

Penilaian Perpanjangan Sisa Umur Layan (*Residual Life Assessment*) *Pressure Vessel* Menggunakan Metode *Fitness For Service*

Arvan Anur^{*1,2}, Hotma Antoni Hutahaean¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²PT Intesco Global Internusa Jalan Pejaten Raya No. 9A, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12510

Article Info

Article history:

Received
July 23, 2025

Accepted
July 29, 2025

Keywords: *Residual life assessment, Reverse Engineering, Reliability Block Diagram, Risk-Based Inspection, Gathering Station (GS) VI Talang Jimar, Operational Safety.*

Abstract

Residual life assessment (RLA) is a crucial step to ensure the reliability, safety, and operational efficiency of equipment that has exceeded its design life or shows signs of aging. This study was conducted on the Gathering Station (GS) VI Talang Jimar, owned by PT Pertamina EP Zone 4 Field Prabumulih, with the aim of evaluating the current condition of the equipment, estimating the remaining operational life, and providing recommendations regarding necessary maintenance or replacement actions. The Risk-Based Inspection (RBI) method and the Reliability Block Diagram (RBD) approach were used in this analysis to map risks, evaluate system reliability, and provide accurate estimates of the remaining life. Data were obtained through visual inspection, process verification, thickness measurements, non-destructive testing, dimensional measurements, and material analysis. The analysis results show that some equipment requires special attention regarding structural and operational integrity.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diserahkan:
23 Juli 2025

Diterim:
29 Juli 2025

Kata Kunci: *Residual life assessment, Reverse Engineering, Reliability Block Diagram, Risk-Based Inspection, Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar, Keselamatan Operasional.*

Abstrak

*Residual life assessment (RLA) merupakan langkah krusial untuk memastikan keandalan, keselamatan, dan efisiensi operasional peralatan yang telah melampaui batas umur desain atau menunjukkan tanda-tanda penuaan. Penelitian ini dilakukan pada Instalasi Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar milik PT Pertamina EP Zona 4 Field Prabumulih, dengan tujuan mengevaluasi kondisi terkini peralatan, memperkirakan umur sisa operasional, serta memberikan rekomendasi terkait tindakan perawatan atau penggantian yang diperlukan. Metode *Risk-Based Inspection* (RBI) dan pendekatan *Reliability Block Diagram* (RBD) digunakan dalam analisis ini untuk memetakan risiko, mengevaluasi keandalan sistem, serta memberikan estimasi umur sisa yang akurat. Data diperoleh melalui inspeksi visual, verifikasi proses, pengukuran *thickness*, pengujian non-destruktif, pengukuran dimensi, serta analisis material. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian peralatan memerlukan perhatian khusus terkait integritas struktural dan operasional.*

1. PENDAHULUAN

Mengacu pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2021 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan

^{*}Corresponding author. Arvan Anur
Email address: arvan@intescoglobal.com

Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi, untuk semua peralatan yang telah melewati batas umur desain operasi (apabila diketahui) atau diindikasikan mengalami gejala penuaan yang berpotensi mengganggu integritas peralatan tersebut, maka wajib dilakukan *Residual Life Assessment*. Pada mekanisme perpanjangan sisa umur layan juga dikatakan bahwa Instalasi dan/atau peralatan yang telah habis umur layan desain, wajib dilakukan penilaian perpanjangan sisa umur layan (*Residual Life Assessment*) dan hasil penilaian dinyatakan dapat diperpanjang umur layannya agar dapat dioperasikan kembali oleh Kontraktor atau Pemegang Izin Usaha. Analisis ulang dilakukan sesuai dengan kondisi aktual peralatan di lapangan yang meliputi data-data dan asumsi yang digunakan dari hasil inspeksi pada saat ini. Laporan *Residual life assessment* ini membahas tentang keseluruhan fasilitas yang terdapat di Instalasi Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar milik PT Pertamina EP Zona 4 – Field Prabumulih di Sumatra Selatan.

Melalui penerapan metode RBD, hasil *Residual Life Assessment* diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai kondisi alur proses, estimasi umur sisa yang dapat diandalkan, serta rekomendasi untuk perawatan atau penggantian komponen. Hal ini menjadi landasan penting bagi manajemen dalam mengambil keputusan strategis terkait keberlanjutan operasional dan keselamatan instalasi di Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar.

