

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka Relevan

Penelitian ini menawarkan solusi kebaruan dengan mengembangkan sebuah *dashboard monitoring* yang mampu mengidentifikasi kondisi *hot start* mesin TM2500 yang ada di PLTG MPP Parit Baru. Kebaruan tidak hanya terletak pada pendekatan integrasi PLC RX3i pada mesin TM2500, aplikasi KEPServerEX sebagai OPC *server* dan Node-Red sebagai *platform* visualisasi data, namun juga pada penambahan algoritma *program* pada *platform* Node-Red yang mampu meningkatkan keandalan mesin dalam mengidentifikasi kondisi *hot start*. Beberapa penelitian terdahulu belum banyak membahas tentang integrasi antara PLC RX3i, KEPServerEX dan Node Red dalam satu sistem terpadu, namun beberapa penelitian telah membahas masing – masing komponen secara terpisah. Beberapa perbandingan dengan kajian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 *State of the art*

Judul	Fokus utama	Keterbatasan penelitian terdahulu	Kebaruan penelitian ini
<i>Development of a Remote Industrial Laboratory for Automatic Control based on Node-RED</i>	Pengembangan laboratorium pembelajaran kontrol otomatis menggunakan PLC, MQTT dan Node Red	Sistem dirancang untuk lingkungan laboratorium pendidikan dengan integrasi PLC, Node Red serta protokol komunikasi berbasis MQTT. Belum menggunakan protokol standar industri.	Implementasi pada industri pembangkit listrik <i>Mobile Power Plant</i> (MPP) dengan integrasi PLC RX3i, protokol OPC UA, dan Node Red

Judul	Fokus utama	Keterbatasan penelitian terdahulu	Kebaruan penelitian ini
<i>Design and Implementation of an Open Source IoT and Blockchain Based Peer to Peer Energy Trading Platform Using ESP32-S2, Node-Red and MQTT Protocol</i>	Pengembangan platform perdagangan energi P2P berbasis IoT	Monitoring berbasis mikrokontroler dengan protokol MQTT, belum terintegrasi dengan PLC dan protokol standar industri	Integrasi Node Red sebagai OPC UA <i>client</i> untuk <i>monitoring</i> kondisi <i>hot start</i> <i>Mobile Power Plant</i> (MPP) mesin TM2500 dan kontrol yang terintegrasi dengan PLC Rx3i
<i>Warehousing 4.0: A proposed system of using node-red for applying internet of things in warehousing</i>	Pemanfaatan Node Red sebagai platform IoT untuk monitoring transaksi data gudang	Sistem dirancang untuk lingkungan pergudangan dengan monitoring transaksi data gudang berbasis sensor RFID yang bersifat <i>event based</i> (barang masuk dan keluar). Node-RED belum difokuskan untuk <i>monitoring</i> dan penyimpanan data multisensor	Node-RED sebagai OPC UA <i>client</i> untuk <i>monitoring</i> dan penyimpanan data multisensor mesin pembangkit (MPP) secara <i>real time</i> dan berkelanjutan selama periode operasi mesin yang terintegrasi

Judul	Fokus utama	Keterbatasan penelitian terdahulu	Kebaruan penelitian ini
<i>Scalable hybrid laboratories: Application in industrial automation</i>	Pengembangan laboratorium <i>hybrid</i> untuk pembelajaran otomasi industri dengan integrasi PLC siemens, sensor dan SCADA	secara <i>real time</i> dan berkelanjutan. Sistem dirancang untuk lingkungan laboratorium pendidikan dengan penggunaan labview sebagai SCADA, protokol OPC <i>classic</i> (DA) dan PLC siemens.	dengan PLC RX3i. Implementasi pada industri pembangkit listrik (MPP) dengan integrasi PLC RX3i, protokol OPC UA, dan Node Red sebagai <i>platform</i> visualisasi.
<i>Prototype Early Warning System Banjir Menggunakan Parameter Curah Hujan, Warna Air dan Ketinggian Permukaan Air dengan Metode K-Means Berbasis Nodemcu</i>	Sistem peringatan dini banjir berbasis IoT dan Node Red	Penggunaan Node Red fokus pada <i>monitoring</i> data sensor berbasis IoT yang terintegrasi dengan mikrokontroler	Node Red digunakan sebagai <i>dashboard monitoring</i> dan kontrol kondisi <i>hot start</i> serta mengelola data <i>log</i> pada mesin pembangkit (MPP)

