

## Transformasi Digital Pembangkit Listrik di Indonesia: Kajian dari Sisi Teknologi dan SDM

P. Paryanto<sup>a,\*</sup>, Harry Indrawan<sup>b</sup>, Nur Cahyo<sup>b</sup>, Siti Aisyah<sup>b</sup>, A.A. Simaremare<sup>b</sup>, Agus Suprihanto<sup>a</sup>, Sulardjaka<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH. Tembalang Semarang 50275, Indonesia

<sup>b</sup>PT. PLN (Persero) Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan  
Jl. Duren Tiga 102, Jakarta Selatan, 12760, Indonesia

\*E-mail: paryanto@ft.undip.ac.id

### Abstract

In 2021, several power plants in Indonesia have been started a digital transformation to increase efficiency and reduce operating costs. Therefore, in order to accelerate and ensure the sustainability of the transformation, it is necessary to analyze the readiness of human capital and its technology/systems. In this research, methods that are used are: survey, discussion, and verification of several power plants in Indonesia regarding their readiness and conditions. The result of the study shows that its need to increase digital competencies and open mindset of existing employees at the power plant, both at operator and management level. The digital transformation of Indonesian power plants requires an upskilling program for the employee, which is needed to create appropriate digital innovation and accelerate the digitization project. Otherwise, in terms of technology, it needs to increase cybersecurity, useability, and interoperability of the digital technologies. Although cybersecurity in power plants is sufficient, it needs to standardize the OT/IT connection.

**Keywords:** Power plant 4.0, digitalization, industri 4.0, human capital readiness, technology.

### Abstrak

Di tahun 2021, beberapa pembangkit listrik di Indonesia sudah mulai melakukan program digitalisasi, dalam tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya operasional. Oleh karena itu untuk mengakselerasi dan menjamin keberlanjutan program yang ada, maka perlu dilakukan analisis dari sisi kesiapan SDM dan teknologi yang digunakan. Metode penelitian yang dilakukan meliputi: survei, diskusi, dan verifikasi langsung beberapa pembangkit listrik di Indonesia. Dari hasil kajian yang telah dilakukan diketahui bahwa dari sisi SDM masih perlu ditingkatkan lagi terkait dengan kompetensi digital dan *open mindset* karyawan, baik di level operator maupun manajemen. Dengan adanya transformasi digital pembangkit, diperlukan program *upskilling* SDM. Hal ini sangat penting untuk menciptakan inovasi dalam digitalisasi pembangkit yang tepat guna, sekaligus dapat mengakselerasi program digitalisasi yang sudah ada. Sedangkan dari sisi teknologi perlu ada peningkatan dalam hal keamanan siber, tingkat *useability*, dan *interopeability* dari teknologi digital yang digunakan. Walaupun keamanan siber secara umum sudah baik, akan tetapi perlu dilakukan perbaikan dalam hal standarisasi protokol komunikasi sistem IT/OT yang digunakan.

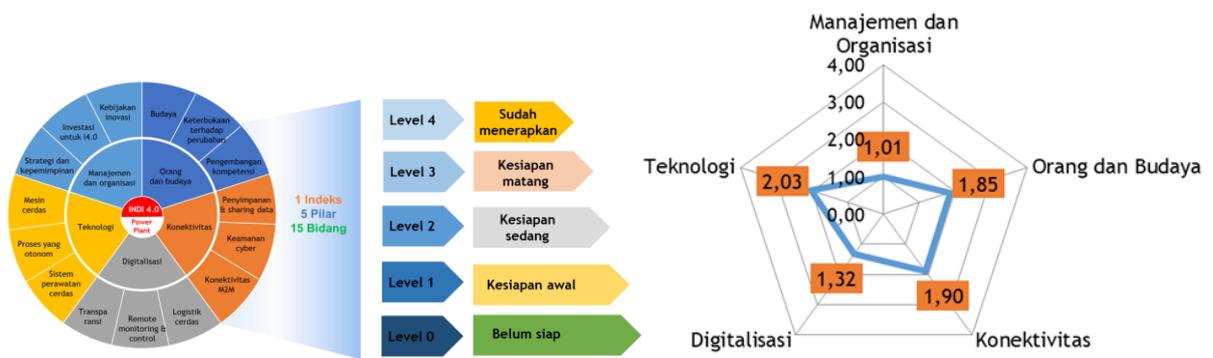
**Kata kunci:** Pembangkit listrik, digitalisasi, industri 4.0, SDM, teknologi.

## 1. Pendahuluan

Aplikasi Industri 4.0 sangat beragam, dari industri manufaktur sampai dengan industri pembangkit listrik. Pada industri pembangkit listrik, aplikasi Industri 4.0 inilah yang disebut dengan *Power plant 4.0* [1-2]. Sampai tahun 2021, penerapan *Power plant 4.0* di dunia sudah mulai dilakukan akan tetapi belum banyak studi yang dilakukan. Hal ini karena teknologi pendukung Industri 4.0 masih tergolong baru dan belum banyak pelaku industri pembangkitan listrik yang mengenal implementasi Industri 4.0 secara masif. Di Indonesia sendiri implementasi *Power plant 4.0* belum banyak dilakukan. Sebagai contoh aplikasi *predictive maintenance* yang merupakan salah satu aplikasi dari teknologi Industri 4.0 baru diterapkan di beberapa unit pembangkit. Akan tetapi efektivitas penggunaan teknologi tersebut belum bisa dievaluasi dengan baik. Kajian ilmiah untuk menuju ke *Power plant 4.0* belum dilakukan oleh kebanyakan perusahaan pembangkit di Indonesia. Oleh sebab itu diperlukannya kajian ilmiah untuk memetakan kesiapan dan efektivitas implementasi industri 4.0 di Indonesia secara komprehensif.

