

PENILAIAN MANAJEMEN KESALAHAN JARINGAN PADA PT XYZ DENGAN *PLAN-DO-CHECK-ACT*

Muhammad Naufal Wirawan^{*1)}, Muharman Lubis²⁾, Umar Yunan Kurnia Septo Hedyanto³⁾

1. Universitas Telkom, Indonesia
2. Universitas Telkom, Indonesia
3. Universitas Telkom, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: FCAPS; Jaringan Komputer; Manajemen Jaringan; Manajemen Kesalahan; PDCA.

Keywords: *Computer Network; Fault Management; FCAPS; Network Management; PDCA.*

Article history:

Received 7 February 2024
Revised 21 February 2024
Accepted 6 March 2024
Available online 1 June 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i2.4568>

* Corresponding author.
Muhammad Naufal Wirawan
E-mail address:
naufal33007@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan teknologi jaringan kian meningkat, Namun, kompleksitas jaringan sering menyebabkan masalah yang sulit diidentifikasi dan ditangani oleh admin jaringan, yang berdampak pada penurunan kualitas jaringan. Oleh karena itu, diperlukan manajemen jaringan yang bertujuan menjaga kestabilan jaringan. FCAPS merupakan sebuah konseptual dalam manajemen jaringan yang dibuat oleh ISO yang dibagi kedalam lima area. salah satunya adalah manajemen kesalahan (fault management). MFAST memiliki rekomendasi 13 aktivitas manajemen kesalahan jaringan beserta parameter penilaiannya untuk menilai implementasi manajemen kesalahan jaringan di perusahaan. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap manajemen kesalahan jaringan pada PT XYZ menggunakan pendekatan PDCA (Plan-Do-Check-Act) yaitu metode manajemen yang efektif untuk meningkatkan sistem operasional secara berkelanjutan. Data dikumpulkan melalui wawancara, dokumentasi, dan observasi dengan pihak perusahaan terkait penerapan manajemen kesalahan jaringan di PT XYZ. Standar manajemen kesalahan jaringan yang diterapkan mengacu pada 13 aktivitas MFAST. Pengukuran skor menggunakan parameter MFAST yang diturunkan untuk menilai PDCA dalam setiap aktivitasnya. Skor PDCA dihitung dengan mempertimbangkan urgensi PDCA di Perusahaan, menghasilkan nilai akhir untuk setiap aktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manajemen kesalahan jaringan di PT XYZ telah diterapkan dengan baik dalam beberapa aspek berdasarkan pemetaan MFAST. Namun, terdapat ruang untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi dengan mengadopsi prosedur yang lebih terstruktur dan melakukan aktivitasnya secara teratur.

ABSTRACT

The use of network technology is continuously increasing. However, the complexity of networks often leads to challenging problems that are hard to identify and address by network administrators. This impact can result in a decline in network quality. Therefore, effective network management is essential to maintain network stability. FCAPS is a conceptual framework in network management developed by ISO, divided into five areas. One of these areas is fault management. MFAST provides 13 recommended network fault management activities along with assessment parameters to evaluate the implementation of network fault management within a company. In this study, an evaluation of network fault management at PT XYZ was conducted using the PDCA approach, an effective management method for enhancing operational systems sustainably. Data was gathered through interviews, documentation, and observation involving relevant company personnel regarding the implementation of network fault management at PT XYZ. The applied network fault management standards align with the 13 MFAST activities. Measurement scores were derived from MFAST parameters to assess the PDCA cycle for each activity. The PDCA scores were calculated considering the urgency of PDCA implementation within the company, resulting in final scores for each activity. The research findings indicate that network fault management at PT XYZ has been well-implemented in several aspects based on the MFAST. However, there is room for improvement in terms of efficiency and consistency by adopting more structured procedures and conducting activities regularly.

I. PENDAHULUAN

DALAM era teknologi informasi yang semakin maju, penggunaan jaringan komputer menjadi krusial dalam memenuhi kebutuhan informasi yang cepat dan beragam [1]. Jaringan komputer memainkan peran penting dalam menghubungkan karyawan, klien, dan mitra bisnis suatu perusahaan, sehingga memungkinkan komunikasi dan pertukaran informasi yang efisien [2]. Seiring dengan perkembangan teknologi, perusahaan-perusahaan semakin menyadari pentingnya jaringan komputer dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas mereka. Dengan akses mudah terhadap data dan informasi yang dibutuhkan, pegawai dapat meningkatkan kinerja mereka tanpa harus menghadapi kendala mencari informasi secara manual.

Namun, pengelolaan jaringan komputer yang semakin kompleks dan heterogen juga membawa tantangan tersendiri. Salah satu masalah umum yang dihadapi adalah gangguan konektivitas akibat lalu lintas jaringan yang berlebihan. Gangguan semacam ini dapat menyebabkan penundaan dan kehilangan paket data, berdampak pada penurunan kinerja jaringan, dan akhirnya mempengaruhi produktivitas perusahaan. Selain itu, kerusakan elemen jaringan seperti *hub*, *bridge*, *router*, *server*, dan fasilitas transmisi juga menjadi masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan [3].

Manajemen jaringan menjadi aspek yang kritis dalam menghadapi kompleksitas dan tantangan tersebut. Model atau framework yang tepat dapat membantu organisasi untuk mengelola jaringan mereka dengan lebih efektif. Salah satu model yang banyak digunakan adalah FCAPS (*Fault Management, Configuration Management, Accounting Management, Performance Management, dan Security Management*), yang mencakup lima area konseptual yang terkait dengan manajemen jaringan. Konsep FCAPS ini diciptakan oleh *International Organization for Standardization (ISO)* dengan tujuan membantu dalam pemahaman fungsi utama dari sistem manajemen jaringan. FCAPS merupakan kerangka yang digunakan untuk manajemen jaringan [4].