Judul	Fokus utama	Keterbatasan penelitian terdahulu	Kebaruan penelitian ini
<i>Smart Monitoring PLTS On-Grid Terintegrasi Dengan Internet of Things</i>	Pengolahan data PLTS seperti data inverter, kWh meter, dan pyranometer menggunakan Node Red	Penggunaan Node Red berfokus pada pengaturan aliran data, seperti menyimpan data secara lokal PC dan mengirimkan data ke <i>cloud</i>	Node Red digunakan sebagai <i>dashboard monitoring</i> , mengelola data <i>log</i> dan algoritma program tambahan untuk mengenali kondisi <i>hot start</i> mesin pembangkit (MPP)
<i>Sistem Informasi Gangguan Secara Realtime Dari Relai Proteksi Dengan Protokol IEC 61850</i>	Monitoring gangguan pada gardu induk dan transmisi secara <i>real time</i>	Penggunaan opc server fokus pada integrasi dengan perangkat relai proteksi berstandar industri untuk membaca data gangguan.	OPC server diintegrasikan dengan PLC RX3i dan Node-RED untuk <i>monitoring</i> kondisi <i>hot start</i> pembangkit (MPP) secara <i>real time</i>

Sebagai pendalaman terhadap *state of the art* pada tabel 2.1, berikut dipaparkan ringkasan singkat dari setiap jurnal yang menjadi rujukan.

1. Dalam jurnal yang berjudul “*Development of a Remote Industrial Laboratory for Automatic Control based on Node-RED*” bertujuan untuk membuat sebuah sistem yang dapat mendukung pembelajaran kontrol otomatis berbasis laboratorium jarak jauh. Sistem kontrol otomatis yang dibangun berbasis Node-RED dan protokol MQTT untuk mempermudah integrasi dan interkoneksi komponen laboratorium. Arsitektur sistem yang dibangun terdiri dari dua *client* (instruktur dan mahasiswa) dalam aplikasi Node-Red dan sebuah MQTT broker yang terhubung dengan PLC melalui Modbus TCP. Metode eksperimen digunakan dalam pembuatan sistem ini. Hasil Implementasi sistem diuji melalui praktikum pengaturan parameter PID untuk pengendalian level tangki dan terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman dalam pembelajaran sistem kontrol otomatis [3].
2. Dalam jurnal yang berjudul “*Design and Implementation of an Open Source IoT and Blockchain Based Peer to Peer Energy Trading Platform Using ESP32-S2, Node-Red and MQTT Protocol*” bertujuan untuk membangun sebuah *platform* perdagangan *energy peer to peer* (P2P) berbasis IoT dan *blockchain*. Sistem yang dibangun mampu melakukan akuisisi data, pemantauan, dan pengendalian energi yang dihasilkan secara *real time* melalui jaringan lokal. Sensor tegangan dan arus terhubung dengan mikrokontroler ESP32-S2. Selanjutnya data dikirim dengan *protokol* MQTT dan ditampilkan ke dalam sebuah sistem *monitoring* berbasis *web* dengan menggunakan Node-Red. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menyediakan mekanisme perdagangan energi yang aman [4]
3. Dalam jurnal yang berjudul “*Warehousing 4.0: A proposed system of using node-red for applying internet of things in warehousing*” bertujuan untuk membangun suatu sistem manajemen pergudangan dengan menerapkan konsep industri 4.0 dan *Internet of Things*. Sistem ini mengintegrasikan Node-Red dan MongoDB sebagai *database* untuk mendukung pengelolaan *inventory* secara *real time*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini

dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, mencegah pemalsuan data *inventory* dan memberikan kecepatan dalam pengambilan keputusan [5]