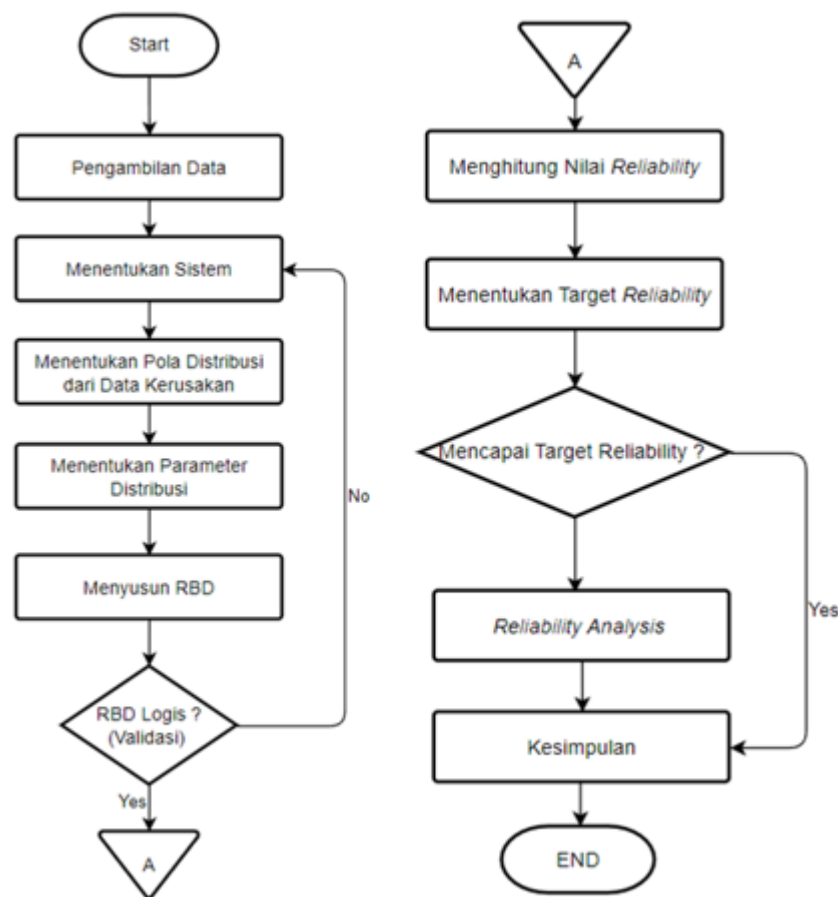
2. METODE PELAKSANAAN

Dalam sistem teknik, keandalan sangat penting untuk menghindari kegagalan, meningkatkan efisiensi, dan mengoptimalkan biaya pemeliharaan. Salah satu metode yang digunakan dalam menilai keandalan sistem adalah *Reliability Block Diagram* (RBD). Model ini memungkinkan insinyur untuk menganalisis hubungan kegagalan antar komponen serta menghitung keandalan keseluruhan suatu sistem (Hasan, 2015).

Salah satu tools atau pendekatan simulation pada pemodelan RBD adalah Reliasoft Blocks. *Software* Reliasoft Blocks mampu memodelkan, menganalisis, sampai mensimulasikan model RBD untuk model yang kompleks. *Software* Reliasoft Blocks menampilkan gambaran grafis yang fleksibel yang mendukung beragam konfigurasi dari RBD, yakni *reliability*, *maintainability*, *availability*, dan *resources allocation* (Rajput dan Vaishali Chourey, 2015).

Dalam pelaksanaan *Residual Life Assessment* (RLA) pada Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar, pendekatan *Reliability Block Diagram* (RBD) diterapkan sebagai metode analitis untuk memodelkan sistem instalasi secara menyeluruh, mencakup alur proses serta konfigurasi pemrosesan peralatan yang tersusun secara seri maupun paralel. Pendekatan ini memungkinkan representasi visual yang sistematis terhadap keterkaitan antar komponen kritis dalam instalasi, serta kontribusi masing-masing komponen terhadap keandalan sistem secara keseluruhan. Melalui pemodelan RBD, dilakukan evaluasi terhadap potensi titik-titik kritis dalam sistem, estimasi umur layan peralatan, serta perumusan strategi mitigasi yang tepat guna dalam rangka menjaga keberlanjutan dan keselamatan operasional.

