Chemical Abnormal

Dari hasil brainstorming dengan pihak maintenance dan pengamatan lapangan serta data riwayat pemeliharaan level switch chemical, mode kegagalan level switch chemical abnormal dapat dijabarkan pada analisa FTA berikut :



Gambar 5.3 Fault tree analysis level switch abnormal

Dari gambar 5.3 kemudian dapat dianalisa secara kualitatif menggunakan prinsip aljabar boolean, sehingga dapat dicari minimal cut set. Analisa kualitatif ini akan mendapatkan kegagalan-kegagalan yang mengarah langsung pada terjadinya top event . Untuk itu dapat dimisalkan :

- T adalah top event
- P adalah primary event (basic event)

Sehingga :

- T = Level Switch Chemical Abnormal
- P1 = Relay Rusak
- P2 = Seal Penutup Switch Rusak
- P3 = Holder Switch Berkarat
- P4 = Kemampuan Magnet Melemah

Didapat aljabar booleanya :

- $T = P1 + P2 + P3 + P4$

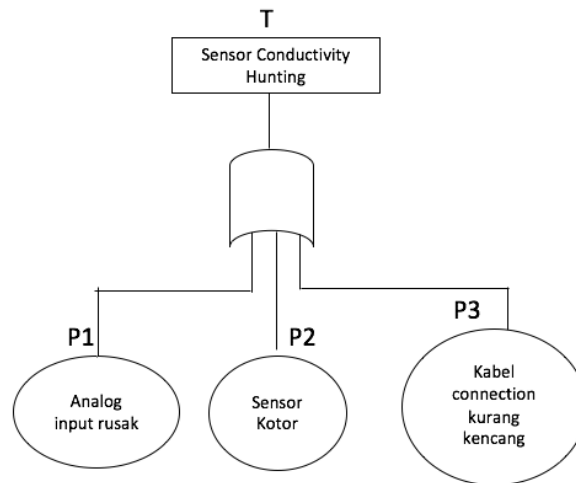
Maka minimal cut set dari Gambar 5.3 adalah {P1}, {P2}, {P3}, {P4}

Jadi hasil analisa kualitatif dari Level switch chemical abnormal, adalah jika penyebab ini terjadi, yaitu :

- Relay Rusak
- Seal Penutup Switch Rusak
- Holder Switch Berkarat
- Kemampuan Magnet Melemah

5.2.3 Sensor Conductivity Abnormal (Hunting)

Dari hasil brainstorming dengan pihak maintenance dan pengamatan lapangan serta data riwayat pemeliharaan sensor conductivity, mode kegagalan sensor conductivity abnormal (hunting) dapat dijabarkan pada analisa FTA berikut :



Gambar 5.4 Fault tree analysis sensor conductivity hunting

Dari gambar 5.4 kemudian dapat dianalisa secara kualitatif menggunakan prinsip aljabar boolean, sehingga dapat dicari minimal cut set. Analisa kualitatif ini akan mendapatkan kegagalan-kegagalan yang mengarah langsung pada terjadinya top event . Untuk itu dapat dimisalkan :

- T adalah top event
- P adalah primary event (basic event)

Sehingga

- T = Sensor Conductivity Hunting
- P1 = Analog Input Rusak
- P2 = Sensor Kotor
- P3 = Kabel Connection Kurang Kencang

Didapat aljabar booleanya :

- $T = P1 + P2 + P3$

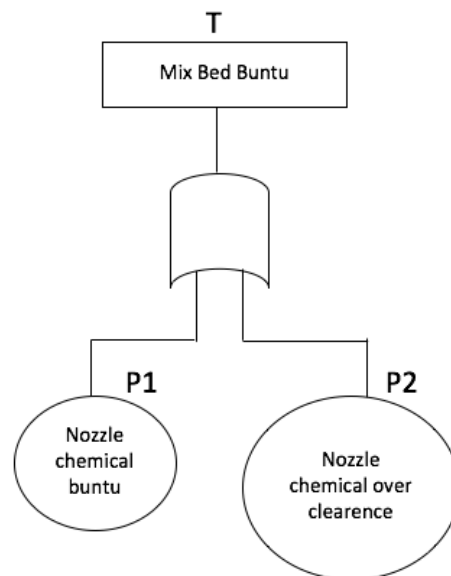
Maka minimal cut set dari Gambar 5.4 adalah {P1}, {P2}, {P3}

Jadi hasil analisa kualitatif dari Sensor Conductivity Hunting, adalah jika penyebab ini terjadi, yaitu :

- Analog Input Rusak
- Sensor Kotor
- Kabel Connection Kurang Kencang

5.2.4 Mixed Bed Buntu

Dari hasil brainstorming dengan pihak maintenance dan pengamatan lapangan serta data riwayat pemeliharaan mixbed, mode kegagalan mixbed buntu dapat dijabarkan pada analisa FTA berikut :