Dalam manajemen jaringan, *Fault Management* merupakan hal yang penting. *Fault Management* secara luas dianggap sebagai bagian kunci dari pengelolaan jaringan saat ini [5]. *Fault Management* juga merupakan komponen penting dari sistem manajemen jaringan apa pun. Kesalahan dalam jaringan dapat menyebabkan waktu jaringan tidak berfungsi (*downtime*), penurunan kualitas jaringan, dan akhirnya mempengaruhi kinerja pengguna jaringan [3]. Dengan memanfaatkan *fault management* akan memungkinkan administrator jaringan untuk mengetahui kesalahan (*fault*) pada perangkat yang dikelola agar dapat segera menentukan apa penyebabnya dan dapat segera mengambil tindakan perbaikan [1]. Untuk mengetahui seberapa optimal penerapan *fault management* pada perusahaan agar berjalan dengan baik dan efisien, maka perlu dilakukan penilaian terhadap manajemen kesalahan jaringan.

Dalam melakukan penilaian terhadap manajemen kesalahan jaringan, dibutuhkan pendekatan yang sistematis. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh [6] dengan judul *Network Fault Effectiveness and Implementation at Service Industry in Indonesia* mengidentifikasi 13 standar yang disarankan untuk aktivitas manajemen kesalahan jaringan yang dikenal sebagai MFAST. Standar-standar ini didasarkan pada pemetaan dari IETF RFC 6632 dan ITU-T M.3703. Dengan menerapkan pendekatan MFAST ini, organisasi atau perusahaan dapat melakukan penilaian yang efektif terhadap aktivitas manajemen kesalahan jaringan yang dilakukan oleh mereka.

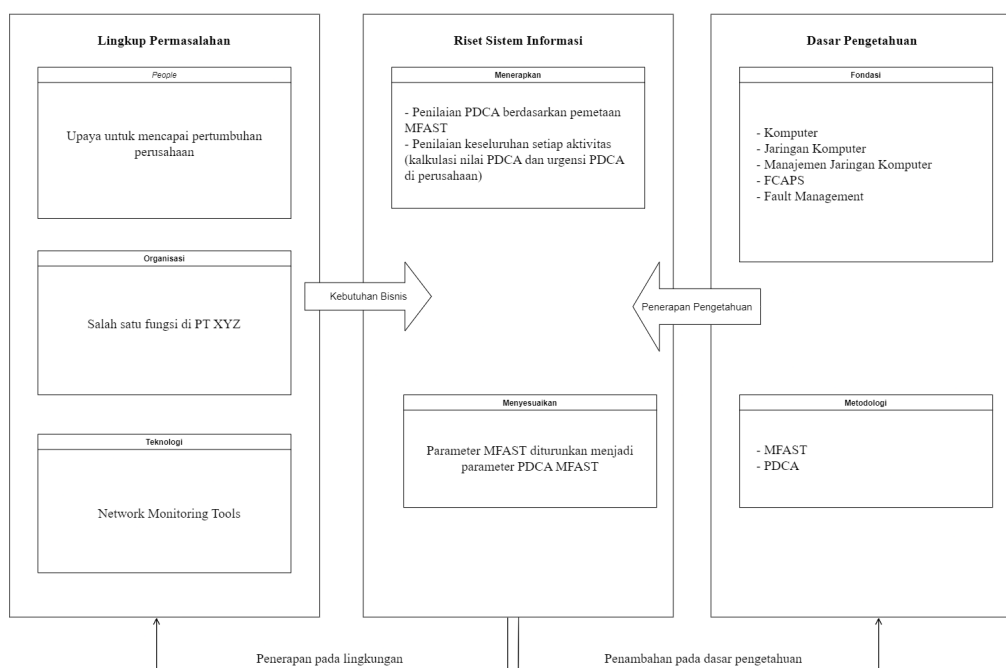
Untuk melakukan penilaian terhadap manajemen kesalahan jaringan, standar MFAST dapat digunakan sebagai acuan. Namun, untuk memudahkan proses penilaian tersebut, perusahaan dapat menggunakan siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) sebagai metode untuk *breakdown* analisis penerapan manajemen kesalahan jaringan. Siklus PDCA merupakan metode manajemen yang efektif dalam meningkatkan sistem operasional secara berkelanjutan. Keberhasilan proses PDCA memiliki dampak langsung pada efisiensi dan produktivitas perusahaan [7]. Dengan begitu, perlu dilakukan penilaian secara menyeluruh terhadap proses PDCA yang ada. Penilaian ini melibatkan mengidentifikasi titik lemah dalam setiap tahap siklus PDCA dan mengidentifikasi alasan di balik ketidakberhasilan atau ketidaksesuaian.

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian terdahulu mengenai penilaian manajemen kesalahan yang dilakukan oleh [6] dan juga berdasarkan penelitian mengenai analisis dan perancangan sistem pemantauan kinerja perangkat jaringan menggunakan PDCA yang dilakukan oleh [8]. Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [6] dilakukan penilaian manajemen kesalahan suatu perusahaan berdasarkan kepada ke-13 aktivitas yang disarankan. Penilaian juga dilakukan dengan mengacu langsung kepada parameter penilaian. Dan berdasarkan penelitian terdahulu ini terdapat kekurangan bagi organisasi karena penilaian dilakukan secara keseluruhan aspek manajemen jaringan dan tidak memberikan kesempatan untuk dinilai secara terperinci aspek-aspek manajemennya. Selanjutnya pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [8] dilakukan perancangan terhadap sistem pemantauan kinerja perangkat jaringan menggunakan PDCA. Pada penelitian terdahulu ini terdapat kekurangan yaitu tidak terdapatnya atau tidak tersedianya standar atau acuan yang membahas mengenai perancangan pemantauan jaringan dalam melakukan aktivitas PDCA.

Menggabungkan pandangan dari kedua penelitian terdahulu, ditemukan kesenjangan (gap) dalam literatur yang menjadi dasar penelitian ini. Penelitian ini akan memfokuskan pada penilaian proses PDCA dalam konteks Manajemen Kesalahan Jaringan (Network Fault Management) di suatu perusahaan dengan menggunakan pemetaan MFAST. Dengan demikian, penelitian ini akan mengisi kekosongan dalam literatur dengan mengintegrasikan penilaian aspek-aspek manajemen jaringan secara terperinci melalui pendekatan PDCA serta menerapkan konsep pemetaan MFAST untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai evaluasi kinerja jaringan dalam konteks manajemen kesalahan.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara, dokumentasi, dan observasi dengan pihak perusahaan. Data yang dikumpulkan yaitu terkait penerapan manajemen kesalahan jaringan pada PT XYZ. Standar manajemen kesalahan jaringan yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada 13 aktivitas MFAST. Pengukuran skor dilakukan berdasarkan hasil wawancara, dokumen yang ada, dan interpretasi pengamatan di lapangan. Parameter yang digunakan untuk melakukan pengukuran skor yaitu parameter MFAST yang diturunkan untuk dapat menilai PDCA setiap aktivitasnya menjadi parameter turunan MFAST. Skor PDCA yang telah didapat, dikalkulasikan dengan urgensi PDCA pada Perusahaan sehingga didapatkan nilai akhir masing-masing aktivitasnya. Gambaran penelitian ini lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar. 1. Model Konseptual

Gambar 1 merupakan model konseptual dalam penelitian ini yang memberikan panduan dalam melakukan penelitian terhadap penilaian manajemen kesalahan jaringan pada PT XYZ. Model konseptual Hevner ini menggambarkan tiga elemen utama yang menjadi landasan dalam penilaian manajemen jaringan.