4. Dalam jurnal yang berjudul “*Scalable hybrid laboratories: Application in industrial automation*” bertujuan untuk mengembangkan laboratorium untuk pendidikan dan pelatihan pada bidang otomasi yang dapat merepresentasikan kondisi industri secara nyata dengan cara mengintegrasikan perangkat kontrol fisik dengan replika proses digital yang disimulasikan. Arsitektur dari sistem yang akan dibangun terdiri dari proses (*virtual component*), PLC, SCADA dan OPC Server (KEPServerEX). Arsitektur ini akan terhubung ke dalam sebuah jaringan dengan menggunakan kabel Ethernet standar industri. Hasil penelitian menunjukkan sistem ini relevan sebagai acuan pengembangan sistem pembelajaran dan simulasi otomasi karena mampu memberikan peningkatan kompetensi mahasiswa dan mendukung pelatihan professional dengan standar industri [6]
5. Dalam skripsi yang berjudul “*Prototype Early Warning System Banjir Menggunakan Parameter Curah Hujan, Warna Air dan Ketinggian Permukaan Air dengan Metode K-Means Berbasis Nodemcu*” bertujuan untuk mengembangkan sebuah prototipe peringatan dini bencana banjir dengan cara mengintegrasikan *platform monitoring* (Node-Red), MQTT broker dan *firebase database* sebagai tempat penyimpanan data sensor. Sensor yang digunakan terdiri dari sensor jarak, curah hujan, dan warna air yang diolah menggunakan algoritma K-Means untuk melakukan klasterisasi kondisi banjir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali kondisi yang berpotensi banjir dan kondisi banjir dengan cukup baik [7]
6. Dalam skripsi berjudul “*Smart Monitoring PLTS On-Grid Terintegrasi Dengan Internet of Things*” bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring* PLTS berbasis IoT. Sistem ini mengintegrasikan *platform* Node-Red untuk mengolah data *inverter*, *kWh meter*, dan *pyranometer* secara *remote*. Data tersebut digunakan untuk menganalisis kinerja dari PLTS dengan cara menentukan nilai *performance ratio*. Hasil implementasi menunjukkan

bahwa sistem *monitoring* berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas pemantauan dan pengelolaan PLTS melalui penyediaan data *real time*, sehingga mendukung deteksi dini gangguan dan pelaksanaan pemeliharaan yang lebih efisien [8]

7. Dalam jurnal yang berjudul “*Sistem Informasi Gangguan Secara Realtime Dari Relai Proteksi Dengan Protokol IEC 61850*” bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi gangguan gardu induk dan transmisi secara *real time* berbasis protokol IEC 61850. Sistem yang dirancang mengintegrasikan relai proteksi, OPC server dan aplikasi berbasis *web* yang dilengkapi bot telegram untuk pengiriman laporan gangguan. Hasil pengujian pada relai proteksi di wilayah UPT Cirebon menunjukkan bahwa sistem mampu mempercepat pelaporan gangguan dan meningkatkan akurasi data, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan membantu pencapaian target kinerja [9]

2.2 Landasan Teori

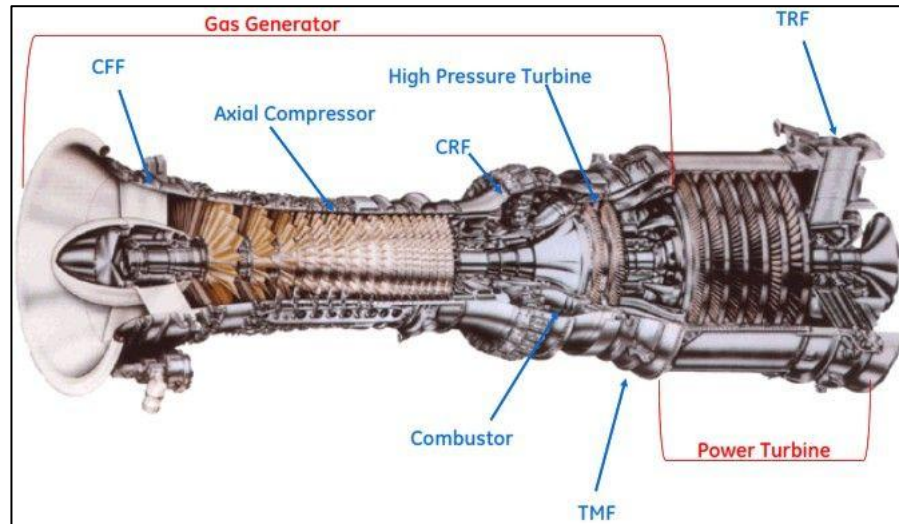
2.2.1 Turbine Mobile 2500+ G4 SAC

Turbine Mobile 2500+ G4 SAC merupakan salah satu produk mesin pembangkit dari *General Electric* (GE). Mesin ini menggunakan teknologi turbin dari mesin pesawat jet yang di modifikasi untuk keperluan industri seperti pembangkit listrik.