Alur dalam analisis metodologi *Reliability Block Diagram* (RBD) sebagai berikut:



Gambar 1.
Metodologi *Reliability Block Diagram* (RBD)

2.1. *Realibility*

Reliability Block Diagram (RBD) atau yang sering juga disebut sebagai *Dependence Diagram* (DD) adalah gambaran grafik dari hubungan reliabilitas antar komponen dalam suatu sistem untuk menentukan reliabilitas keseluruhan dari sistem tersebut. (U.S. Department of Defense, 1998).

Reliability Block Diagram (RBD) merupakan salah satu metode analisis grafis yang digunakan untuk memodelkan dan mengevaluasi keandalan sistem kompleks. Teknik ini menggambarkan bagaimana setiap komponen dalam suatu sistem berkontribusi terhadap keseluruhan keberhasilan atau kegagalan sistem. Dalam RBD, sistem direpresentasikan dalam bentuk blok-blok yang dihubungkan dalam konfigurasi seri, paralel, maupun kombinasi seri-paralel, di mana setiap blok merepresentasikan suatu komponen atau subsistem dengan karakteristik keandalannya masing-masing.

Pada konfigurasi seri, sistem akan mengalami kegagalan apabila salah satu komponen gagal beroperasi. Hal ini mencerminkan logika "AND", di mana keberhasilan sistem hanya tercapai jika seluruh komponen berfungsi secara normal. Sebaliknya, pada konfigurasi paralel, sistem hanya akan gagal apabila seluruh komponen dalam konfigurasi tersebut gagal, yang menggambarkan logika "OR".

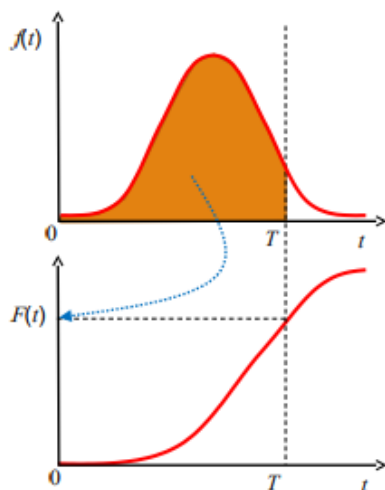
Dalam praktiknya, pemodelan RBD dapat dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu pendekatan analitik (*analytical*) dan simulasi (*simulation*). Pendekatan analitik biasanya melibatkan penggunaan formula matematis untuk menghitung nilai keandalan dan

parameter terkait, sedangkan pendekatan simulasi digunakan ketika sistem terlalu kompleks untuk dianalisis secara analitik, dengan menggunakan metode Monte Carlo atau simulasi berbasis waktu.

Tujuan utama dari penggunaan RBD adalah untuk mengidentifikasi subsistem kritis yang mempengaruhi tingkat keandalan dan frekuensi kegagalan sistem. Dari hasil analisis tersebut, dapat ditentukan strategi *Preventive Maintenance* (PM) yang optimal untuk meningkatkan tingkat kepercayaan sistem, misalnya hingga 70%, 80%, atau 90%.

Nilai *reliability* memiliki pengaruh langsung terhadap *availability*, di mana peningkatan *reliability* akan berkontribusi pada peningkatan *availability* sistem. Keduanya, pada akhirnya, berdampak pada kinerja (*performance*) sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemeliharaan dan perbaikan sistem yang berfokus pada peningkatan *reliability* dan *availability* akan secara signifikan memperbaiki performa sistem.

2.2 Cumulative Distribution Function (CDF), $F(t)$



Gambar 2.

Probabilitas kegagalan terjadi hingga waktu T

$$F(T) = P\{t \leq T\} = \int_0^T f(t) dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

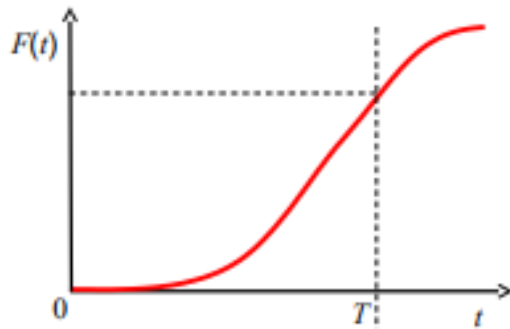
2.3 Reliability (Keandalan), $R(t)$

Keandalan, $R(t)$, disebut juga fungsi survival, sering diartikan sebagai fraksi populasi bertahan dalam waktu t . Keandalan adalah probabilitas keberhasilan, yang merupakan komplemen dari $F(t)$.