Elemen pertama dari model ini adalah lingkup permasalahan, yang terdiri dari tiga aspek: *people*, organisasi, dan teknologi. Bagian "*people*" mengacu pada keterlibatan pemangku kepentingan yang memiliki kepentingan terhadap operasional jaringan pada PT XYZ. Bagian "organisasi" mencakup salah satu fungsi bagian pada PT XYZ. Sementara itu, bagian "teknologi" membahas infrastruktur atau teknologi yang digunakan untuk mendukung kegiatan penilaian manajemen jaringan.

Elemen kedua dari model ini adalah Riset Sistem Informasi (SI), yang merujuk pada penilaian manajemen kesalahan jaringan dengan menyesuaikan parameter MFAST yang diturunkan menjadi parameter PDCA.

Elemen ketiga adalah dasar pengetahuan, yang dibagi menjadi dua bagian yaitu Fondasi dan Metodologi. Penelitian ini menggunakan dasar ilmu seperti Jaringan Komputer, Manajemen Jaringan, FCAPS dan *Fault Management*. Kemudian pada metodologi mengusung MFAST dan PDCA. Berikut dasar pengetahuan yang mendukung dalam penelitian ini.

A. Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah sekelompok komputer yang saling terhubung menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi. Dengan cara ini, komputer-komputer ini dapat berbagi informasi, program-program, dan menggunakan perangkat keras seperti printer dan harddisk secara bersama-sama. Jaringan komputer juga dapat diartikan sebagai kumpulan terminal komunikasi yang tersebar di berbagai lokasi, yang terdiri dari lebih dari satu komputer yang saling terhubung [9]. Pada saat ini, manfaat dari jaringan komputer sudah sangat banyak dirasakan. Apalagi dalam dunia komunikasi yang serba cepat ini, jaringan komputer sering kali berperan vital dalam kegiatan pendistribusian informasi yang cepat tersebut. Semua dari komponen yang tergabung dalam jaringan komputer tersebut haruslah mampu saling mendukung untuk menghasilkan satu sistem yang kokoh dan handal untuk melayani setiap permintaan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna [10].

B. Manajemen Jaringan

Manajemen jaringan adalah sekumpulan aktivitas yang bertujuan untuk mengoperasikan, mengelola, dan memelihara jaringan agar dapat berfungsi secara efisien. Tujuan dari pengelolaan gangguan jaringan adalah untuk mendeteksi, mencatat, melaporkan, dan mengisolasi masalah yang terjadi pada jaringan, kemudian melakukan perbaikan untuk mengembalikan jaringan ke kondisi normal. Hal ini bertujuan agar jaringan dapat terus berfungsi dengan baik dan memberikan layanan yang berkualitas kepada penggunaannya [6]. Dengan manajemen jaringan komputer yang tepat, maka sangat menentukan dalam keberlanjutan suatu jaringan komputer [11].

C. FCAPS (*Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security*)

FCAPS merupakan konsep yang diprakarsai oleh *International Organization for Standardization* (ISO) dengan tujuan untuk mendukung pemahaman mengenai fungsi utama dari sistem manajemen jaringan [4]. FCAPS dianggap sebagai kemampuan manajemen dan operabilitas dasar yang diperlukan untuk menyediakan layanan yang dapat digunakan [12]. Terdapat lima fokus dalam pengelolaan jaringan menurut ISO, yaitu pada masalah *fault, configuration, accounting, performance dan security*, atau biasa dikenal dengan *FCAPS Management* [13]. Berikut penjelasan FCAPS menurut [14] :

- *Fault Management*
Mengenai pendeteksian, isolasi, perbaikan, dan pencatatan kesalahan yang muncul di dalam jaringan.
- *Configuration Management*
Berkaitan dengan memelihara informasi yang akurat mengenai konfigurasi jaringan (perangkat keras dan perangkat lunak) serta mengontrol parameter-parameter yang berhubungan dengan operasi normalnya.
- *Accounting Management*
Terkait dengan pengelolaan dan administrasi pengguna, serta melibatkan akuntansi dan penagihan atas penggunaan sumber daya dan layanan.
- *Performance Management*
Memaksimalkan kinerja jaringan. Fokusnya terkait dengan penyediaan QoS (*Quality of Service*) serta parameter-parameter seperti pemanfaatan sumber daya, keterlambatan, jitter, dan kehilangan paket.
- *Security Management*
Menangani aspek keamanan dan keselamatan dalam jaringan, memastikan bahwa sistem terjaga dari ancaman dan risiko yang mungkin muncul.

D. *Fault Management*

Fault management merupakan komponen penting dari sistem manajemen jaringan [15]. Pernyataan ini juga didukung oleh [16] yang menyatakan bahwa *fault management* adalah unsur penting dalam manajemen jaringan. *Fault management* merupakan salah satu peranan penting dari manajemen jaringan yang terintegrasi [17]. *Fault Management* adalah mendeteksi, mengisolasi dan memperbaiki operasi – operasi yang tidak normal dalam jaringan [1]. Fungsi *Fault Management* ini adalah untuk mendeteksi, mencatat, memberitahu pengguna, dan memperbaiki kesalahan jika memungkinkan. Dengan memanfaatkan *Fault Management* akan memungkinkan administrator jaringan untuk mengetahui kesalahan pada perangkat yang dikelola agar dapat segera menentukan apa penyebabnya dan dapat segera mengambil tindakan perbaikan [1].