TM2500 memiliki respons cepat dalam proses *startup* hingga pembebanan penuh. Selain itu, mesin ini juga memiliki mobilitas yang tinggi sehingga sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik suatu daerah yang membutuhkan pembangunan dalam waktu singkat. Mesin ini dapat beroperasi dengan dua bahan bakar yaitu gas dan *High Speed Diesel* (HSD).

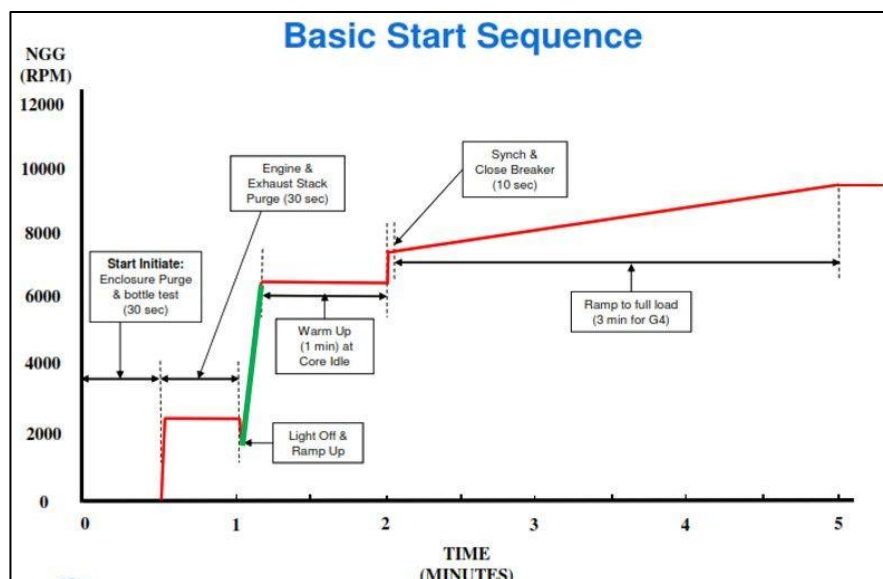
TM2500 bekerja berdasarkan siklus Bryton, udara dari atmosfer masuk melalui ruang *air inlet*. Selanjutnya kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan udara. Di dalam *combustor* terjadi pencampuran udara bertekanan tinggi dengan bahan bakar yang dibakar dan menghasilkan gas panas. Gas panas digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator untuk menghasilkan energi listrik. *Turbine gas* TM2500

terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu *Gas Generator* (GG) dan *Power Turbine* (PT) seperti yang terlihat pada gambar 2.



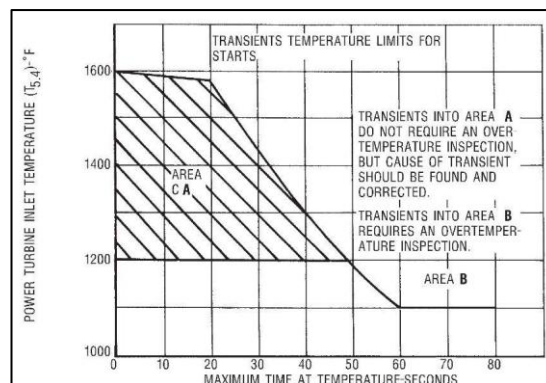
Gambar 2 Bagian utama TM2500, Sumber (*Manual book maintenance gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

TM2500 memiliki respons yang cepat dalam proses *startup* dan pembebanan. Hanya dibutuhkan waktu kurang dari 3 menit hingga generator sinkron dengan jaringan listrik dan untuk mencapai pembebanan penuh yaitu 25 MW hanya dibutuhkan waktu sekitar 10 menit. *Basic start sequence* dari TM2500 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 *Basic start sequence*, sumber (*manual book operation gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

Selain memiliki respons cepat, TM2500 juga memiliki kondisi yang disebut dengan *Hot start* yang terjadi saat proses *startup*. Kondisi ini terjadi pada saat *ignitor* aktif dan putaran *gas generator* (NGG) naik dari 1200 RPM hingga 6000 RPM seperti yang terlihat pada gambar 3 yang ditandai dengan garis berwarna hijau. *Hot start* ditandai dengan meningkatnya *power turbine inlet temperature* T48 melebihi batas kurva *temperature transient limit* seperti yang terlihat pada gambar 4.