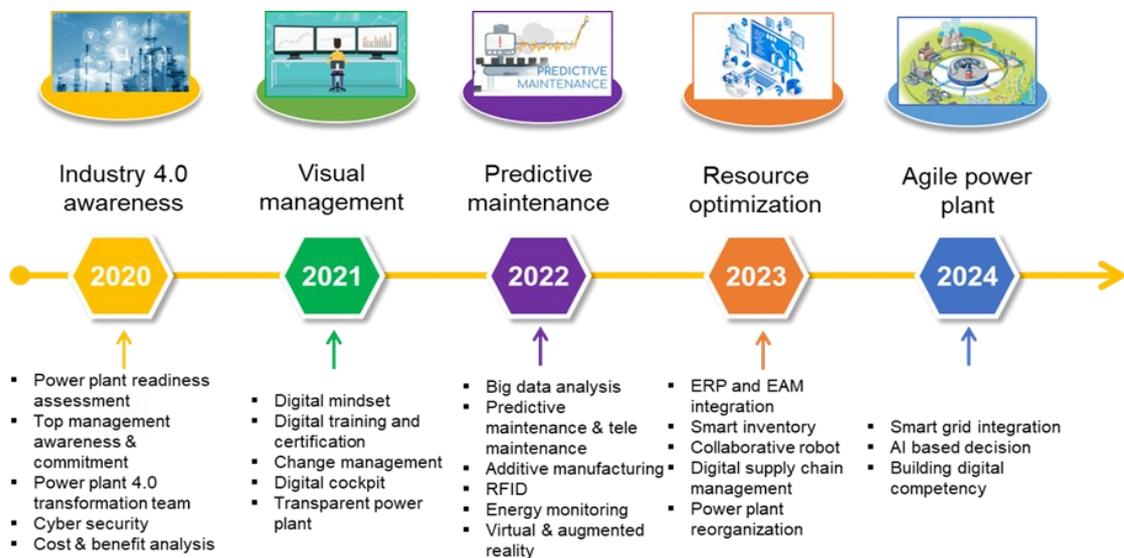
Transformasi digital menuju industri 4.0 ini menjadi sangat penting untuk menjamin agar pembangkit dapat beroperasi dengan efektif dan efisien dalam kondisi dan situasi apa pun, seperti pada saat pandemi COVID-19 [3]. Pada tahun 2019, telah dilakukan penelitian tentang studi kesiapan pembangkit listrik PLN menuju industri 4.0 dan digitalisasi pembangkit oleh *PLN research institute* [4]. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengevaluasi kesiapan pembangkit listrik di bawah PLN dalam bertransformasi menuju *Power plant 4.0* serta menentukan *roadmap* transformasi PLN unit pembangkitan menuju Industri 4.0 dan digitalisasi pembangkit.

Dari hasil penelitian telah dirumuskan indeks kesiapan pembangkit listrik untuk menuju Industri 4.0, indeks tersebut diberi nama: *INDI 4.0-Power plant (Indonesia Industri 4.0 Readiness Index - Power Plant)* [5]. Dengan indeks ini secara cepat dan akurat dapat digunakan untuk mengukur kesiapan pembangkit listrik di Indonesia untuk menerapkan teknologi Industri 4.0. Dalam indeks ini, pilar yang diukur adalah: Manajemen dan organisasi, orang dan budaya, konektivitas, digitalisasi, dan teknologi. Dari asesmen berdasarkan *INDI 4.0 - Power plant* yang dilakukan di tahun 2019 untuk dua contoh PLTU diperoleh bahwa kesiapan pembangkit listrik PLN untuk bertransformasi menuju Industri 4.0 berada pada tahap kesiapan sedang. Adapun yang paling lemah adalah pada pilar “manajemen dan organisasi” sedangkan yang paling siap adalah pilar “teknologi” (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Hasil *INDI 4.0 – Power plant* [4].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya juga dapat ditarik sebuah saran bahwa proses transformasi ke *Power plant 4.0* memerlukan komitmen dari pihak senior manajemen dan kesiapan SDM [5]. Berdasarkan hasil asesmen kesiapan dan KPIs pembangkit, maka telah dibuat juga *roadmap* transformasi pembangkit listrik PLN untuk menerapkan *Power plant 4.0* untuk lima tahun ke depan (lihat Gambar 2). Diharapkan pada setiap tahapan mulai tahun 2021 sudah ada prototipe teknologi *power plant 4.0* yang bisa dikembangkan oleh PLN sehingga menjadi role model bagi semua pembangkit di Indonesia. Sehingga tahun 2024 PLN memiliki *digital competency* yang mampu membuat solusi untuk teknologi digital di PLN.

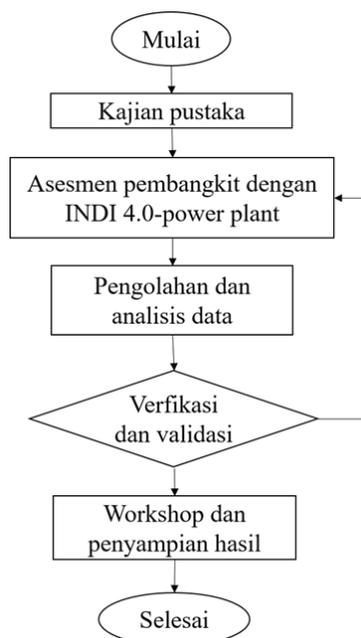


Gambar 2. *Roadmap* transformasi digital pembangkit [4].

Sebagai tindak lanjut dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka di tahun 2020 dan 2021 dilakukan penelitian untuk menganalisis dampak transformasi digital pembangkit listrik dari sisi SDM dan teknologi. Dengan tujuan untuk mendapatkan suatu metode untuk membuat SDM pembangkit terutama di level operator dan manajemen untuk menjalankan program transformasi digital perusahaan dengan penuh komitmen dan berkelanjutan, dan adanya rekomendasi konsep ideal tim transformasi digital di pembangkit, serta adanya perencanaan terkait teknologi di pembangkit dalam rangka implementasi *Power plant 4.0*.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil subjek beberapa unit pembangkit di bawah PT. PLN (Persero) baik yang ada di Jawa, Sumatera dan Kalimantan terutama sekali untuk unit pembangkit PLTU. Penelitian dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, mulai dari survei, diskusi dan wawancara, serta pengamatan langsung proyek transformasi digital yang telah dilakukan. Di samping itu juga dilakukan *benchmarking* ke pembangkit-pembangkit dan perusahaan pembangkitan listrik yang sudah melakukan program transformasi digital. Metode pengumpulan data dan tahapan dalam penelitian ini meliputi:



- Kajian pustaka terkait studi kesiapan unit pembangkit listrik ke arah *Power plant 4.0*, baik dari buku, jurnal dan spesifikasi mesin-mesin untuk pembangkit.
- Assesmen kondisi pembangkit untuk mengetahui kondisi pembangkit berdasarkan kriteria *INDI 4.0-Power plant*. Hal ini sekaligus untuk menumbuhkan awareness ke karyawan yang bekerja di pembangkit terkait kriteria Industri 4.0.
- Wawancara dengan manajer operasi pembangkit, operator dan engineer yang bekerja di unit pembangkit yang dipilih. Tujuannya untuk mengetahui kondisi real operasi pembangkit beserta tantangan dan masalahnya.
- Melakukan analisis data yang diperoleh dan juga melakukan *benchmarking* ke pembangkit-pembangkit yang sudah lebih dulu melakukan inisiasi digitalisasi.
- Melakukan verifikasi dan validasi terhadap hasil dari pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dengan melakukan FGD dan diskusi dengan *stake holder* terkait, yang meliputi: bagian Pusdiklat perusahaan, bagian IT perusahaan dan bagian HR.
- Penyampaian hasil dan rekomendasi kepada *stake holder* terkait.

