

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Kota Depok berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan air bersih, sehingga sistem distribusi air dituntut bekerja lebih keras. Salah satunya adalah *Booster Mawar*, yaitu instalasi pompa distribusi yang secara spesifik melayani pasokan air untuk wilayah Depok 1 dan Depok Utara. Fasilitas ini memegang peranan vital untuk memastikan stabilitas tekanan air agar mampu menjangkau seluruh pelanggan, termasuk di wilayah dengan kontur elevasi yang tinggi. Namun, operasional saat ini masih menghadapi kendala serius akibat ketergantungan pada sistem manual dan jarak lokasi pompa yang jauh dari pusat pemantauan.

Untuk mengatasi permasalahan operasional tersebut, diperlukan modernisasi sistem kendali menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC). Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai distribusi air, penerapan sistem kontrol berbasis PLC terbukti efektif menjadi solusi atas kendala jarak pompa yang jauh, yang sebelumnya menghambat pemantauan kondisi pompa [1]. Selain mengatasi masalah jarak, implementasi PLC sangat krusial untuk menyediakan sistem proteksi otomatis yang mampu mencegah kerusakan fatal pada pompa akibat kesalahan operasional atau kondisi abnormal aliran air [1].

Dalam merancang logika kendali pada PLC, kompleksitas alur kerja pompa distribusi air seringkali sulit dipetakan jika hanya mengandalkan metode konvensional seperti *flowchart*. Metode diagram alir (*flowchart*) memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan kondisi logika yang kompleks dan interaksi sistem yang dinamis [2]. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode *State Diagram* (Diagram Keadaan) sebagai strategi perancangan algoritma. Metode ini menawarkan pendekatan yang lebih representatif untuk merancang logika kendali yang terstruktur, dimana setiap status (*state*) sistem dan transisinya dapat ditelusuri dengan mudah [3]. Lebih lanjut, penggunaan diagram keadaan memungkinkan representasi visual yang jelas mengenai bagaimana sistem bereaksi terhadap

masukan (*input*) tertentu dan bagaimana ia bertransisi dari satu keadaan ke keadaan lainnya, sehingga meminimalisir kesalahan logika dalam pemrograman [3].

Untuk melengkapi keandalan kontrol PLC, diperlukan lapisan antarmuka untuk pengawasan terpusat, yaitu *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Integrasi SCADA dengan PLC telah terbukti mampu meningkatkan kualitas operasional secara signifikan serta mengurangi ketergantungan pada upaya pengawasan manual di lapangan [4]. Fungsi utama penerapan SCADA dalam sistem ini adalah sebagai sarana pemantauan terpusat yang menyajikan visualisasi data secara *real-time*, sehingga memungkinkan operator mengawasi status operasional pompa dan fluktuasi tekanan air secara presisi dari pusat pemantauan tanpa mengganggu logika kendali otomatis yang berjalan pada PLC [5]. Hal ini menjadikan manajemen distribusi air bersih di fasilitas *Booster Mawar* menjadi lebih informatif, terstruktur, dan efisien.

Agar integrasi antara PLC sebagai pengendali di lapangan dan SCADA sebagai pemantau di pusat dapat berjalan lancar, diperlukan standar komunikasi yang handal. Sistem ini akan memanfaatkan protokol komunikasi Modbus TCP/IP. Protokol ini dipilih karena keunggulannya dalam memfasilitasi pertukaran data yang cepat, fleksibel, dan bersifat *real-time*, yang merupakan syarat mutlak untuk transparansi dan keandalan sebuah sistem kendali industri modern [6]. Melalui integrasi ini, data tekanan dan status pompa dapat dikirimkan secara akurat untuk kebutuhan analisis dan pengambilan keputusan yang cepat.