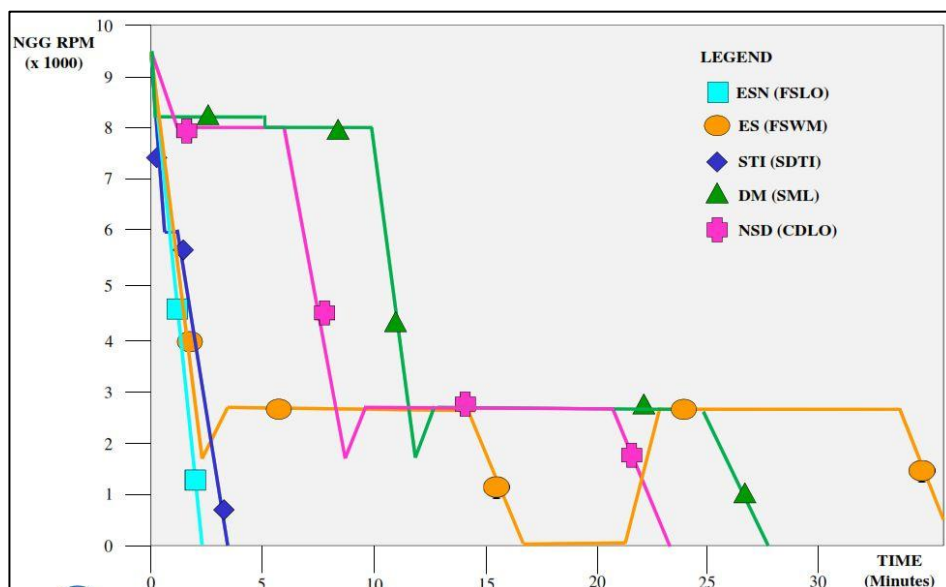
Gambar 4 *Transient temperature limit*, sumber (manual book GEK gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC)

Proses *startup* dikatakan sebagai *Hot start* apabila nilai *power turbine inlet temperature* naik di atas 1200 °F. Penyebab terjadinya *hot start* terjadi karena beberapa faktor seperti kurangnya putaran *gas generator*, abnormal pada *control valve* bahan bakar dan pengaturan udara yang masuk ke dalam ruang bakar seperti yang dijelaskan pada gambar 5.

- 7-4.4.2 Hot Starts**
- Starts indicating a T48 value in excess of 1300°F (704.4°C) are considered to be hot starts. Normal starts are 1000 to 1200°F (537.7 to 648.8°C).
 - Hot starts are typically the result of insufficient starter power, excess starting fuel flow, excessively high acceleration fuel flow rate, or open VSVs.
 - If a hot start occurs, the startup procedure should not be repeated without investigating the cause of the hot start. For troubleshooting procedures, refer to [Chapter 9](#).

Gambar 5 *Hot start*, sumber (manual book GEK gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC)

Proses *shutdown* mesin TM2500 memiliki beberapa mode seperti yang terlihat pada gambar 6. Proses *shutdown* mesin dapat dilakukan oleh operator atau dapat terjadi secara otomatis berdasarkan kondisi operasional mesin. Penjelasan singkat dari setiap *shutdown mode* dapat dilihat pada tabel 2.2.



Gambar 6 *Shutdown mode*, sumber (*manual book GEK gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

Tabel 2. 2 *Shutdown mode* mesin TM2500

NO	<i>Shutdown mode</i>	Keterangan
1	<i>Emergency Stop No motoring (Fast Stop Lock Out)</i>	ESN (FSLO) merupakan kondisi <i>shutdown</i> mesin secara instan, jalur <i>supply</i> bahan bakar ditutup, <i>breaker trip</i> dan NGG turun di bawah 300 RPM
2	<i>Emergency Stop (Fast Stop With Motoring)</i>	ES (FSWM) merupakan kondisi <i>shutdown</i> mesin secara instan, jalur <i>supply</i> bahan bakar ditutup, <i>breaker trip</i> , saat NGG <1700 RPM maka akan dilakukan <i>cranking</i> untuk <i>cooling down turbine</i>