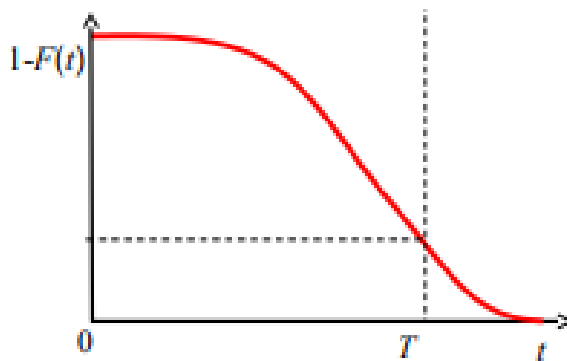
$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

Nilai dari fungsi keandalan sistem dapat diestimasi berdasarkan data historis, dimana banyaknya kejadian sistem tetap bisa bekerja baik hingga waktu ke- T , $N_s(T)$, dibagi dengan semua kejadian, $N_T(T)$. Semua kejadian meliputi kejadian sistem tetap bekerja baik hingga waktu ke- T , $N_s(T)$, dan kejadian sistem mengalami kegagalan sebelum waktu ke- T , $N_f(T)$

$$R(T) = \frac{N_s(T)}{N_s(T) + N_f(t)} = \frac{N_r(T) - N_f(T)}{N_r(T)} \dots\dots\dots (3)$$

**Gambar 3.**Probabilitas kegagalan, $F(T)$

$$F(T) = P\{t \leq T\} = \int_0^T f(t) dt \dots\dots\dots (4)$$

**Gambar 4.**Nilai Keandalan, $R(T)$

$$R(T) = P\{t > T\} = \int_T^{\infty} f(t) dt \dots\dots\dots (5)$$

2.4 Reability Block Diagram

Reliability Block Diagram (RBD) adalah analisis keandalan dan *availability* dari suatu sistem, untuk sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok untuk menunjukkan hubungan antar sistem. *Reliability Block Diagram* mendefinisikan interaksi logis kegagalan dalam sistem yang diperlukan untuk mempertahankan operasi sistem. Diagram hanya berisi satu input dan satu output. Sistem RBD dihubungkan oleh konfigurasi paralel atau seri (Yosihan dan Yuniarto, 2019).

2.4.1 Rangkaian Seri

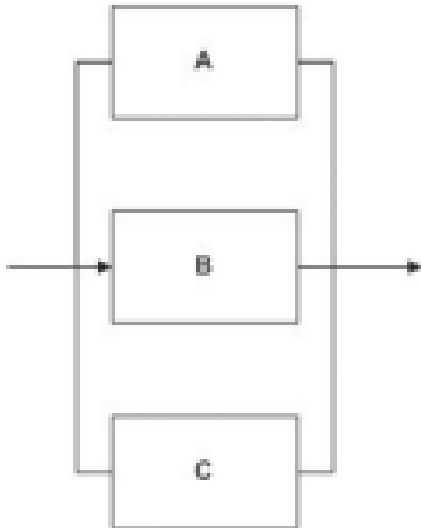
Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada di dalam sistem itu harus bekerja dan berfungsi semuanya agar sistem tersebut dapat menjalankan fungsinya. Artinya jika ada satu komponen mengalami kegagalan maka keseluruhan sistem akan mengalami kegagalan.

$$R_s = R_1 R_2 R_3 \dots R_n \dots \dots \dots (6)$$

R_s adalah *reliability seri*, R_n adalah *reliability* pada urutan ke n (Ebeling, 1997)

2.4.2 Rangkaian Paralel

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan paralel jika seluruh komponen yang berada dalam sistem mengalami kerusakan. Artinya jika terdapat dua komponen yang disusun secara paralel akan mengalami kegagalan jika kedua komponen tersebut mengalami kegagalan.