Gambar 1. Diagram alir penelitian.

## 3. Hasil dan Diskusi

Dari studi survei literatur dan survei yang telah dilakukan di beberapa unit pembangkit listrik di Indonesia, tantangan implementasi Industri 4.0 di Indonesia adalah pada sektor orang, budaya dan dari segi organisasi [6-7]. Oleh sebab itu diperlukan teknologi Industri 4.0 yang benar-benar sesuai dengan kondisi pembangkit dan kondisi budaya orang di Indonesia serta sesuai dengan sistem organisasi dan manajemen di pembangkit. Seperti pemilihan teknologi industri 4.0 di pembangkit harus sesuai dengan kebutuhan dan sistem pengadaan yang ada di perusahaan.

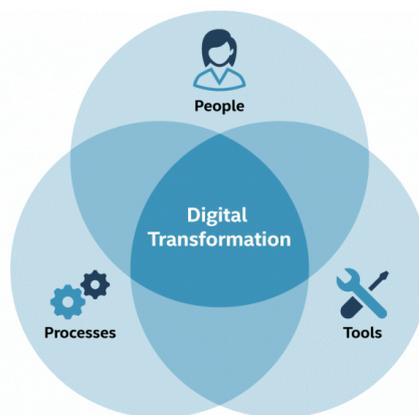
Studi literatur dan survei lapangan yang telah dilakukan di tahun 2019 dan 2020 juga ditemukan bahwa, implementasi teknologi terbaru di pembangkit listrik juga harus mempertimbangkan beberapa hal, seperti:

- Program implementasi *power plant 4.0* harus sesuai dengan *roadmap* dan kebijakan dari *top management* perusahaan.
- Implementasi teknologi *power plant 4.0* dilakukan dengan mempertimbangkan dalam hal kemudahan implementasi dan besarnya dampak yang dihasilkan.

- Implementasi teknologi konektivitas, yang merupakan inti dari Industri 4.0 harus memperhatikan keamanan siber, khususnya terkait data operasi mesin dan pembangkit secara keseluruhan.
- Implementasi industri 4.0 secara langsung akan memerlukan SDM yang kompeten, bisa mengikuti dan mau untuk berubah sesuai dengan kondisi sistem kerja yang baru. Sehingga diperlukan penyesuaian keterampilan karyawan dan organisasi pada sistem pembangkit.
- Implementasi teknologi baru harus dapat diimplementasikan tanpa mengganggu sistem operasi yang sudah ada. Hal ini karena jika ada masalah yang berujung pada *unplanned shut down* akan berdampak pada pengurangan pendapatan pembangkit secara signifikan.

### 3.1 Hasil Kajian dari sisi SDM

Transformasi ke industri 4.0 bukanlah hanya sebuah transformasi teknologi, akan tetapi yang paling penting adalah adanya transformasi SDM. Penyiapan SDM dalam transformasi digital sama pentingnya dengan penyiapan infrastruktur pembangkit listrik. Hampir semua ahli sepakat jika kunci dari transformasi digital bukanlah tentang teknologi, tetapi lebih banyak tentang manusia. Perusahaan dengan modal yang cukup seperti operator pembangkit hampir mampu membeli teknologi industri 4.0. Akan tetapi kemampuan perusahaan untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi digital berikutnya bergantung pada pengembangan keterampilan SDM. Sehingga program transformasi SDM dan penyiapan talenta-talenta digital sangat diperlukan untuk menjamin keberlangsungan dari sebuah program transformasi menuju industri 4.0. Hal ini karena perkembangan teknologi industri 4.0 sangat cepat sehingga harus diimbangi dengan kemampuan dan budaya SDM yang mumpuni. Setidaknya sebuah transformasi harus didukung oleh tiga elemen, yaitu: *people*/SDM, *tools*/teknologi, dan proses (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Elemen kunci sebuah transformasi digital [8].

Berdasarkan hasil analisis untuk transformasi *people*/SDM sangat dipengaruhi oleh:

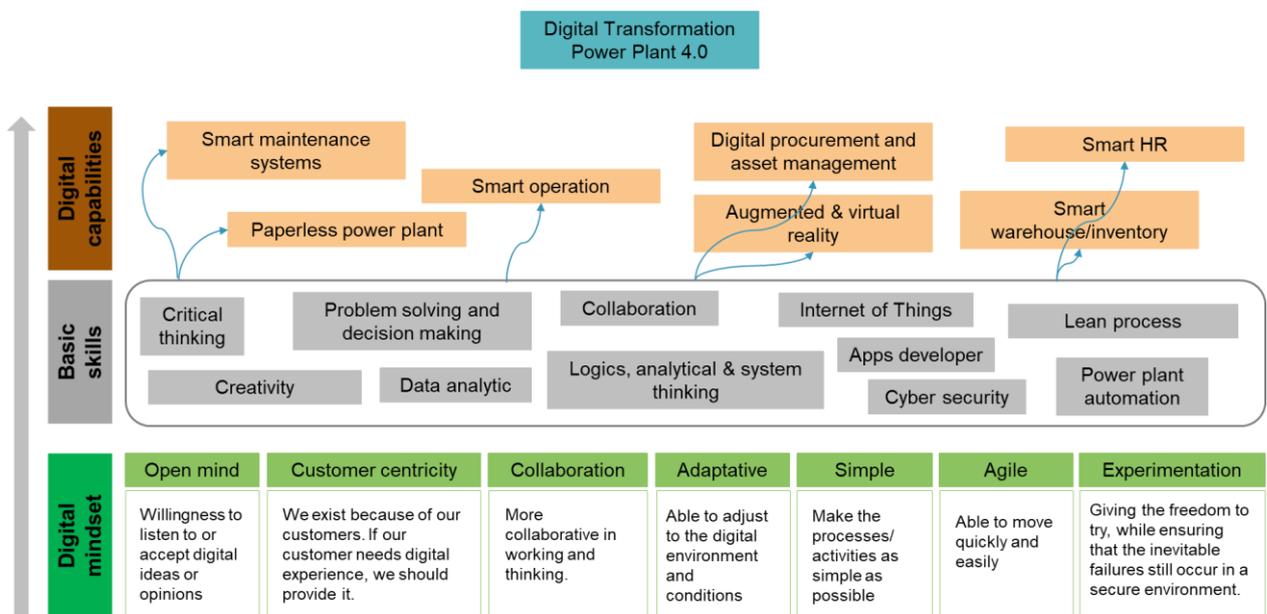
- *Mindset*: Bagaimana *mindset* dari SDM yang dimiliki terkait dengan perubahan ke arah digital. SDM yang memiliki *open mindset* akan relatif lebih mudah untuk menjalankan program transformasi digital sebuah pembangkit listrik. Cara paling mudah untuk meningkatkan digital *mindset* dari SDM pembangkit adalah dengan memberikan *personal value* (keuntungan secara personal) dari sebuah implementasi digital kepada masing-masing orang. Keuntungan ini bisa dalam bentuk mempermudah pekerjaannya, memuat lebih produktif, meningkatkan gengsi dari pekerjaan yang dilakukan, dll.
- *Digital skill*: Secara langsung *digital skill* sangat berpengaruh terhadap keberhasilan sebuah program transformasi pembangkit. Kemampuan SDM dalam membuat inovasi, menjalankan program transformasi digital, dan menggunakan solusi digital yang ada di pembangkit listrik sangat berkaitan erat dengan keberlangsungan dan efektivitas program transformasi. Metode paling mudah untuk meningkatkan *digital skill* SDM dari SDM pembangkit adalah dengan melakukan pelatihan dalam rangka untuk meningkatkan *upskilling* dan *reskilling* yang dimiliki oleh SDM yang ada di pembangkit. *Skill* yang harus dimiliki di level manajemen adalah terkait dengan *agile management*, *digital project development and evaluation*, dan *critical thinking*. Sedangkan untuk level staf *skill* yang diperlukan adalah: *data analytics*, *web programming*, sistem atomasi & kontrol, dan *apps developer*, dan *cyber security*.
- *Culture of collaboration*: *Team work* merupakan kata kunci dari sebuah kesuksesan dari program transformasi digital sebuah pembangkit. Hal ini dalam implementasi teknologi industri 4.0 dituntut adanya kolaborasi antar departemen maupun antar bagian. Sebagai contoh aplikasi *predictive maintenance* berdasarkan AI akan

membutuhkan kerja sama antara departemen *maintenance* dan *engineering* serta departemen pengadaan. Begitu juga aplikasi-aplikasi teknologi yang lain.

### 3.2 Analisis dan Rekomendasi Transformasi Digital di SDM Pembangkit Listrik

Secara langsung maupun tidak langsung transformasi digital akan memberikan dampak ke SDM yang ada di sektor pembangkit listrik. Dampak langsungnya adalah SDM di sektor pembangkit dituntut untuk melakukan *reskilling* dan *upskilling* untuk menyesuaikan perkembangan teknologi industri 4.0. Sedangkan dampak tidak langsungnya adalah adanya penerapan industri 4.0 akan mengubah pola kerja serta penyesuaian bentuk organisasi yang ada di pembangkit listrik. Sebagai contoh penerapan *predictive analytic systems* untuk melihat kondisi mesin akan menyebabkan departemen *maintenance* dan *engineering* menjadi lebih erat dan memungkinkan kedepannya untuk dilakukan penyatuan.

Di samping itu, bentuk organisasi di sektor pembangkitan dengan adanya implementasi industri 4.0 akan dituntut untuk lebih *flexibel* dan *agile*. Pengambilan keputusan oleh pihak pimpinan akan bisa dilakukan secara cepat dan tepat berdasarkan data yang *real-time*. Penyusunan *roadmap* kebutuhan *skill* SDM PLN sektor pembangkitan sangatlah diperlukan. Hal ini untuk menjamin keberlangsungan program transformasi yang akan dilakukan. Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan. Program pengembangan *skill* SDM PLN Pembangkit dapat mengikuti *leveling* seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola pengembangan *skill* SDM sektor pembangkitan.

Untuk pengembangan SDM di sektor pembangkit dapat dilakukan dengan mengikuti pola seperti pada Gambar 3, dimana dimulai dari pengembangan *digital mindset* pegawai, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan *basic skill*, kemudian peningkatan kapabilitas SDM terkait teknologi digital. Saat ini untuk pelatihan terkait *digital mindset* telah dilakukan oleh Pusdiklat PLN terutama sekali sebagai syarat kenaikan jenjang jabatan di PLN. Ke depan disarankan agar menambahkan pelatihan/pendidikan terkait *basic skill* dan *digital capabilities* untuk SDM di unit pembangkit.

SDM di unit pembangkitan memiliki kemampuan dasar yang sangat mumpuni untuk didik dan dilatih untuk berinovasi dengan teknologi industri 4.0. Hal ini karena SDM yang bergabung dengan PLN memiliki kualitas yang sangat baik. Adanya program pendidikan dan pelatihan lanjutan terkait teknologi digital akan sangat dapat mempercepat program transformasi di pembangkit. Hal ini karena transformasi digital lebih bergantung dari SDM daripada teknologi. SDM merupakan faktor yang berkontribusi paling signifikan bagi keberhasilan transformasi digital. Para talenta SDM ini akan sangat berperan dalam meningkatkan inovasi digital. Oleh karena itu, untuk mengakselerasi transformasi yang ingin dijalankan, PLN perlu berinvestasi pada talenta terbaik.