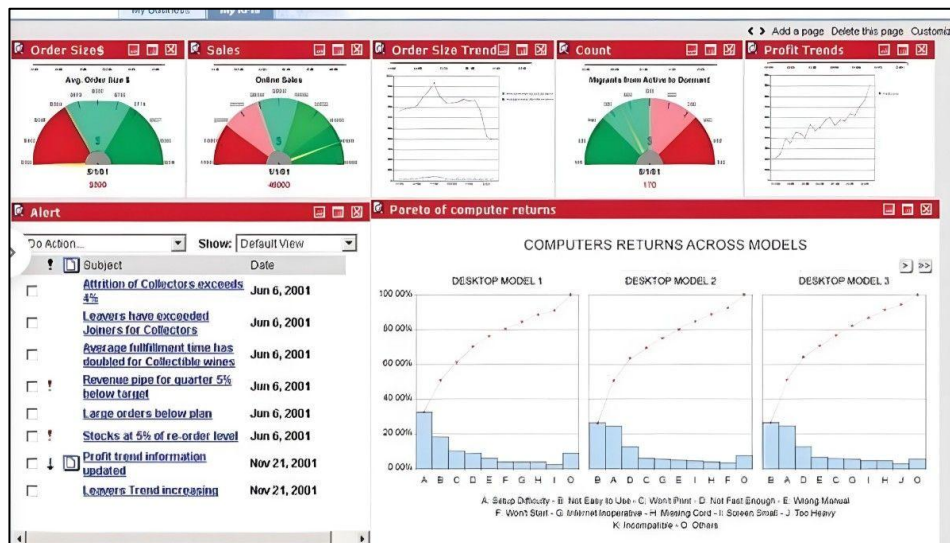
3	<i>Step to Idle (Step Decel to Idle)</i>	STI (SDTI) merupakan kondisi <i>breaker trip</i> dan menuju <i>sequence core idle</i> , apabila kondisi <i>alarm</i> tidak bisa di <i>reset</i> maka mesin akan ESN
4	<i>Decelerate to Minimum (Slow to Minimum Load)</i>	Beban turun secara cepat dalam 20 detik, apabila <i>alarm</i> tidak bisa di <i>reset</i> maka mesin akan NSD
5	<i>Normal Shut Down (Cool Down Lock Out)</i>	NSD (CDLO), beban turun ke titik minimum, <i>breaker open</i> , jalur <i>supply</i> bahan bakar ditutup, saat NGG <1700 RPM proses <i>cranking</i> untuk <i>cooling down turbine</i> dimulai.

2.2.2 Dashboard Monitoring

Dashboard merupakan media visual yang dirancang untuk menyampaikan informasi penting secara cepat, jelas, dan mudah dipahami. *Dashboard* menyajikan sekumpulan indikator dan data operasional pada satu layar sehingga memudahkan pengguna untuk dapat memantau kondisi, mengidentifikasi masalah serta memudahkan pengambilan keputusan tepat waktu yang berbasis data [10].

Dashboard harus mengutamakan efisiensi dalam hal komunikasi secara visual. Hal ini dapat diperoleh melalui pemilihan grafik yang tepat, pemilihan tata letak tepat dan penggunaan warna secara tepat. *Dashboard* yang baik memungkinkan pengguna memahami data yang ditampilkan dalam bentuk tren, pola, atau anomali dalam waktu singkat.

Perancangan *dashboard* harus mempertimbangkan tujuan pemantauan, karakteristik pengguna, serta kebutuhan informasi sehingga *dashboard* benar-benar menjadi alat yang efektif untuk memonitor parameter penting dalam suatu sistem seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7 Design dashboard, sumber (book information dashboard design, Few 2006)

2.2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan suatu sistem yang dirancang dengan tujuan untuk dapat mengatur, mengendalikan serta menjaga kinerja suatu proses agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan. sistem kontrol bekerja dengan memanfaatkan sinyal masukan, proses pengolahan sinyal dan menghasilkan sinyal keluaran. Sistem kontrol dapat dirancang untuk bekerja secara manual maupun secara otomatis.