E. MFAST: *Network Fault Management*

Dalam suatu penelitian yang dilakukan [6] dengan judul *Network Fault Effectiveness and Implementation at Service Industry in Indonesia* menyatakan bahwa manajemen kesalahan adalah proses penemuan kesalahan dalam jaringan dan pembuatan perbaikan, yang dapat dibagi menjadi kesalahan perangkat keras dan perangkat lunak. Kemudian, disebutkan bahwa terdapat 13 aktivitas yang direkomendasikan untuk dilakukan pada kegiatan manajemen kesalahan jaringan. Ke-13 aktivitas tersebut meliputi *Fault Prediction, Fault Detection, Fault Localization,*

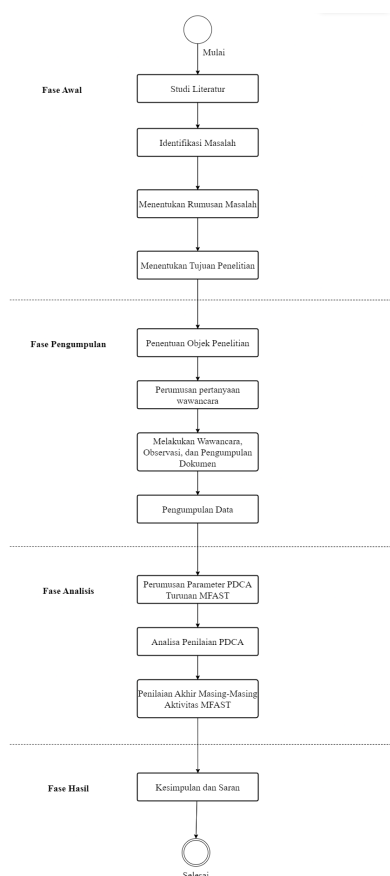
Fault Diagnosis, Fault Isolation, Fault Recovery, Error Correction, Event Correlation, Problem Resolution, Restoration of Service, Alarm Acknowledgment, Clearing of alarms, dan Examination of Error Logs.

F. PDCA (Plan-Do-Check-Act)

Siklus PDCA merupakan konsep dasar dari proses perbaikan berkelanjutan yang tertanam dalam budaya organisasi. PDCA telah diaplikasikan sebagai pendekatan pemecahan masalah berkelanjutan oleh banyak perusahaan sukses di seluruh dunia [18]. Konsep ini mudah dipahami dan seharusnya digunakan oleh sejumlah besar orang di perusahaan [19]. Kegiatan PDCA terdiri dari empat langkah yaitu *Plan, Do, Check, dan Action* dengan tahapan berulang membentuk seperti lingkaran [20]. Berikut penjelasan mengenai PDCA [21]:

- *Plan*
Tahap perencanaan bertujuan untuk menilai tujuan atau target serta menentukan prosedur yang dapat memastikan implementasi berjalan lancar.
- *Do*
Selanjutnya, tahap pelaksanaan bertujuan untuk menjalankan tugas-tugas yang telah diprediksi dalam tahap perencanaan dan mengumpulkan data untuk tahap tinjauan.
- *Check*
Pada tahap ini, hasil data yang terkumpul akan dievaluasi dan dibandingkan dengan tujuan yang telah ditentukan.
- *Act*
Pada tahap tindakan, tindakan perbaikan akan dilakukan untuk menghilangkan anomali yang ditemukan untuk mencegah terulangnya anomali tersebut.

Alur dalam penelitian ini ditunjukkan pada sistematika penelitian Gambar II.2 dibawah ini.



Gambar. 2. Sistematika Penelitian

Fase awal pada penelitian ini peneliti melakukan studi literatur dan mengidentifikasi permasalahan yang ada pada literatur-literatur yang dibaca. Setelah itu, dilakukan penentuan rumusan masalah dan tujuan dilakukannya penelitian ini.

Pada fase pengumpulan, dilakukan penentuan objek penelitian yang sesuai dengan kriteria penelitian. Pada penelitian ini objek penelitian yang dipilih yaitu PT XYZ karena telah menerapkan manajemen jaringan dan

bergerak di bidang jaringan. Setelah itu, dilakukan perumusan pertanyaan wawancara berdasarkan 13 aktivitas MFAST dan melakukan wawancara, observasi, dan juga pengumpulan dokumen terkait manajemen kesalahan jaringan pada perusahaan. Setelah data didapatkan, maka data-data tersebut dikumpulkan untuk dilakukan analisa.

Pada fase analisa, dilakukan perumusan parameter PDCA yang diturunkan dari parameter MFAST. Lalu parameter ini digunakan untuk menilai PDCA manajemen kesalahan jaringan pada PT XYZ. Nilai PDCA yang telah didapatkan, dikalkulasikan dengan urgensi PDCA pada perusahaan, dan didapatkan nilai akhir masing-masing aktivitas MFAST. Fase hasil membuat simpulan dari penelitian dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan oleh Lubis pada tahun 2020 dengan judul *Network Fault Effectiveness and Implementation at Service Industry in Indonesia*, dilakukan penilaian pada beberapa perusahaan/organisasi terkait 13 aktivitas yang merujuk ke IETF RFC 6632 dan ITU-T M.3703 yang membantu pengembang sistem dan pengguna untuk memilih protokol manajemen kesalahan standar yang sesuai dan model data untuk memenuhi kebutuhan manajemen yang relevan [6]. 13 aktivitas manajemen kesalahan jaringan MFAST ditunjukkan pada Tabel I dibawah ini.