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Sebelum melaksanakan perancangan dan integrasi sistem otomatisasi pada *Booster Mawar Kota Depok*, perlu dilakukan tinjauan mendalam terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Kajian ini bertujuan untuk memahami sejauh mana implementasi teknologi *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) telah diterapkan dalam konteks otomatisasi pompa dan distribusi air. Melalui Tabel 1.1 Referensi utama, yang merangkum berbagai referensi utama, dapat dilihat perbandingan metode serta arsitektur sistem yang telah teruji efektivitasnya dalam mengendalikan operasi pompa secara bergantian. Hasil dari studi-studi ini menjadi landasan teoretis dan

praktis yang kuat dalam merumuskan metode dan desain sistem yang akan dikembangkan. Namun, tinjauan ini juga dimaksudkan untuk mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*), khususnya terkait penerapan spesifik SCADA FUXA dan studi kasus pada lokasi *Booster* Mawar Kota Depok, sehingga dapat dipastikan bahwa penelitian ini menawarkan kontribusi keilmuan yang baru dan relevan.

Tabel 1. 1 Referensi utama.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1.	Kazman Riyadi, Andi Wawan Indrawan, Bakhtiar, Andarini Asri, Dhini Noor Fhatdilla, Aditya Rahmat S N Hamzar, Reginald	2024	Penerapan Sistem Kontrol Distribusi Air Pamsimas Berbasis PLC di Desa Nisombalia
2.	Ruwanto, Dadan Ridwan, Ari Ajibekti Masriwilaga, Huban Kabir, Deden Komaludin	2023	Implementasi Sistem <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> untuk Proses Koagulasi pada Instalasi Pengolahan Air Berbasis <i>Programmable Logic Controller</i> dan <i>Human Machine Interface</i>
3.	Žydrūnas Kavaliauskas, Giedrius Blažius, Igor Šajev, Aleksandras Iljinas, Dovydas Gimžauskaitis	2025	<i>Development and Optimization of an Automated Industrial Wastewater Treatment System Using PLC and LSTM Neural Network</i>
4.	Tri Hannanto Saputra, Melisa Mulyadi, Linda Wijayanti	2025	<i>PLC Program Design Using State Diagram Method On Insert Nut Installing Machine</i>

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
5.	Bo Ling, Changyong Chu, Chuan Xu	2025	<i>Automatic PLC Control Logic Generation Method Based on SysML System Design Model</i>

Penelitian [1] secara langsung mengatasi masalah operasional pada sistem distribusi air, diantaranya jarak pompa distribusi yang jauh yang mengurangi pemantauan kondisi pompa, serta kurangnya sistem proteksi aliran air yang berpotensi menyebabkan kerusakan fatal pada pompa [1].

Solusi yang diimplementasikan adalah dengan merancang dan membangun sistem kontrol berbasis PLC yang terintegrasi dengan pompa air berdaya 2 *hp* pada sistem PAMSIMAS [1]. Keberhasilan implementasi sistem kontrol berbasis PLC ini menunjukkan bahwa PLC merupakan fondasi yang efektif untuk mengatasi masalah pada pompa distribusi, terutama yang berkaitan dengan kendala jarak dan kebutuhan proteksi [1]. Oleh karena itu, penelitian ini memperkuat justifikasi bahwa rancang bangun dan integrasi PLC yang kemudian dilengkapi dengan kemampuan pemantauan dari SCADA FUXA dalam tugas akhir ini, merupakan solusi yang tepat untuk mengoptimalkan kendali dan memitigasi risiko kerusakan pada pompa distribusi Air [1].

Penelitian [4] membahas mengenai implementasi sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) pada proses koagulasi instalasi pengolahan air menjadi relevansi penting bagi perancangan sistem otomatisasi pompa distribusi air. Studi ini berhasil mendemonstrasikan bahwa sistem kontrol otomasi mampu meningkatkan jaminan kualitas air serta mengurangi upaya operasional manual [4]. Secara spesifik, arsitektur sistem yang dirancang didasarkan pada PLC Schneider M221 sebagai unit kontrol pusat, yang berfungsi memproses logika otomasi dari sensor dan mengendalikan aktuator, seperti pompa. Fungsionalitas (HMI) *Human Machine Interface* Weintek MT8071iP dalam penelitian tersebut mereplikasi peran antarmuka SCADA yang akan diimplementasikan dalam tugas akhir [4]. HMI digunakan untuk dua fungsi utama yaitu *Supervisory Control* (pemberian perintah melalui tombol virtual) dan *Data Acquisition* (menampilkan pembacaan data *real-*

time seperti status pompa dan nilai proses). Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme manajemen alarm, dimana pesan informasi ketidaksesuaian akan dimunculkan dan riwayat kejadian dicatat dalam *Alarm Log* [4]. Keberhasilan integrasi antara sensor, PLC, dan antarmuka visual ini memberikan bukti teknis bahwa sistem yang akan dirancang dan dibangun dalam tugas akhir ini mampu mencapai tujuan otomatisasi pompa distribusi air secara efektif dan termonitor [4].