Sistem kontrol dibedakan menjadi dua di antaranya adalah sistem kontrol terbuka (*open-loop control system*) dan sistem kontrol tertutup (*closed-loop control system*). Sistem kontrol terbuka bekerja tanpa umpan balik (*feedback*) sehingga tidak dapat mengoreksi kesalahan yang terjadi selama proses berlangsung. Sebaliknya, sistem kontrol tertutup menggunakan umpan balik (*feedback*) untuk membandingkan sinyal keluaran aktual dengan nilai referensi dan melakukan koreksi secara otomatis [11].

Pada sistem kontrol industri, sinyal umpan balik (*feedback*) diperoleh dari sensor yang membaca nilai aktual dari sistem. Selanjutnya nilai tersebut diproses oleh unit pengendali untuk menghasilkan suatu nilai atau sinyal koreksi terhadap aktuatur yang dikontrol sehingga kestabilan sistem tetap terjaga sesuai dengan nilai *set point* yang diinginkan [12].

2.2.4 PLC RX3i

RX3i merupakan *Programmable Logic Control* dari keluarga *PACSystems* dari *manufacture* Emerson yang dirancang untuk otomasi industri. Desain dari RX3i berupa modular *architecture* yang terdiri dari CPU, *power supply*, *backplane*, modul *input/output* dan modul komunikasi seperti pada gambar 8.



Gambar 8 PLC RX3i, sumber (*PACSystems RX3i I/O data sheet*)

Aplikasi pemrograman yang digunakan RX3i adalah *Proficy Machine Edition* (PME). Aplikasi ini mendukung beberapa model pemrograman seperti *Ladder Diagram*, *Function Block Diagram*, *Structure Text*. *Ladder Diagram* merupakan model pemrograman yang banyak digunakan karena kemudahannya [13].

RX3i mempunyai beberapa modul *input* dan *output* seperti modul analog dan modul digital. Modul analog digunakan untuk membaca data sensor analog seperti sensor suhu, tekanan, getaran, putaran. Berikut ini beberapa sensor dan aktuator yang terpasang pada mesin TM2500 dan terhubung dengan PLC RX3i.

1. Sensor kecepatan putaran

Sensor kecepatan putaran yang digunakan pada mesin TM2500 di antaranya sensor NGG seperti pada gambar 9 yang berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran *High Pressure Compressor* dan sensor NPT untuk mengukur kecepatan putaran *power turbine*.



Gambar 9 Sensor kecepatan putaran, sumber (*manual book operation gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

2. Sensor suhu atau *thermocouple*

Sensor *thermocouple* digunakan untuk mengukur besaran nilai suhu gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar. Terdapat 8 sensor *thermocouple* yang terpasang secara melingkar untuk melihat sebaran suhu gas buang pada saat mesin TM2500 beroperasi. Sensor *thermocouple* yang digunakan pada mesin TM2500 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Sensor *thermocouple*, sumber (*manual book operation gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

3. Sensor tekanan udara

Salah satu sensor tekanan udara yang terpasang pada mesin TM2500 adalah sensor PS3 yang berfungsi untuk membaca besaran nilai tekanan udara yang dihasilkan oleh *High Pressure Compressor* TM2500. Sensor ini terpasang pada bagian *Compressor Rear Frame* (CRF).

4. *Variable Stator Vane (VSV)*

VSV berfungsi untuk mengatur aliran udara dan volume udara di dalam *High Pressure Compressor (HPC)*. Pengaturan sudut kemiringan VSV dilakukan secara mekanis dengan cara dihubungkan dengan VSV aktuator seperti yang terlihat pada gambar 11. Perubahan posisi VSV diukur menggunakan sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*).



Gambar 11 VSV systems, sumber (*manual book operation gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

5. *Liquid Motor Valve (LMV)*

LMV merupakan salah satu aktuator yang terpasang pada mesin TM2500 dan berfungsi untuk mengatur besaran volume aliran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar melalui *fuel nozzle*. Gambar 12 menunjukkan LMV dari pabrikan *Woodward* yang digunakan pada mesin TM2500. Pengukuran posisi bukaan *valve* menggunakan *resolver* atau *rotary position sensor*.



Gambar 12 *Liquid Motor Valve*, sumber (*manual book operation gas turbine mobile TM-2500+ G4 SAC*)

2.2.5 Ethernet Switch

Ethernet adalah teknologi yang digunakan untuk menghubungkan beberapa perangkat di dalam suatu jaringan lokal. Beberapa perangkat yang biasanya terhubung di dalam jaringan lokal di antaranya komputer, printer, PLC, server. Teknologi Ethernet membutuhkan sebuah perangkat yang disebut dengan Ethernet *switch* untuk dapat menghubungkan antar perangkat agar dapat melakukan komunikasi secara efisien.