Berikut ini adalah rekomendasi metode dalam melakukan transformasi digital pembangkit dengan mengoptimalkan *skill* dari SDM yang ada agar program yang direncanakan berjalan dengan berkesinambungan:

- Dalam transformasi digital selalu melibatkan SDM yang ada. Manfaat dari implementasi teknologi tidak diragukan lagi luar biasa. Akan tetapi, manfaat ini tidak signifikan tanpa keterampilan manusia yang tepat. Sejauh mana inovasi teknologi dapat dimanfaatkan sepenuhnya tergantung pada SDM yang menjalankannya. Sangat disarankan untuk menyinkronkan antara transformasi digital dan keterampilan operator/SDM yang ada.
- Berkonsentrasi pada *soft skills* SDM yang dimiliki. *Soft skill* dari SDM pembangkit akan sangat mempengaruhi dalam menciptakan inovasi-inovasi dalam bidang digital. Selain itu *soft skill* akan membuat implementasi teknologi menjadi lebih *sustain* karena adaptasi yang lebih cepat terkait dengan ritme dan cara kerja yang baru.
- Transformasi digital sebaiknya dimulai dari pimpinan pembangkit. Sebagai pimpinan disarankan untuk dalam memberi contoh dalam melakukan *upskilling* maupun *reskilling* kemampuan. Sebagai kepala organisasi atau unit, keberhasilan transformasi akan sangat tergantung dari integritas, kompetensi, pola pikir terbuka, nilai-nilai perubahan pimpinan. Keputusan dilakukan berdasarkan data. SDM di pembangkit listrik harus di latih untuk selalu mengambil keputusan/tindakan berdasarkan data yang ada. Sehingga setelah adanya implementasi teknologi industri 4.0 di pembangkit akan sangat mudah bagi SDM menyelaraskan pola dan ritme kerjanya.
- Kegagalan inovasi teknologi digital jangan dijadikan sesuatu yang tabu. Pada perusahaan yang sukses mengimplementasikan industri 4.0 sebagian besar pasti melakukan kegagalan-kegagalan kecil. Akan tetapi kegagalan yang dilakukan masih berada dalam rentang yang bisa ditolerir dan diperbaiki.

### 3.3 Hasil Kajian Pembentukan Tim Transformasi Digital

Adanya sebuah tim transformasi menjadi sebuah keniscayaan dalam sebuah program transformasi digital di pembangkit listrik. Tim transformasi tidak hanya bertugas untuk merumuskan program transformasi, tetapi juga memiliki fungsi untuk mengakselerasi dan *memonitoring roadmap* yang telah ditetapkan. Setidaknya ada tiga elemen utama yang berperan penting dalam proses transformasi Industri 4.0, yaitu: transformasi orang, proses dan teknologi. Tim transformasi adalah elemen utama dalam proses transformasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendorong anggota tim untuk terus belajar dan berinovasi dan selanjutnya mampu memanfaatkan penggunaan teknologi digital dan mengintegrasikannya dengan internet/intranet di proses pembangkitan listrik.

Tim harus mempunyai *digital mindset* yaitu kemampuan untuk memahami teknologi digital dan memanfaatkannya untuk memperbaiki kinerja dan kualitas kerja. Sumber daya manusia disini terdiri dari SDM dilevel *staff*, *middle management* dan *top management*. Di tataran staf, salah satu hal yang harus dilakukan adalah menumbuhkan ide-ide inovasi dalam pekerjaan sehari hari untuk memperbaiki dan mempermudah proses kerja karyawan. Di tataran *middle management* dilakukan pengembangan teknologi yang dapat membantu pemecahan masalah yang inovatif dan penyelarasan dengan target bisnis. Di top manajemen level diperlukan komitmen untuk melakukan perbaikan yang berkesinambungan untuk mengoptimalkan kinerja perusahaan melalui pembuatan peta jalan implementasi industri 4.0, pengembangan kompetensi digital, dan alokasi sumber daya yang dibutuhkan untuk memastikan implementasi industri 4.0 dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Oleh sebab itu dalam Tim transformasi Industri 4.0 bertugas untuk:

- *Identifikasi pain point/masalah di sektor pembangkitan*. *Pain point* disini digunakan untuk mengetahui titik start dari mana proses transformasi industri akan dimulai, apakah dari keinginan atau kebutuhan. Langkah awal proyek transformasi industri 4.0 merupakan *best solution* dari masalah yang ada saat ini.
- *Meyakinkan dan memperoleh komitmen dari senior manajemen*. Komitmen dari pimpinan sangat diperlukan dalam proses transformasi industri 4.0 baik dari segi peningkatan skill sumber daya manusia, pengembangan teknologi dan infrastruktur atau fasilitas yang mendukung transformasi tersebut sehingga dapat berjalan secara berkelanjutan.
- *Melakukan bussines alignment*. Penyelarasan dari semua unit kerja yang terkait dan terdampak harus dilakukan, sehingga program transformasi tersebut bisa terwujud secara efektif dan efisien. Penyelarasan bisnis merupakan bagian penting dalam implementasi perencanaan strategis, sebab perencanaan strategis memerlukan implementasi yang konsisten.
- *Membangun Digital Capability SDM Pembangkitan*. Dalam tahapan transformasi industri ke era digitalisasi harus dibuat fondasi yang kokoh agar sistem yang dibuat dan dijalankan dapat berjalan dengan baik diantaranya peningkatan pengetahuan dan *skill* terkait Industri 4.0. Infrastruktur yang mendukung dan keterbukaan untuk mengenal dan belajar tentang teknologi teknologi baru.
- *Melakukan eksekusi pilot Project implementasi industri 4.0*. Sebelum memulai dalam skala yang besar perlu dilakukan *trial and error* terlebih dahulu agar mengetahui keuntungan dan kerugian serta menyiapkan tindakan antisipasi agar proses transformasi bisa berjalan dengan baik.
- *Melakukan perencanaan scale up dari pilot project*. Setelah mengetahui tentang kelebihan dan kekurangan dari tahapan *pilot project* maka barulah dilakukan pengaplikasian dalam cakupan yang lebih luas agar manfaat dari implementasi industri 4.0 dapat dirasakan.

- *Continuous Improvement dan monitoring project awal implementasi industri 4.0.* Agar proses transformasi dapat berjalan secara berkelanjutan maka perlu dilakukan usaha-usaha untuk memperbaiki implementasi yang dilakukan. Usaha tersebut dilakukan untuk mencari dan mendapatkan bentuk terbaik dari *improvement* yang dilakukan, yang memberikan solusi terbaik pada masalah yang ada, yang hasilnya akan terus bertahan dan berkembang menjadi lebih baik lagi.

Pada tahun 2020 inisiatif transformasi digital secara korporat sudah di inisiasi oleh perusahaan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja layanan kepada pelanggan. Dimana transformasi digital akan dilakukan mulai dari sisi pembangkitan sampai dengan pelayanan pelanggan. Dalam hal ini, komitmen dari pimpinan puncak perusahaan sudah jelas akan pentingnya transformasi digital di perusahaan.