Gambar 6.
Susunan Paralel

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \dots \dots \dots (7)$$

R_p adalah *reliability parallel* (Ebeling, 1997).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses estimasi umur layan instalasi Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar menggunakan pendekatan *Reliability Block Diagram* (RBD) diawali dengan tahap penyusunan diagram blok berdasarkan *Process Flow Diagram* (PFD) dari setiap unit proses yang terlibat. Diagram blok tersebut disusun menggunakan perangkat lunak (*software*) ReliaSoft BlockSim, yang dirancang khusus untuk analisis keandalan sistem.

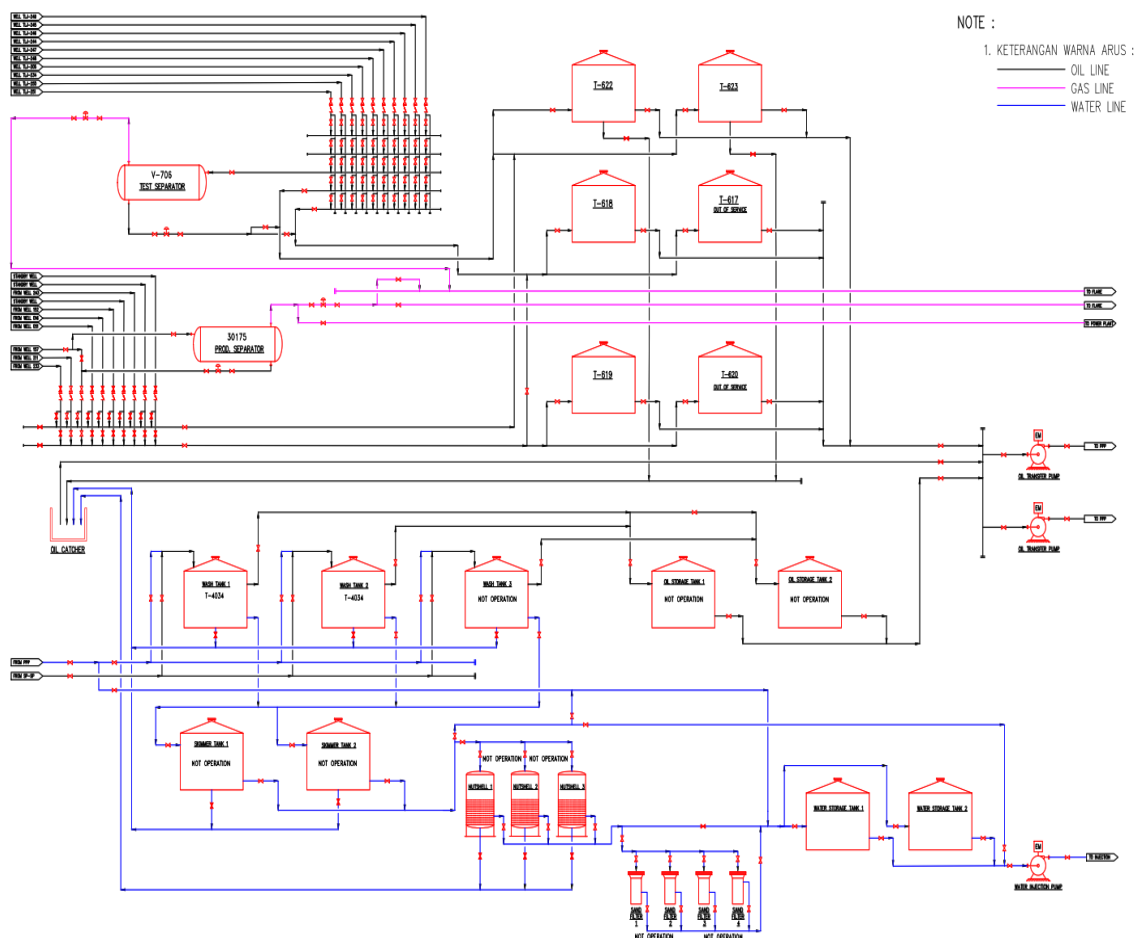
Setelah struktur diagram blok terbentuk, data historis terkait umur atau waktu operasi dari masing-masing peralatan dalam sistem seperti pompa, separator, tangki, dan instrumen *control* diinputkan ke dalam perangkat lunak. Proses simulasi (*running*) dilakukan secara bertahap, dimulai dari level unit hingga ke level sistem secara keseluruhan. Hasil dari setiap unit dianalisis dan kemudian dikombinasikan membentuk satu sub-sistem yang merepresentasikan keseluruhan sistem operasi SP VI Talang Jimar.