TABEL I
 AKTIVITAS MFAST [6]

| No | Aktivitas | Deskripsi | Implikasi |
|----|-------------------------------|--|--|
| 1 | <i>Fault Prediction</i> | Menentukan kemungkinan terjadinya kecacatan struktural pada perangkat dan sistem jaringan sebelum suatu kejadian terjadi melalui teknik atau metode tertentu | Tunjukkan langkah-langkah yang dapat diukur untuk mempercepat slip atau transient dalam perangkat dan sistem jaringan, serta mengantisipasi setiap kemungkinan skenario buruk yang mungkin terjadi |
| 2 | <i>Fault Detection</i> | Identifikasi gangguan yang tidak diizinkan pada fitur atau kemampuan untuk menjalankan fungsi standar di bawah kondisi operasi yang telah ditentukan | Deteksi dini kerusakan pada sistem atau perangkat dapat membantu menghindari kemungkinan progresi peristiwa yang tidak normal |
| 3 | <i>Fault Localization</i> | Menghasilkan daftar peringkat lokasi kode yang mencurigakan di mana program mungkin bermasalah | Fokuskan perhatian pada daftar yang mencurigakan seperti baris, pernyataan atau deklarasi daripada memperbaiki sistem jaringan |
| 4 | <i>Fault Diagnosis</i> | Menganalisis akar penyebab dengan mengidentifikasi sebab dan akibat kesalahan spesifik atau kombinasi kesalahan dalam kerangka sistem yang harus diatasi pada saat acara yang diharapkan terjadi | Mendukung proses reproduksi hasil yang akurat yang melacak perluasan peristiwa yang belum pernah terjadi yang menyebabkan kerusakan |
| 5 | <i>Fault Isolation</i> | Menelusuri kesalahan yang harus diisolasi ke proses lain untuk menyajikan kondisi yang jelas tentang apa yang terjadi dalam sistem jaringan saat ini | Menyarankan atau memisahkan kesalahan jaringan yang teridentifikasi dari proses kegiatan lainnya |
| 6 | <i>Fault Recovery</i> | Mengevaluasi efek dari kesalahan pada layanan dan melakukan restorasi secara otonom untuk meminimalkan degradasi atau gangguan | Inisialisasi sistem pada level yang berbeda melalui aktivasi perangkat lunak cadangan, pemuatan perangkat lunak alternatif, pengunduhan unit perangkat lunak, dan sebagainya |
| 7 | <i>Error Correction</i> | Merekonstruksi yang asli dengan mengubah ketidakakuratan yang disebabkan oleh kebisingan saluran dalam proses transmisi di dalam sistem jaringan | Mengaktifkan pengiriman data yang dapat diandalkan melalui saluran atau media yang tidak dapat diandalkan melalui pemeriksaan konsistensi dan integritas |
| 8 | <i>Event Correlation</i> | Membangun aplikasi reaktif untuk layanan notifikasi acara dan moderator alur kerja, yang memungkinkan pengguna untuk berlangganan pola acara terkonsolidasi | Menampilkan dimensi tambahan dalam pengelolaan data dan meningkatkan skalabilitas atau performa sistem terdistribusi |
| 9 | <i>Problem Resolution</i> | Berikan tindakan yang dapat diukur untuk menghindari, mencegah, mengantisipasi, dan memperbaiki masalah, baik dengan meminimalkan kesalahan atau mengoptimalkan prosedur dalam manajemen gangguan jaringan | Meningkatkan keberlanjutan layanan jaringan melalui proses pemecahan masalah sistematis dan prosedur penilaian |
| 10 | <i>Restoration of Service</i> | Monitor titik-titik kegagalan jaringan atau konfigurasi yang buruk untuk mengembalikan aktivitas dalam | Mencegah gangguan pada sistem jaringan yang dapat menurunkan performa aset dan fasilitas organisasi |

| | | | |
|----|----------------------------------|---|--|
| | | operasi jaringan normal, bahkan meningkatkan kualitas layanan jaringan | |
| 11 | <i>Alarm Acknowledgment</i> | Fungsi perawatan yang membantu operator dalam aktivitas manajemen sehari-harinya di jaringannya sebagai indikator dari masalah tertentu | Mengizinkan informasi yang sama untuk dikelola dalam hal tanggung jawab saat ini untuk penanganannya |
| 12 | <i>Clearing of alarms</i> | Akibat dari kesalahan yang sesuai perlu diperbaiki, yang tergantung pada prosedur yang terkait dengan ruang lingkungannya | Menghasilkan permintaan implisit untuk mengoptimalkan layanan pada ambang batas tertentu |
| 13 | <i>Examination of Error Logs</i> | Memfasilitasi rutinitas untuk memeriksa pesan yang dihasilkan dalam sistem jaringan yang menunjukkan status atau terjadinya peristiwa | Klarifikasi entitas yang memulai konten pesan |

Untuk melakukan penilaian pada 13 parameter pada Tabel I diatas, terdapat matriks skor yang ditunjukkan pada Tabel II dibawah ini.

TABEL II
PARAMETER MFAST [6]

| Parameter | Level |
|---|-------|
| Tidak ada tanda-tanda bahwa organisasi telah menerapkan manajemen kesalahan. | 0 |
| Tenaga kerja dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu. | 1 |
| Organisasi melakukan proses pemantauan terhadap beberapa aktivitas. | 2 |
| Menggunakan teknik standar yang diketahui dalam manajemen kesalahan. | 3 |
| Pengeksekusian dilakukan secara otomatis oleh agen dalam lingkungan jaringan. | 4 |
| Penilaian pengelolaan kesalahan telah dilaksanakan dalam periode tertentu | 5 |

Matriks skor pada Tabel II dapat digunakan untuk melakukan penilaian terhadap 13 parameter MFAST, dimana terdapat 6 level yang dimulai dari level 0 hingga level 5. Setiap levelnya menggambarkan tingkat kemampuan yang dicapai oleh suatu organisasi dalam menerapkan *fault management*. Berdasarkan parameter MFAST, diturunkan menjadi parameter dibawah ini untuk melakukan penilaian PDCA pada setiap aktivitas.