PLN juga sudah membuat nota kesepahaman dengan salah satu teknologi provider untuk memodernisasi data, melakukan analisis, dan membangun sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dalam ekosistem PLN dalam rangka menciptakan sistem *Smart Utilities* yang akan meningkatkan kapasitas dan kemampuan PLN dalam melayani pelanggan. Selain itu, program transformasi digital PLN bertujuan untuk meningkatkan kemampuan digital dan konsep kerja modern di lingkungan PLN, sehingga menghasilkan budaya kerja dengan kinerja yang tinggi dan terukur. Hal ini termasuk memodernisasi infrastruktur dan aplikasi yang digunakan di lingkungan perusahaan.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa secara umum program transformasi digital sudah menjadi salah satu fokus perusahaan. *Awarenes* terkait *open mindset* sudah diberikan untuk *level middle management*. Hal yang menjadi krusial saat ini adalah adanya tim transformasi digital yang bisa menerjemahkan visi misi dari program transformasi digital perusahaan untuk segera di terapkan dan diakselerasi. Khususnya di sektor pembangkitan dimana memiliki kekhasan dan tantangan tersendiri. Transformasi digital hanya akan bisa berjalan dengan berkelanjutan jika ada tim yang solid dan memiliki target serta tujuan yang jelas. Oleh sebab itu, tim transformasi digital sektor pembangkitan merupakan ujung tombak dalam mengakselerasi program *power plant 4.0*. Tim yang ideal adalah tim yang terdiri dari berbagai departemen yang terkait. Sebuah tim transformasi harus terdiri dari orang dari departemen IT, departemen keuangan, departemen operasi, departemen litbang, HR dan dari unsur pimpinan perusahaan.

Perwakilan dari departemen IT memiliki tugas untuk memastikan projek-projek transformasi sejalan dengan pengembangan sistem IT perusahaan. Sekaligus memastikan infrastruktur IT (*information technology*) dan OT (*operation technology*) mendukung untuk penerapan solusi-solusi terkait industri 4.0. Di samping itu, perwakilan dari departemen IT juga diperlukan untuk memastikan keamanan siber dari sebuah aplikasi teknologi industri 4.0. Tim transformasi juga harus terdiri dari unsur pimpinan/manajemen, hal ini sangat diperlukan untuk menyelaraskan bisnis proses sektor pembangkitan dengan *roadmap* transformasi. Sekaligus sebagai person yang memonitoring dan mengevaluasi KPI dari tim transformasi. Tim transformasi juga disarankan melibatkan orang atau pimpinan dari departemen Finance. Dengan tujuan untuk mempermudah dalam melakukan justifikasi ROI (*Return of investment*) dari projek-projek implementasi industri 4.0.



Gambar 4. Rekomendasi struktur tim transformasi digital pembangkit.

Unsur lain yang harus ada di dalam tim transformasi adalah orang dari departemen operasi pembangkit, seperti dari departemen *maintenance*, *engineering*, operasi, *procurement*, dll. Harapannya dengan adanya perwakilan dari

departemen ini akan dihasilkan *use cases* implementasi industri 4.0 yang sesuai dengan kebutuhan di operasi pembangkit. Di samping itu, tim transformasi disarankan terdiri dari SDM litbang untuk menghasilkan inovasi-inovasi *power plant 4.0*. Selain juga untuk mengkaji *use cases* implementasi *power plant 4.0*. Hal yang tidak kalah penting adalah adanya keterlibatan departemen HR, sehingga akan diperoleh sinkronisasi *roadmap* pengembangan SDM pembangkit dengan program transformasi digital perusahaan. Struktur Tim transformasi digital pembangkit seperti terlihat pada Gambar 4.

### 3.4 Keamanan Siber dalam Penerapan Industri 4.0

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Ponemon Institute [9], diketahui bahwa terdapat setidaknya 25% dari kejadian *cyber attack*, disebabkan dari kelalaian dan kesalahan karyawan. Sehingga adanya *awareness* terkait *cyber security* di pembangkit merupakan hal yang mutlak dilakukan sebelum diimplementasikannya *power plant 4.0*. Oleh sebab itu, langkah awal dalam implementasi industri 4.0 adalah dengan melakukan asesmen terkait keamanan siber suatu pembangkit. Keamanan siber setidaknya meliputi dari ketiga unsur, yaitu: produk/teknologi, proses, dan orang. Artinya keamanan siber sebuah sistem pembangkit tidak hanya tergantung pada teknologi tetapi juga pada proses kerja koneksi antar sistem dan juga orang yang terlibat dalam sistem tersebut. Dari sisi teknologi, keamanan siber sangat bergantung dari perangkat *firewall* nya. Sedangkan dari sisi proses sangat tergantung dari arsitektur IT dan OT pembangkit.

Asesmen dan kajian terhadap sistem keamanan siber sebuah pembangkit listrik sudah banyak dilakukan oleh para peneliti dan juga oleh para penyedia teknologi, khususnya yang berhubungan dengan sistem kontrol pembangkit listrik. Kebanyakan dari mereka melakukannya untuk melihat potensi kerawanan yang mungkin terjadi. Jika dilihat dari hasil kajian yang telah dilakukan untuk pembangkit listrik berbasis sistem kontrol (ICS) SCADA diketahui masih banyak kerawanan yang mungkin terjadi [10-11]. Hal ini penggunaan SCADA pada umumnya masih menggunakan arsitektur IT dan OT yang belum terintegrasi dengan baik. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam melakukan asesmen risiko keamanan siber suatu pembangkit adalah:

- *Identifikasi aset/komponen*. Langkah ini diperlukan untuk mengidentifikasi komponen atau aset mana saja yang dianggap penting dan vital yang harus terlindungi. Baik komponen dalam pembangkit (OT) maupun komponen IT.
- *Menentukan tujuan sistem proteksi*. Setelah diperoleh data tentang aset mana saja yang perlu dilindungi maka langkah berikutnya adalah menentukan tujuan dari sistem proteksi yang harus ada. Misalnya sistem proteksi harus bisa menjamin ketersediaan konektivitas data antar mesin/sistem secara *real time* dan aman digunakan untuk *remote monitoring & control*.
- *Identifikasi jenis-jenis ancaman*. Langkah ini sebagai langkah antisipasi terhadap adanya kerawanan dalam sistem keamanan siber, yaitu dengan mengidentifikasi jenis-jenis serangan siber yang mungkin terjadi seperti *malware, ransomware, DDoS, spear phishing, vulnerabilities, device hacking*.
- *Melakukan pembobotan dan klasifikasi risiko*. Langkah ini sebenarnya dilakukan untuk memperoleh skala prioritas dalam menerapkan sistem keamanan siber. Sebagai contoh misal dari hasil klasifikasi menunjukkan protokol komunikasi sistem SCADA dengan internet merupakan komponen yang paling rawan dan efeknya bisa sangat fatal jika sampai terkena serangan siber, maka sistem keamanan siber di komponen tersebut menjadi prioritas yang pertama.