Jurnal [7] mengulas transformasi sistem pengolahan limbah industri dari metode konvensional/manual menuju sistem otomasi berbasis PLC Siemens S7-1214 yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan. Fokus utama penelitian tersebut terletak pada implementasi arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk memprediksi parameter kritis seperti pH dan suhu secara *real-time* [7]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi ini mampu meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan, termasuk reduksi waktu siklus pengolahan sebesar 31% serta minimalisasi intervensi operator [7]. Selain itu, penggunaan teknologi pemantauan jarak jauh melalui modul komunikasi dan antarmuka HMI memastikan seluruh proses distribusi cairan berjalan stabil dan sesuai dengan standar industri [7]. Melalui pendekatan tersebut, jurnal ini menegaskan bahwa integrasi logika kontrol pada PLC merupakan fondasi utama dalam membangun sistem manajemen air yang andal dan efisien [7].

Relevansi jurnal [7] terhadap penelitian yang sedang dilakukan sangat signifikan, terutama dalam memperkuat argumen mengenai efisiensi operasional melalui otomasi. Terdapat kesamaan fundamental dalam penggunaan PLC sebagai unit kendali pusat untuk mengatur kerja pompa dan menjaga stabilitas tekanan pada sistem distribusi. Meskipun penelitian ini berfokus pada penggunaan metode *State Diagram* dalam penyusunan logika kontrolnya, jurnal tersebut menyajikan data empiris yang valid mengenai bagaimana otomasi PLC dapat mereduksi kesalahan manusia (*human error*) serta mengoptimalkan kinerja distribusi di lapangan. Lebih lanjut, implementasi SCADA FUXA dalam rancangan penelitian ini sejalan dengan konsep pemantauan jarak jauh yang diangkat dalam jurnal, sehingga literatur ini menjadi referensi yang kuat untuk mendukung urgensi modernisasi sistem distribusi air bersih pada instalasi *Booster Mawar* [7].

Jurnal [8] membedah keunggulan metode *State Diagram* sebagai solusi perancangan program PLC pada sistem mesin sekuensial dibandingkan dengan penggunaan *flowchart* konvensional [8]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *State Diagram* mampu memetakan transisi antar kondisi kerja mesin secara lebih terstruktur dan efisien, yang pada akhirnya mempercepat proses pemrograman serta meningkatkan faktor keamanan operasional [8]. Melalui implementasi pada mesin pemasang *insert nut*, jurnal tersebut membuktikan bahwa logika yang dibangun dengan metode ini mempermudah deteksi kesalahan (*troubleshooting*) karena setiap tahapan kerja didefinisikan secara spesifik ke dalam *state* tertentu yang terintegrasi dalam bahasa *Ladder Diagram* [8].

Relevansi jurnal [8] terhadap tugas akhir yang sedang disusun sangatlah krusial, terutama sebagai landasan teoretis untuk menjustifikasi pemilihan metode *State Diagram* dalam mengendalikan sistem pompa distribusi air bersih [8]. Sebagaimana dipaparkan dalam jurnal tersebut, metode ini sangat efektif untuk sistem yang memerlukan urutan kerja ketat dan aspek keamanan tinggi, hal mana sangat sesuai dengan kebutuhan sistem *Booster Mawar* dalam mengatur rotasi pompa serta penanganan kondisi abnormal seperti tekanan rendah atau *dry running*. Penggunaan literatur ini akan memperkuat argumen bahwa rancang bangun sistem kendali berbasis *State Diagram* bukan sekadar alternatif, melainkan metode yang lebih andal dalam menjamin stabilitas distribusi air dibandingkan logika *flowchart* [8]. Selain itu, alur konversi dari diagram keadaan ke *Ladder Diagram* yang dipaparkan dalam jurnal tersebut menjadi rujukan teknis penting dalam menyusun algoritma pemrograman pada PLC Schneider M221 yang digunakan dalam penelitian ini.