Salah satu merek Ethernet *switch* yang digunakan pada TM2500 adalah Sixnet seperti yang terlihat pada gambar 13. Perangkat ini di desain untuk pemakaian di lingkungan industri yang membutuhkan keandalan tinggi seperti mampu bertahan pada suhu ekstrem, tahan getaran dan penggunaan pada *hazardous area*.

Industrial Ethernet switch ini juga mendukung berbagai kecepatan transmisi data yaitu 10 Mbps, 100 Mbps, hingga 1000 Mbps melalui *port* RJ45. Beberapa model Ethernet *switch* ini juga menyediakan *port* untuk *fiber optic* sehingga memungkinkan untuk melakukan komunikasi jarak jauh hingga 120 KM serta memiliki ketahanan yang baik terhadap gangguan sinyal elektromagnetik [14].



Gambar 13 Ethernet *switch*, sumber (*manual book slim line (SL/SLX) series Industrial Ethernet switch and media converter*)

2.2.6 KEServerEX

KEServerEX merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai server. *Software* ini dirancang untuk menjadi jembatan komunikasi antara aplikasi klien seperti HMI, SCADA dan perangkat industri seperti PLC, *transmitter*, aktuator [15].

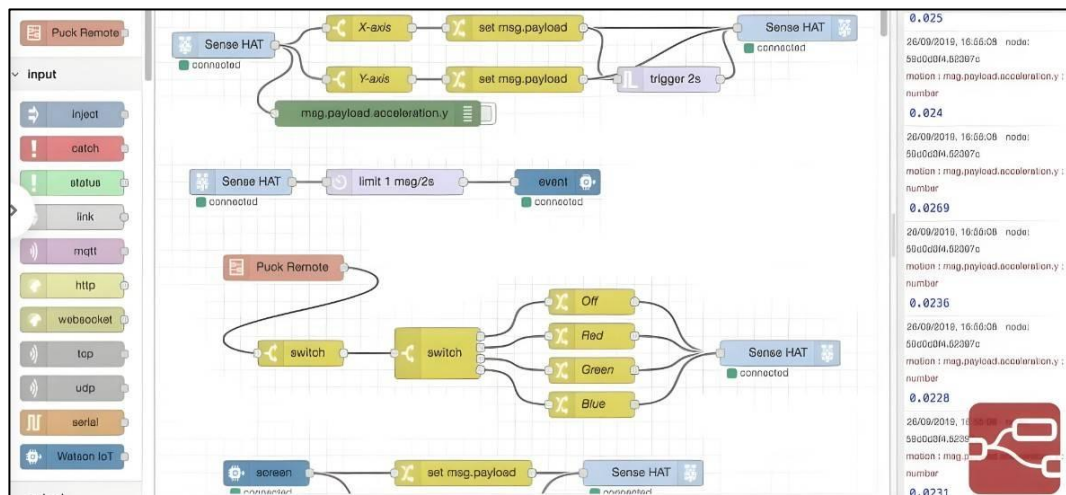
KEPServerEX juga mendukung standar komunikasi industri seperti OPC, DDE, *Native*. Dengan demikian, KEPServerEX mampu membaca dan mengirimkan data kepada klien. Dilengkapi beberapa *plug-in*, *device driver* dan komponen sehingga mampu memenuhi kebutuhan komunikasi industri.



Gambar 14 KEPServerEX, sumber (*manual book KEPServerEX 2021*)

2.2.7 Node-Red

Node-Red merupakan perangkat lunak pemrograman berbasis alur yang pertama kali dikembangkan oleh IBM *Emerging Technology Services* dan saat ini dikelola OpenJS *Foundation*. Node-Red memiliki tampilan antarmuka berupa grafis berbasis web. Mendukung komunikasi OPC UA sehingga perangkat ini banyak digunakan untuk kebutuhan otomasi industri. Selain itu perangkat ini juga bisa dikembangkan untuk kebutuhan proyek berbasis *Internet of Thing* [16].



Gambar 15 Node-Red, sumber (<https://nodered.org/>)