Standarisasi dalam sistem kontrol seperti SCADA sangat membantu dalam mengurangi risiko terjadinya serangan siber. Hal ini karena dalam protokol yang saat ini digunakan masih memungkinkan terjadinya serangan siber terutama sekali jika nantinya aplikasi *remote operator* menjadi masif digunakan. Sehingga, konektivitas tanpa batas dalam aplikasi industri 4.0 di pembangkit listrik harus diimbangi dengan keamanan siber yang baik dan aman.

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan berikut ini adalah rekomendasi terhadap hal-hal yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya serangan siber jika nantinya sebuah pembangkit mengimplementasikan industri 4.0:

- Melakukan asesmen keamanan siber sistem konektivitas IT dan OT sistem pembangkit.
- Mendefinisikan dan mengklasifikasikan setiap komponen vital pembangkit, baik komponen OT & IT sesuai dengan rekomendasi dari pabrikan mesin/sistem integrator, dan juga berdasarkan skala prioritas yang diperoleh dari hasil asesmen keamanan.
- Melakukan zonasi dari sistem konektivitas IT & OT yang ada di pembangkit listrik dengan tujuan untuk menghindari kegagalan yang sistematis dan menyeluruh jika terjadi serangan siber. Sehingga adanya segmentasi sistem akan lebih mudah mengisolasi masalah. Zonasi ini dilakukan berdasarkan arsitektur IT & OT pembangkit. Dan setiap zonasi dilengkapi dengan fitur pengamanan/*firewall* yang sesuai.
- Melakukan pengecekan dan *upgrade* sistem secara periodik, terutama sekali untuk sistem keamanan IT nya.

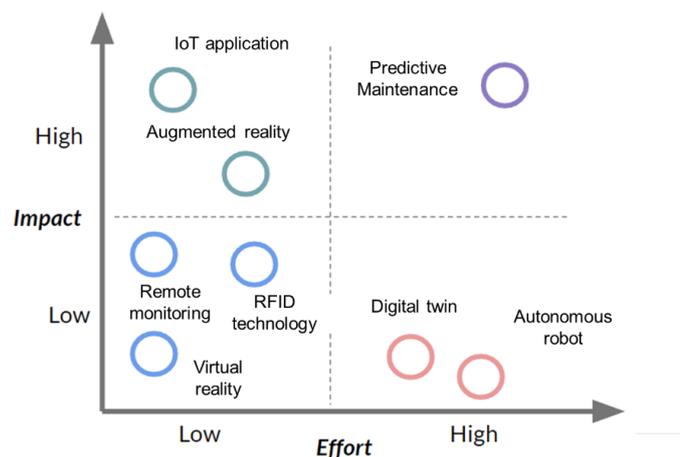
- Memberikan *awareness* dan panduan kepada semua orang yang terlibat dalam sistem pembangkit listrik akan pentingnya sistem keamanan siber. Termasuk ke pada pihak ketiga (sistem integrator, penyedia teknologi, maintenance provider, dll).
- Bersama-sama dengan semua pihak yang terkait untuk menyusun arsitektur IT dan OT yang paling sesuai dengan operasi pembangkit.
- Pembentukan CA (*Certification Authority*) untuk memvalidasi dan mengkoordinasi aplikasi-aplikasi digitalisasi/industri 4.0 di seluruh pembangkit.
- Melakukan standarisasi protokol komunikasi IT dan OT di pembangkit listrik.
- Melakukan asesmen protokol keamanan dan infrastruktur IT dan OT Pembangkit.
- Melibatkan orang IT dalam pembangunan pembangkit baru sehingga protokol dan standar IT dan OT dapat diseragamkan.

### 3.5 Hasil Kajian Pemilihan Teknologi Industri 4.0

Teknologi industri 4.0 yang akan diimplementasikan di pembangkit listrik harus memenuhi minimal 4 kriteria, yaitu:

- Memiliki keuntungan yang secara langsung dapat dirasakan oleh pembangkit, baik berupa *tangible* maupun *intangible benefit*.
- Investasi yang dikeluarkan untuk implementasi teknologi industri 4.0 secara jumlah *reasonable* dibandingkan dengan waktu ROI (*return of investment*)
- Adanya dukungan dari pihak SDM dan manajemen pembangkit listrik,
- Secara dampak penerapan teknologi dapat dirasakan oleh operator atau pengguna teknologi. Hal ini penting untuk menjaga kontinuitas penggunaan aplikasi teknologi industri 4.0.

Saat ini ada beberapa opsi teknologi industri 4.0 dan teknologi digital yang dapat diimplementasikan di pembangkit listrik. Mulai dari penggunaan *predictive maintenance* sampai dengan *augmented reality*. Secara umum untuk pemilihan *pilot project* industri 4.0 harus mengacu pada perbandingan besarnya *effort* dan *impact* yang akan diperoleh, seperti terlihat pada Gambar 5. Pilot proyek harus mudah dikerjakan (/atau berbiaya ringan) dan memiliki dampak yang besar.



Gambar 5. Klasifikasi teknologi *power plant 4.0* berdasarkan tingkat kemudahan dan dampaknya.

Dari hasil kajian yang telah dilakukan, maka teknologi industri 4.0 yang layak dipertimbangkan untuk dijadikan pilot proyek adalah teknologi *augmented reality* (AR) yang digunakan untuk mendukung proses perbaikan komponen/mesin pembangkit dan juga untuk input data parameter operasi mesin ke dalam *database*. Harapannya dengan adanya AR ini bisa untuk mempermudah teknisi dalam memperbaiki permasalahan mesin dan mempermudah input data parameter mesin. AR juga dapat digunakan sebagai sarana untuk menempatkan digital SOP dalam mesin sehingga mempermudah dalam proses pembelajaran dan pengecekan.

Alasan lain kenapa dipilih AR adalah untuk melibatkan seluruh karyawan dalam program transformasi digital pembangkit sehingga dapat meningkatkan *awareness*, *engagement* dan rasa memiliki terkait program transformasi digital di pembangkit listrik. Karena sifat dari implementasi AR ini adalah untuk mempermudah pekerjaan sehingga ada *personal value* ke masing-masing pengguna.



Gambar 6. Aplikasi AR untuk *maintenance* dan *digital SOP* [12].