TABEL III
PARAMETER PDCA

| Siklus | Parameter | Level |
|--------------|---|-------|
| <i>Plan</i> | Tidak ada perencanaan yang jelas atau tidak ada tanda-tanda perencanaan | 0 |
| | Perencanaan dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu | 1 |
| | Organisasi hanya melakukan proses perencanaan terhadap beberapa aktivitas tertentu | 2 |
| | Melakukan aktivitas berdasarkan dokumentasi aktivitas yang general | 3 |
| | Melakukan aktivitas berdasarkan dokumentasi aktivitas yang spesifik | 4 |
| <i>Do</i> | Organisasi melakukan aktivitas secara teratur berdasarkan dokumentasi spesifik yang ada | 5 |
| | Tidak ada tanda-tanda implementasi atau tidak ada kegiatan yang dilakukan | 0 |
| | Implementasi dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu | 1 |
| | Beberapa aktivitas implementasi termonitoring | 2 |
| | Menggunakan teknik standar yang diketahui dalam implementasi | 3 |
| <i>Check</i> | Implementasi dilakukan secara otomatis oleh sistem dalam lingkungan jaringan | 4 |
| | Penilaian dan perbaikan implementasi dilakukan secara teratur dan terdokumentasi | 5 |
| | Tidak ada tanda-tanda evaluasi yang dilakukan | 0 |
| | Evaluasi dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu | 1 |
| | Organisasi melakukan proses evaluasi terhadap beberapa aktivitas | 2 |
| | Menggunakan teknik evaluasi standar yang diketahui | 3 |
| | Evaluasi dilakukan secara otomatis dalam lingkungan jaringan | 4 |
| | Evaluasi dilakukan secara teratur dan terdokumentasi | 5 |
| | Tidak ada tindakan perbaikan yang dilakukan | 0 |

| | | |
|------------|--|---|
| | Tindakan perbaikan dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu | 1 |
| | Beberapa tindakan perbaikan dilakukan secara terbatas | 2 |
| <i>Act</i> | Menggunakan teknik perbaikan standar yang diketahui | 3 |
| | Tindakan perbaikan dilakukan secara otomatis oleh sistem dalam lingkungan jaringan | 4 |
| | Tindakan perbaikan dilakukan secara teratur dan terdokumentasi dengan rencana tindak lanjut yang jelas | 5 |

Tabel III merupakan matriks skor yang digunakan untuk melakukan penilaian terhadap PDCA pada setiap aktivitas, dimana terdapat 6 level yang dimulai dari level 0 hingga level 5. Berikut penjelasan dari tabel diatas :

- Siklus *Plan*
 - Level 0 (Tidak ada perencanaan yang jelas atau tidak ada tanda-tanda perencanaan)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan tidak memiliki perencanaan terhadap suatu aktivitas.
 - Level 1 (Perencanaan dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu)
Pada level ini, organisasi/perusahaan memiliki perencanaan untuk melakukan suatu aktivitas tetapi masih secara manual berdasarkan instruksi tertentu.
 - Level 2 (Organisasi hanya melakukan proses perencanaan terhadap beberapa aktivitas tertentu)
Pada level ini, organisasi/perusahaan sudah memiliki perencanaan yang baik untuk melakukan suatu aktivitas, tetapi hanya beberapa aktivitas tertentu saja.
 - Level 3 (Melakukan aktivitas berdasarkan dokumentasi aktivitas yang *general*)
Pada level ini, organisasi/perusahaan memiliki perencanaan yang baik untuk melakukan suatu aktivitas, tetapi dokumentasi masih secara *general* (belum spesifik).
 - Level 4 (Melakukan aktivitas berdasarkan dokumentasi aktivitas yang spesifik)
Pada level ini, organisasi/perusahaan memiliki perencanaan yang baik untuk melakukan suatu aktivitas dan dokumentasi sudah spesifik membahas satu aktivitas.
 - Level 5 (Organisasi melakukan aktivitas secara teratur berdasarkan dokumentasi spesifik yang ada)
Pada level ini, organisasi/perusahaan memiliki perencanaan yang baik untuk melakukan suatu aktivitas dan dokumentasi sudah spesifik membahas satu aktivitas dan dilakukan secara rutin dan berkala.
- Siklus *Do*
 - Level 0 (Tidak ada tanda-tanda implementasi atau tidak ada kegiatan yang dilakukan)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan tidak memiliki aktivitas apapun.
 - Level 1 (Implementasi dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara manual hanya berdasarkan instruksi saja.
 - Level 2 (Beberapa aktivitas implementasi termonitoring)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitas yang terpantau.
 - Level 3 (Menggunakan teknik standar yang diketahui dalam implementasi)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya sesuai dengan berdasarkan dokumentasi.
 - Level 4 (Implementasi dilakukan secara otomatis oleh sistem dalam lingkungan jaringan)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara otomatis.
 - Level 5 (Implementasi dilakukan secara teratur dan terdokumentasi)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan penerapan terhadap pelaksanaan aktivitasnya secara rutin.
- Siklus *Check*
 - Level 0 (Tidak ada tanda-tanda evaluasi yang dilakukan)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan tidak memiliki aktivitas apapun.
 - Level 1 (Evaluasi dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara manual hanya berdasarkan instruksi saja.
 - Level 2 (Organisasi melakukan proses evaluasi terhadap beberapa aktivitas)
Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan hanya melakukan beberapa aktivitas.
 - Level 3 (Menggunakan teknik evaluasi standar yang diketahui)

Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya berdasarkan dokumentasi.

- Level 4 (Evaluasi dilakukan secara otomatis oleh sistem dalam lingkungan jaringan)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara otomatis.
- Level 5 (Evaluasi dilakukan secara teratur dan terdokumentasi)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan evaluasi terhadap pelaksanaan aktivitasnya secara rutin.

- Siklus *Act*

- Level 0 (Tidak ada tindakan perbaikan yang dilakukan)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan tidak memiliki aktivitas apapun.
- Level 1 (Tindakan perbaikan dilakukan secara manual berdasarkan instruksi tertentu)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara manual hanya berdasarkan instruksi saja.
- Level 2 (Beberapa tindakan perbaikan dilakukan secara terbatas)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan hanya melakukan beberapa aktivitas.
- Level 3 (Menggunakan teknik perbaikan standar yang diketahui)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya berdasarkan dokumentasi
- Level 4 (Tindakan perbaikan dilakukan secara otomatis oleh sistem dalam lingkungan jaringan)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan aktivitasnya secara otomatis
- Level 5 (Tindakan perbaikan dilakukan secara teratur dan terdokumentasi dengan rencana tindak lanjut yang jelas)
 Pada level ini, menunjukkan bahwa organisasi/perusahaan melakukan perbaikan terhadap pelaksanaan aktivitasnya secara rutin.

Setelah melakukan pengumpulan data terkait *network fault management* di PT XYZ, lalu dilakukan penilaian PDCA dengan menggunakan parameter turunan dari MFAST. Penggunaan parameter turunan dari MFAST dapat membantu memastikan bahwa setiap tahap dalam PDCA dievaluasi dengan baik. Hasil penilaian yang telah dilakukan terhadap PT XYZ ditunjukkan pada Tabel IV dibawah ini.