Tahap akhir dari analisis menghasilkan estimasi umur layan (*service life estimation*) dari instalasi secara komprehensif. Laporan hasil analisis disusun secara sistematis dan mencakup representasi diagram RBD lengkap, data umur aktual dari peralatan, hasil simulasi untuk tiap unit dan sub-sistem, serta rekomendasi strategis mengenai tindakan pemeliharaan (*maintenance*) dan penggantian peralatan (*equipment replacement*) yang dianggap kritis terhadap keberlangsungan operasi.

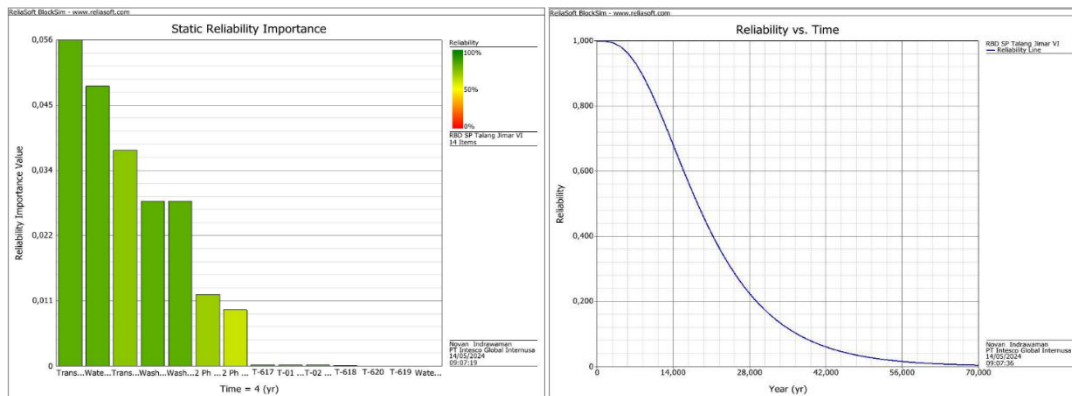
Pendekatan berbasis RBD ini tidak hanya memberikan estimasi umur layan yang lebih objektif dan akurat, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dalam upaya menjaga reliabilitas dan ketersediaan (*availability*) fasilitas dalam jangka panjang. Dengan demikian, analisis ini menjadi bagian integral dalam strategi manajemen aset dan keandalan (*reliability-centered maintenance*) di lingkungan industri migas.

Sebagai studi kasus, dilakukan analisis terhadap salah satu peralatan utama, yaitu *Pressure Vessel* dengan Tag No. V-706 & 30175. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan metode *Reliability Block Diagram* (RBD), setelah memasukkan data umur operasional dari setiap komponen yang terdapat dalam instalasi, diperoleh estimasi sisa umur layan (*remaining service life*) pada tingkat keandalan B80% Life sebesar 8 tahun.

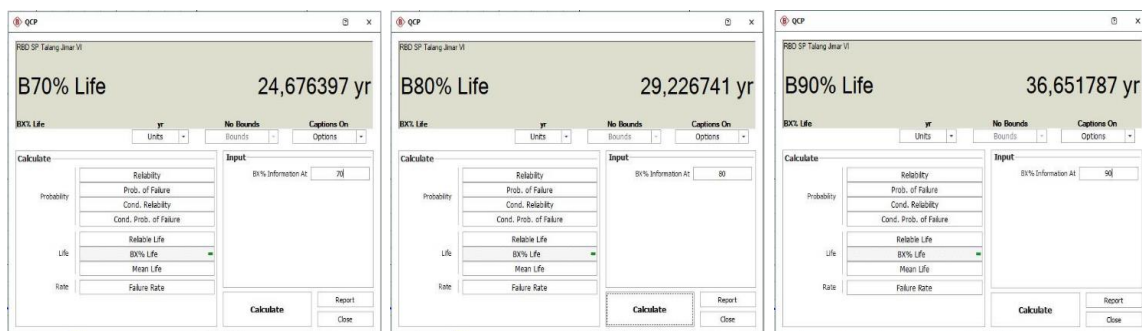
Langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi lanjutan dengan menggabungkan seluruh peralatan yang teridentifikasi dalam *Process Flow Diagram* (PFD) ke dalam satu model sub-sistem yang merepresentasikan sistem secara keseluruhan. Proses ini bertujuan untuk memperoleh estimasi umur layan agregat dari instalasi Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar secara menyeluruh. Pendekatan ini memungkinkan penilaian yang lebih komprehensif terhadap keandalan sistem serta mendukung perencanaan pemeliharaan dan pengelolaan aset yang lebih efektif.