Aplikasi AR ini sangat berguna untuk membantu operator dalam mengoperasikan dan membantu operator menemukan sumber gangguan dalam sistem pembangkit. Yaitu dengan cara mengakses langsung ke informasi yang relevan di lapangan seperti data *real-time*, riwayat mesin, manual pengguna, instruksi, diagram, dll. Aplikasi AR di pembangkit juga mampu membantu operator melakukan kesalahan diagnosis, memungkinkan teknisi untuk menemukan peralatan yang tepat dan memandu mereka langkah demi langkah untuk menyelesaikan prosedur/SOP.

Aplikasi ini juga terbilang relatif mudah dan murah untuk dilaksanakan, dan sudah diuji coba kan di beberapa pembangkit di PLN. Konsepnya adalah dengan membuat sistem *interface* yang akan memforward kondisi abnormal mesin pembangkit melalui pesan ke *smartphone* operator/group operator. Aplikasi yang digunakan biasanya berbasis pesan Telegram atau Whatsapp. Sehingga jika terjadi kondisi yang abnormal secara cepat akan dapat diketahui oleh operator di manapun dan kapan pun juga. Sehingga diharapkan response terhadap kondisi abnormal mesin dapat dilakukan secara cepat dan akurat.

#### 4. Kesimpulan dan Rekomendasi

Dari hasil kajian yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu:

- a) Dari *literature review* diketahui bahwa transformasi digital di sebuah pembangkitan listrik di Indonesia sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya operasional pembangkit. Akan tetapi, tantangan yang akan dihadapi adalah terkait dengan *people*, *culture*, dan *technology*. Dari sisi *people* dan *culture* masih perlu ditingkat terkait dengan kompetensi digital dan *open mindset* dari SDM yang ada. Sedangkan dari sisi teknologi tantangannya terdapat pada *cyber security*, tingkat *useability* dan *sustainability*.
- b) Dengan adanya transformasi digital pembangkit maka diperlukan program *upskilling* bagi SDM pembangkit. Hal ini sangat penting untuk menciptakan inovasi-inovasi baru untuk digitalisasi pembangkit sekaligus untuk mengakselerasi dan menjamin *sustainability* penerapan dari aplikasi digital yang ada di pembangkit.
- c) Tim Transformasi Digital sangat diperlukan untuk menjamin program *power plant 4.0* dapat berjalan sesuai tujuan dan target yang diharapkan. Tim transformasi digital akan menjadi ujung tombak dalam mengakselerasi program *power plant 4.0*. Tim yang ideal adalah tim yang terdiri dari berbagai departemen/divisi terkait. Sebuah tim transformasi setidaknya harus terdiri dari orang dari departemen IT, departemen keuangan, departemen/unit operasi pembangkit, departemen litbang, HR, Pusdiklat, dan dari unsur pimpinan perusahaan.
- d) Keamanan siber di unit pembangkit sudah baik, akan tetapi perlu dilakukan *improvement* dalam hal standarisasi protokol komunikasi sistem IT/OT yang ada. Selain itu, kerawanan juga ada pada pengguna/operator yang belum memiliki kesadaran yang komprehensif terkait keamanan siber. Sehingga diperlukan program *awareness* terkait *cyber security* ke semua *stake holder* terkait secara berkelanjutan.
- e) Dari hasil kajian yang telah dilakukan, maka teknologi industri 4.0 yang layak dipertimbangkan untuk dijadikan *pilot proyek* adalah teknologi *augmented reality* (AR) yang digunakan untuk mendukung proses perbaikan komponen/mesin pembangkit dan juga untuk input data parameter operasi mesin ke dalam *database*. Alasan lain kenapa dipilih AR adalah untuk melibatkan seluruh karyawan dalam program transformasi digital pembangkit sehingga dapat meningkatkan *awareness*, *engagement* dan rasa memiliki terkait program transformasi digital di pembangkit listrik. Karena sifat dari implementasi AR ini adalah untuk mempermudah pekerjaan sehingga ada *personal value* ke masing-masing pengguna.
- f) Perlu dibentuk *Certification Authority* (CA) di devisi IT perusahaan yang bertugas untuk merencanakan, mengevaluasi, dan mensertifikasi solusi digital yang dibuat/diajukan oleh unit pembangkitan. Hal ini untuk menjamin keseragaman arsitektur komunikasi di sistem pembangkit sekaligus menjamin keamanannya.

## Referensi

- [1] H. Indrawan, N. Cahyo, A. Simaremare, S. Aisyah, P. Paryanto and P. Munyensanga, "A Developed Analysis Models for Industry 4.0 toward Smart Power Plant System Process," 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), pp. 162-167, 2019.
- [2] P. Paryanto, P. Munyensanga, H. Indrawan, and N. Cahyo, "Application of Power Plant 4.0: Process Digitalization and Challenges," ROTASI, vol. 22, no. 1, pp. 55-61, 2020.
- [3] R.M. Elavarasan, *et al.*, "COVID-19: Impact analysis and recommendations for power sector operation," Applied Energy, vol 279, 2020.
- [4] H. Indrawan, P. Paryanto, N. Cahyo, A. Simaremare, dan S. Aisyah: PLN Puslitbang, "Laporan Kajian Kesiapan PLN Pembangkit untuk menuju Power Plant 4.0," 2019.
- [5] H. Indrawan, N. Cahyo, A. Simaremare, S. Aisyah, Paryanto and M. Tauviquirrahman, "Readiness Index for Indonesian Power Plant toward Industry 4.0," 2019 International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy, pp. 1-6, 2019.
- [6] Antara N.T, Sulaksono S, Paryanto, dkk: Making Indonesia 4.0: Perjalanan Indonesia Menyongsong Revolusi Industri Keempat, 2019.
- [7] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Making Indonesia 4.0: Revolusi Industri 4.0 Indonesia, 2018.
- [8] Intel IT Annual Performance Report 2018-2019, "Driving the Digital Enterprise Transformation," 2019.
- [9] Ponemon Institute, "Cybersecurity in the Remote Work Era: A Global Risk Report," 2020.
- [10] S. Nazir, S. Patel, and D. Patel, "Assessing and augmenting SCADA cyber security: A survey of techniques," Computers & Security, vol. 70, pp. 436-454, 2017.
- [11] D. Upadhyay, and S. Sampalli, "SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems: Vulnerability assessment and security recommendations," Computers & Security, vol. 89, 2020.
- [12] Schneider Electric: EcoStruxure™ Augmented Operator Advisor, 2021.