TABEL IV
 HASIL PENILAIAN PDCA

| No | Aktivitas | P | D | C | A |
|----|----------------------------------|---|---|---|---|
| 1 | <i>Fault Prediction</i> | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 2 | <i>Fault Detection</i> | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 3 | <i>Fault Localization</i> | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 4 | <i>Fault Diagnosis</i> | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 5 | <i>Fault Isolation</i> | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 6 | <i>Fault Recovery</i> | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 7 | <i>Error Correction</i> | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 8 | <i>Event Correlation</i> | 4 | 3 | 4 | 2 |
| 9 | <i>Problem Resolution</i> | 5 | 3 | 2 | 4 |
| 10 | <i>Restoration of Service</i> | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | <i>Alarm Acknowledgement</i> | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 12 | <i>Clearing of Alarms</i> | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 13 | <i>Examination of Error Logs</i> | 4 | 3 | 5 | 3 |

Selanjutnya, dilakukan penilaian akhir pada setiap aktivitas-nya. Penilaian akhir dihitung dan dikalkulasikan antara nilai yang didapat menggunakan parameter turunan dari MFAST dan urgensi PDCA pada perusahaan. Urgensi PDCA pada PT XYZ memiliki persentase *Plan* sebesar 30%, *Do* 20%, *Check* 20%, dan *Act* 30%. Berdasarkan pembagian persentase diatas, berikut rumus perhitungan untuk menentukan nilai aktivitas-nya.

$$\text{Nilai Aktivitas} = (\text{Nilai Plan} \times 30\%) + (\text{Nilai Do} \times 20\%) + (\text{Nilai Check} \times 20\%) + (\text{Nilai Act} \times 30\%)$$

Setelah nilai PDCA dikalkulasikan dengan urgensi perusahaan, didapatkan nilai akhir aktivitas MFAST yang ditunjukkan pada Tabel V dibawah ini.

TABEL V
 NILAI AKTIVITAS MFAST

| No | Parameter | Level |
|----|----------------------------------|-------|
| 1 | <i>Fault Prediction</i> | 4 |
| 2 | <i>Fault Detection</i> | 4 |
| 3 | <i>Fault Localization</i> | 4 |
| 4 | <i>Fault Diagnosis</i> | 4 |
| 5 | <i>Fault Isolation</i> | 3 |
| 6 | <i>Fault Recovery</i> | 3 |
| 7 | <i>Error Correction</i> | 5 |
| 8 | <i>Event Correlation</i> | 3 |
| 9 | <i>Problem Resolution</i> | 4 |
| 10 | <i>Restoration of Service</i> | 4 |
| 11 | <i>Alarm Acknowledgement</i> | 5 |
| 12 | <i>Clearing of Alarms</i> | 4 |
| 13 | <i>Examination of Error Logs</i> | 4 |

Hasil penilaian pada Tabel V diatas didapatkan berdasarkan parameter turunan dari MFAST yang digunakan untuk menilai keseluruhan proses *Network Fault Management*. Penilaian ini mempertimbangkan persentase urgensi pada setiap tahap PDCA pada perusahaan, yaitu 30% untuk tahap *Plan*, 20% untuk tahap *Do*, 20% untuk tahap *Check*, dan 30% untuk tahap *Act*. Setelah menghitung nilai PDCA dengan menggunakan persentase urgensi tersebut, nilai aktivitas diperoleh sebagai hasil penilaian *Network Fault Management* berdasarkan parameter MFAST.

Berdasarkan tabel III.5, dapat diketahui bahwa PT XYZ telah menerapkan manajemen kesalahan jaringan dengan baik dalam beberapa aspek, terutama pada aktivitas seperti *Fault Prediction*, *Fault Detection*, *Fault Localization*, *Fault Diagnosis*, *Problem Resolution*, *Restoration of Service*, *Clearing of Alarms*, dan *Examination of Error Logs*, dimana nilai-nilai berada di tingkat 4. Namun, meskipun telah mencapai tingkat yang baik, manajemen kesalahan dapat ditingkatkan lagi agar dapat mencapai nilai 5 dengan cara melakukan aktivitasnya secara periodik atau teratur. Dengan demikian, perusahaan dapat memastikan bahwa sistem manajemen kesalahannya tetap efisien, relevan, dan sesuai dengan perkembangan teknologi terbaru serta kebutuhan bisnis yang berkembang. Selain itu, terdapat dua aktivitas yang mendapatkan nilai 5, seperti *Error Correction* dan *Alarm Acknowledgement*. Ini menunjukkan bahwa prosedur dan kebijakan kedua aktivitas tersebut telah diterapkan dengan baik.

Namun, masih terdapat beberapa aktivitas yang perlu diperbaiki dan ditingkatkan dalam manajemen kesalahan. Seperti *Fault Isolation*, *Fault Recovery*, dan *Event Correlation* yang memiliki nilai 3. Aktivitas tersebut dapat ditingkatkan untuk menjadi lebih baik lagi dengan menggunakan prosedur yang spesifik, menerapkan otomasi, dan juga melakukan aktivitas secara teratur. Dengan mengadopsi prosedur yang lebih terstruktur dan spesifik, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam manajemen kesalahan. Selain itu, melakukan aktivitas secara teratur juga akan membantu perusahaan untuk terus memantau perkembangan dan melakukan perbaikan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan yang muncul dari waktu ke waktu. Dengan demikian, perusahaan akan dapat mencapai tingkat 5 dalam aspek-aspek tersebut dan mencapai tingkat keseluruhan nilai manajemen kesalahan yang lebih tinggi.