Gambar 5.5 Fault tree analysis mix bed buntu

Dari gambar 5.5 kemudian dapat dianalisa secara kualitatif menggunakan prinsip aljabar boolean, sehingga dapat dicari minimal cut set. Analisa kualitatif ini akan mendapatkan kegagalan-kegagalan yang mengarah langsung pada terjadinya top event. Untuk itu dapat dimisalkan :

- T adalah top event
- P adalah primary event (basic event)

Sehingga :

- T = Mix Bed Buntu
- P1 = Nozzle Chemical Buntu
- P2 = Nozzle Chemical Over Clearance

Didapat aljabar booleanya :

- $T = P1 + P2$

Maka minimal cut set dari Gambar 5.4 adalah {P1}, {P2}

Jadi hasil analisa kualitatif dari Mixbed Buntu, adalah jika penyebab ini terjadi, yaitu :

- Nozzle Chemical Buntu
- Nozzle Chemical Over Clearance

5.3 Hasil Fault Tree Analysis Mode Kegagalan Proses Regenerasi WTP

Setelah dilakukan analisa menggunakan metode FTA pada setiap mode kegagalan penyebab terjadinya kegagalan regenerasi WTP, sehingga dapat diketahui akar masalah dari penyebab mode kegagalan tersebut, diantaranya :

- Control valve macet

Penyebabnya adalah udara penggerak kurang, solenoid rusak, handwheel tidak posisi free, spring berkarat, membran rusak, inner part valve berkarat dan tersumbat kotoran.

- Level switch abnormal

Penyebabnya adalah relay rusak, seal penutup switch rusak, holder switch berkarat, dan kemampuan magnet switch melemah.

- Sensor conductivity abnormal

Penyebabnya adalah analog input rusak, sensor kotor, dan kabel connection kurang kencang.

- Mixbed buntu

Penyebabnya adalah nozzle chemical buntu, dan nozzle chemical overclearence

Dengan diketahuinya akar masalah dari setiap mode kegagalan, sehingga dapat mempermudah pihak maintenance sebagai masukan untuk melakukan pemeliharaan karena sudah diketahui penyebab penyebabnya, diharapkan berguna untuk mempersingkat waktu saat melakukan pemeliharaan.

5.4 Usulan Solusi (Failure Defense Task / FDT)

Setelah dilakukan analisa FTA pada 4 besar mode mode kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi, sehingga dapat diketahui semua penyebab penyebab yang mengakibatkan kegagalan tersebut. Hal ini sangat bermanfaat sekali bagi pihak pemeliharaan / maintenance khususnya untuk mempercepat mengatasi mode kegagalan tersebut dikarenakan sudah mengetahui penyebabnya, disamping itu untuk mempermudah dilakukan preventive maitenance untuk mencegah terjadinya mode kegagalan tersebut.

Failure Defense Task (FDT) adalah sebuah prosedur pencegahan (preventive) pemeliharaan untuk menghindari terjadinya suatu kejadian mode kegagalan dan di tentukan pula siapa yang bertanggung jawab dalam melakukan pencegahan tersebut. Berikut adalah FDT dari hasil FTA yang telah didapat yang mengacu pada manual book WTP dan pengamatan langsung dilapangan :

Tabel 5.2 FDT Kegagalan Regenerasi WTP

No.	Failure Mode	Failure Cause	Failure Defense Task (FDT)	Person In Charge (PIC)
1	Control Valve Macet	- Udara penggerak kurang - Solenoid rusak - Handwheel tidak posisi free - Spring berkarat - Membran rusak - Inner part valve berkarat - Tersumbat kotoran	- Dilakukan Loop test Open close Control Valve setiap sebulan sekali - Memberi pelumasan pada ulir stem Valve 1 bulan sekali - Dilakukan penggantian valve berdasarkan life time (pabrikan menyarankan 15 tahun)	Pemeliharaan Control dan Instrument PLTGU, Perencanaan dan Pengendalian
2	Level Switch Chemical Abnormal	- Relay rusak - Seal penutup switch rusak - Holder switch berkarat - Kemampuan magnet switch melemah	- Penambahkan lapisan silicone glue pada penutup switch - Mengganti holder switch dengan berbahan stainless - Dilakukan penggantian Magnetic Switch berdasarkan life time (pabrikan menyarankan 5 tahun)	Pemeliharaan Control dan Instrument PLTGU, Perencanaan dan Pengendalian
3	Sensor Conductivity Abnormal (Hunting)	- Analog Input Rusak - Sensor Kotor - Kabel Connection Kurang kencang	- Kalibrasi sensor dengan menggunakan Buffer conductivity standart setiap 3 bulan sekali (berdasarkan manual book)	Pemeliharaan Control dan Instrument PLTGU, Perencanaan dan Pengendalian

			- Pembersihan sensor dengan tisu saat kalibrasi	
4	Mixe Bed Buntu	- Nozzle Chemical Buntu - Nozzle Chemical Overclearence	- Dilakukan routine Overhaul Mix Bed by case atau saat penggantian resin dan saat itu dilakukan pula pengecekan clearence nozzle, bila di luar clearence dilakukan penggantian	Pemeliharaan Mekanik PLTGU, Perencanaan dan Pengendalian