Gambar 7.
Process Flow Diagram (PFD) SP VI Talang Jimar

**Gambar 9.**

Hasil *Running* RBD SP VI Talang Jimar (a)

**Gambar 10.**

Hasil *Running* RBD SP VI Talang Jimar (b)

Berdasarkan hasil *running Reliability Block Diagram* (RBD) dengan ITEM Software, (2007) pada **Gambar 6** menggunakan perangkat lunak ReliaSoft BlockSim, diperoleh dua grafik utama yang menggambarkan kondisi keandalan sistem instalasi pada Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar. Pada **Gambar 7**, yaitu grafik *Static Reliability Importance*, menunjukkan kontribusi masing-masing komponen terhadap keandalan sistem secara keseluruhan pada umur operasi empat tahun. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa komponen *Transfer Pump* dan *Water Injerction Pump* memiliki nilai *reliability importance* tertinggi, masing-masing sekitar 0,056 dan 0,045. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua komponen tersebut memiliki pengaruh paling signifikan terhadap keandalan sistem. Jika terjadi kegagalan pada komponen ini, maka reliabilitas sistem akan menurun secara drastis. Sebaliknya, beberapa komponen seperti “T-619”, “T-620”, dan “T-618” memiliki nilai penting yang relatif rendah, sehingga kegagalan pada komponen-komponen tersebut tidak memberikan dampak besar terhadap keseluruhan sistem.

Selanjutnya, pada **Gambar 8** yaitu grafik *Reliability vs Time* menggambarkan penurunan keandalan sistem terhadap waktu. Kurva menunjukkan bahwa pada awal pengoperasian, sistem memiliki keandalan mendekati 100%, namun seiring bertambahnya waktu, nilai tersebut mengalami penurunan secara signifikan. Pada kisaran 14 tahun, reliabilitas menurun hingga sekitar 80%, dan semakin drastis menurun setelah melewati 28 tahun hingga mendekati nol pada rentang 60-70 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa umur operasional optimal sistem berada di bawah 28 tahun, karena setelah melewati periode tersebut, probabilitas kegagalan meningkat secara eksponensial. Oleh karena itu, hasil analisis ini menekankan perlunya tindakan mitigasi, seperti penggantian komponen kritis, perawatan intensif, atau bahkan redesain sistem, untuk menjaga keberlangsungan operasi dan keselamatan instalasi. Temuan ini juga menjadi dasar penting dalam menentukan

strategi lanjutan dalam program *Residual Life Assessment* (RLA) agar sistem tetap beroperasi secara andal dalam jangka panjang. Maka didapatkan sisa umur instalasi pada fasilitas Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar adalah 29 tahun karena dipakai reabilitas di angka 80%.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Salah satu keterbatasan utama adalah belum optimalnya pengambilan data verifikasi lapangan dan inspeksi fisik terhadap komponen instalasi dikarenakan waktu yang sangat terbatas dalam verifikasi di lapangan, yang menyebabkan potensi kekurangan data dalam analisis. Selain itu, keterbatasan lain adalah kurangnya riwayat perawatan (*maintenance history*) dan data teknis sebelumnya. Hal ini tentu dapat mempengaruhi tingkat akurasi hasil simulasi *Reliability Block Diagram* (RBD) yang dihasilkan.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, rencana penelitian selanjutnya akan difokuskan pada pembahasan yang lebih mendalam terhadap analisis risiko instalasi, khususnya untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan dampak kegagalan dari komponen-komponen kritis sistem. Pendekatan ini dapat menggunakan metode *risk assessment* lanjutan seperti HAZOP/HAZID serta mempertimbangkan faktor lingkungan dan operasional. Dengan begitu, strategi mitigasi yang diusulkan ke depannya tidak hanya berbasis keandalan, namun juga mengintegrasikan aspek keselamatan dan risiko dalam pengambilan keputusan pemeliharaan dan perpanjangan umur layan instalasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Fasilitas Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar ini diketahui tidak mempunyai dokumen data umur desain dan pendukung lainnya, maka didapatkan Sisa umur instalasi pada fasilitas Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar berdasarkan hasil perhitungan *reliability block diagram* (RBD) umur peralatan di dalam instalasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.