IV. SIMPULAN

Penilaian terhadap aktivitas manajemen kesalahan jaringan dilakukan dengan menggunakan parameter turunan dari MFAST dan dilakukan pengujian terhadap PT XYZ. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa perusahaan telah menerapkan manajemen kesalahan dengan baik pada beberapa aspek, mencapai nilai 4 untuk *Fault Prediction*, *Fault Detection*, *Fault Localization*, *Fault Diagnosis*, *Problem Resolution*, *Restoration of Service*, *Clearing of Alarms*, dan *Examination of Error Logs*. Meskipun sudah baik, peningkatan dapat dicapai dengan melakukan aktivitas secara teratur guna menjaga efisiensi dan relevansi sistem. Terdapat dua aktivitas yang

telah mendapatkan nilai 5, seperti *Error Correction* dan *Alarm Acknowledgement*, menunjukkan bahwa prosedur dan kebijakan kedua aktivitas tersebut telah diterapkan dengan baik. Aktivitas yang mendapatkan nilai 3, seperti *Fault Isolation*, *Fault Recovery*, dan *Event Correlation* dapat ditingkatkan untuk menjadi lebih baik lagi dengan menggunakan prosedur yang spesifik dan otomatis, serta melakukan aktivitas secara teratur untuk mencapai tingkat keseluruhan manajemen jaringan yang lebih tinggi. Nilai-nilai tersebut didapatkan dari kalkulasi antara nilai PDCA penerapan pada perusahaan dan urgensi dari PDCA diperusahaan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melakukan perancangan perbaikan terhadap aktivitas-aktivitas dengan nilai kurang atau rendah. Perancangan perbaikan dapat berupa solusi dari kelemahan atau kekurangan-kekurangan pada suatu aktivitas dengan mengacu kepada parameter MFAST.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Sholikatin and N. R. Rosyid, "Implementasi Fault Management (Manajemen Kesalahan) Pada Network Management System (NMS) Berbasis SNMP," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 354–364, 2017, doi: 10.28932/jutisi.v3i2.637.
- [2] M. J. N. Yudianto, "Jaringan Komputer dan Pengertiannya," *Ilmukomputer.Com*, vol. Vol.1, pp. 1–10, 2014.
- [3] U. Hodeghatta Rao, "Challenges of Implementing Network Management Solution," *Int. J. Distrib. Parallel Syst.*, vol. 2, no. 5, pp. 67–76, 2011, doi: 10.5121/ijdps.2011.2506.
- [4] I. R. Sidiq and R. R. Saeduddin, "Perancangan Manajemen Gangguan Jaringan Dengan Fault-Management, Configuration, Accounting, Performance, and Security (FCAPS) Framework di Pemerintah Kabupaten Bandung," 2017.
- [5] M. Yu, H. Mokhtar, and M. Merabti, "Fault Management in Wireless Sensor Networks," *System*, no. December, pp. 13–19, 2007.
- [6] F. Lubis and M. Lubis, "Network Fault Effectiveness and Implementation at Service Industry in Indonesia," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1566, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1566/1/012080.
- [7] S. Isniah, H. Hardi Purba, and F. Debora, "Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 72–81, 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i1.2186.
- [8] M. Firmansyah, I. Darwan, and U. Yunan Kurnia, "Analisis Dan Perancangan Sistem Pemantauan Kinerja Perangkat Jaringan Menggunakan Sntp Dengan Metode Plan Do Check Act (Pdca) Di Pt Len Industri (Persero) Analysis And Design Of Performance Monitoring System Using Sntp With Method Plan Do Check Act (," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 7162–7170, 2018, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/7621%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/7621/7508>
- [9] Y. Irawan and A. Baraja, "Analisis Dan Perancangan Jaringan Komputer Sekolah Dasar Islam Sains Dan Teknologi Ibnu Qoyyim Surakarta," *Ijns*, vol. 1, no. November, pp. 2302–5700, 2012.
- [10] R. Powers Tenggario and J. Lukas, "Manajemen Jaringan Wireless Menggunakan Server Radius," *J. Tek. Komput.*, vol. 19, no. 1, pp. 80–87, 2011.
- [11] Susanto, "MANAJEMEN JARINGAN KOMPUTER (Network computer Management)," *J. Transform.*, vol. 6, no. 2, pp. 66–77, 2009.
- [12] P. Goyal, R. Mikkilineni, and M. Ganti, "FCAPS in the business services fabric model," *Proc. Work. Enabling Technol. Infrastruct. Collab. Enterp. WETICE*, pp. 45–51, 2009, doi: 10.1109/WETICE.2009.21.
- [13] B. S. E. Isworo and P. W. Purnawan, "Managed Service Network Management System (Nms) Berdasarkan Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security (Fcaps) Management," *Arsitron*, vol. 9, no. 1, pp. 36–42, 2019, [Online]. Available: <http://journal.budiluhur.ac.id/index.php/arsitron/article/view/828/645>
- [14] B. Raouf and A. Polyrakis, "Projecting FCAPS to Active Networks," pp. 97–104, 2001.
- [15] L. B. Ruiz, I. G. Siqueira, L. B. e Oliveira, H. C. Wong, J. M. S. Nogueira, and A. A. F. Loureiro, "Fault Management in Event-Driven Wireless Sensor Networks," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. fault, pp. 149–156, 2007, doi: 10.1109/MWC.2007.4407222.
- [16] J. S. Baras, M. Ball, S. Gupta, P. Viswanathan, and P. Shah, "Automated Network Fault Management," pp. 1244–1250, 1997.
- [17] E. P. Duarte and A. L. Dos Santos, "Network Fault Management Based on SNMP Agent Groups," *Proc. - 21st Int. Conf. Distrib. Comput. Syst. Work.*, pp. 51–56, 2001, doi: 10.1109/CDCS.2001.918686.
- [18] J. K. Beshah B, "The Plan-Do-Check-Act Cycle of Value Addition," *Ind. Eng. Manag.*, vol. 03, no. 01, pp. 1–5, 2014, doi: 10.4172/2169-0316.1000124.
- [19] P. Pratik and D. Vivek, "Application Of Plan-Do-Check-Act Cycle For Quality And Productivity Improvement," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, no. January, 2017, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/318743952_Application_Of_Plan-Do-Check-Act_Cycle_For_Quality_And_Productivity_Improvement-A_Review
- [20] M. M. M. Jagtap and S. N. Teli, "PDCA Cycle As TQM Tool-Continuous Improvement of Warranty," *Ijrmee*, vol. 2, no. 4, pp. 1–5, 2015, [Online]. Available: <http://www.ijrmee.org/download/1429341448.pdf>
- [21] C. W. Huan and N. B. Mohamad Nasri, "Teacher Teaching Practices Based on the PDCA Model: A Systematic Literature Review," *Int. J. Acad. Res. Progress. Educ. Dev.*, vol. 11, no. 3, pp. 542–553, 2022, doi: 10.6007/ijarped/v11-i3/14126.