Hasil Perhitungan Sisa Umur Layan Peralatan SP VI Talang Jimar

Hasil Analisis	Sisa Umur Layan
Simulasi RBD Sistem Pemrosesan	29 Tahun
<i>Piping System Calculation</i>	20 Tahun (*)
Hasil Sisa Umur Layan Instalasi	10 Tahun (**)

Keterangan:

(*) Berdasarkan report RLA PT Intesco Global Internusa No: 186/IGI/RLA-INS/PHR/XI/2023.

(**) Berdasarkan Keputusan Direktur Teknik dan Lingkungan MIGAS No: 183.K/HK.02/DMT/2024 perpanjangan umur layan (dalam bulan) paling lama sesuai batas umur layan desain atau 120 (seratus dua puluh) bulan untuk Instalasi dan/atau peralatan yang tidak diketahui umur layan desainnya.

Untuk hasil analisis peralatan dalam kondisi baik dan layak beroperasi dan untuk perencanaan inspeksi yang dianjurkan adalah dengan interval inspeksi setiap 4 (empat) tahun sekali dengan mengikuti metode inspeksi yang telah dijelaskan dalam perencanaan inspeksi perusahaan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Program Profesi Insinyur (PPI) di Unika Atmajaya, juga terimakasih kepada PT Intesco Global Internusa yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk dapat menjalani kuliah Program Profesi Insinyur di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya di tengah tanggung jawab penulis sebagai staf *engineer* di perusahaan tersebut. Terima kasih yang tidak terkira juga penulis sampaikan kepada dosen pembimbing yaitu Bapak Dr. Ir. Hotma A. Hutahaeen, S.T, M.T., IPM,

ASEAN Eng., istri, orang tua dan keluarga penulis, teman sejawat, dan juga semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang membantu penulis dalam menjalankan kegiatan praktik keinsinyuran.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Direktur Teknik dan Lingkungan MIGAS. (2024). Mekanisme Perpanjangan Sisa Umur Layan (*Residual Life Assessment*) Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Migas. Nomor: 183.K/HK.02/DMT/2024.
2. Ebeling, C.E., 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. McGraw-Hill: USA.
3. Hasan, O., Ahmed, W., Tahar, S., & Hamdi, M.S. (2015). *Reliability Block Diagrams Based Analysis: A Survey*. AIP Conference Proceedings, 1648, 850129-1–850129-4.
4. ITEM Software, 2007. *Reliability Block Diagram*. ITEM Software Inc.
5. Laporan *reverse engineering* (RE) PT Pertamina EP Zona 4 – Field Prabumulih Instalasi stasiun Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar, Sumatera Selatan No. 185/IGI/RLA-INS/PHR/XI/2023.
6. Laporan akhir *residual life assessment* (RLA) PT Pertamina EP Zona 4 – Field Prabumulih Instalasi stasiun Stasiun Pengumpul (SP) VI Talang Jimar, Sumatera Selatan No. 186/IGI/RLA-INS/PHR/XI/2023.
7. Military Standard. MIL-STD-721C. 1981. U.S. Department of Defense. Washington DC. U.S.
8. Pemerintah Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 32 tentang Inspeksi Teknis dan Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi. Kementerian ESDM. Jakarta.
9. Rajput, B.S., Vaishali Chourey, 2015. UML based Approach for System Reliability Assessment. *International Journal of Computer Applications*, 131:17–24.
10. R. I. Yosihan and H. A. Yuniarto, Analisis Sistem *Reliability* dengan Pendekatan *Reliability Block Diagram*, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.