Jurnal [9] membahas inovasi dalam pembuatan program PLC melalui transformasi otomatis dari model desain *Systems Modeling Language* (SysML) menjadi kode *Ladder Diagram* [9]. Penelitian tersebut menyoroti tantangan pada kompleksitas sistem kontrol industri modern yang menyebabkan pemrograman manual menjadi rawan kesalahan dan memakan waktu lama, sehingga penulis mengusulkan sebuah kerangka kerja yang menggunakan model perilaku seperti *State Machine Diagram* untuk menjamin akurasi logika kontrol [9]. Dengan

mengadopsi metode ini, integritas antara desain sistem dan implementasi program dapat terjamin secara konsisten, yang pada akhirnya mampu mereduksi beban kerja pengembang serta meminimalkan risiko ketidaksesuaian antara spesifikasi desain dengan hasil akhir logika kontrol di lapangan [9].

Relevansi jurnal [9] terhadap tugas akhir ini sangat signifikan, terutama dalam memberikan validasi ilmiah terhadap alur kerja *Model-Based Design* yang diterapkan [9]. Penggunaan metode *State Diagram* secara manual dalam skripsi selaras dengan tren riset terkini yang memposisikan diagram keadaan sebagai standar industri global untuk mendefinisikan perilaku sistem kompleks sebelum diimplementasikan ke dalam PLC [9]. Selain itu, jurnal tersebut memperkuat argumentasi mengenai keandalan logika kontrol, di mana pendekatan berbasis state terbukti mampu menjaga konsistensi operasional pompa distribusi air dan menghindari konflik logika dibandingkan dengan penulisan program secara langsung tanpa pemodelan. Lebih lanjut, konsep transformasi otomatis dalam jurnal ini dapat dijadikan referensi pada bagian saran atau penelitian mendatang guna mengembangkan pemodelan manual menjadi sistem otomatisasi kode yang lebih canggih.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan logika otomasi pompa distribusi air menggunakan metode *State Diagram* pada PLC yang terintegrasi dengan konfigurasi SCADA FUXA untuk menyediakan visualisasi, dan monitoring data *real-time* ?
2. Bagaimana kinerja sistem kendali berbasis *State Diagram* pada PLC dalam merespons kondisi transisi pompa, serta sejauh mana stabilitas dan akurasi SCADA FUXA dalam menyajikan visualisasi data *real-time* ?

1.4 Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan logika kontrol otomasi pompa distribusi air bersih menggunakan metode *State Diagram* dan memprogramnya pada PLC untuk memastikan operasi pompa berjalan

optimal dan terstruktur di fasilitas *Booster* Mawar yang melayani distribusi air wilayah Depok 1 dan Depok Utara.

2. Menguji kinerja PLC dan SCADA FUXA agar mampu menyediakan antarmuka HMI (*Human Machine Interface*) untuk visualisasi status sistem, dan *monitoring* data *real-time*.

1.5 Manfaat

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan baik secara akademis maupun praktis. Secara akademis, penelitian ini menambah khazanah ilmu pengetahuan di bidang teknik kontrol dengan menyediakan studi kasus konkret mengenai penerapan metode *State Diagram* untuk perancangan logika kontrol PLC pada sistem penting seperti pompa air, serta menjadi referensi akademik mengenai implementasi dan integrasi *platform* SCADA FUXA *open-source* dengan perangkat keras industri.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, hasil implementasi sistem otomasi ini akan meningkatkan efisiensi dan keandalan operasi pompa di *Booster* Mawar Kota Depok. Otomasi menggunakan PLC dengan metode *State Diagram* memastikan logika kerja pompa menjadi terstruktur. Sistem SCADA FUXA akan memungkinkan operator untuk melakukan *monitoring* data *real-time*, yang pada akhirnya mempercepat penanganan masalah dan mengoptimalkan jadwal operasional.

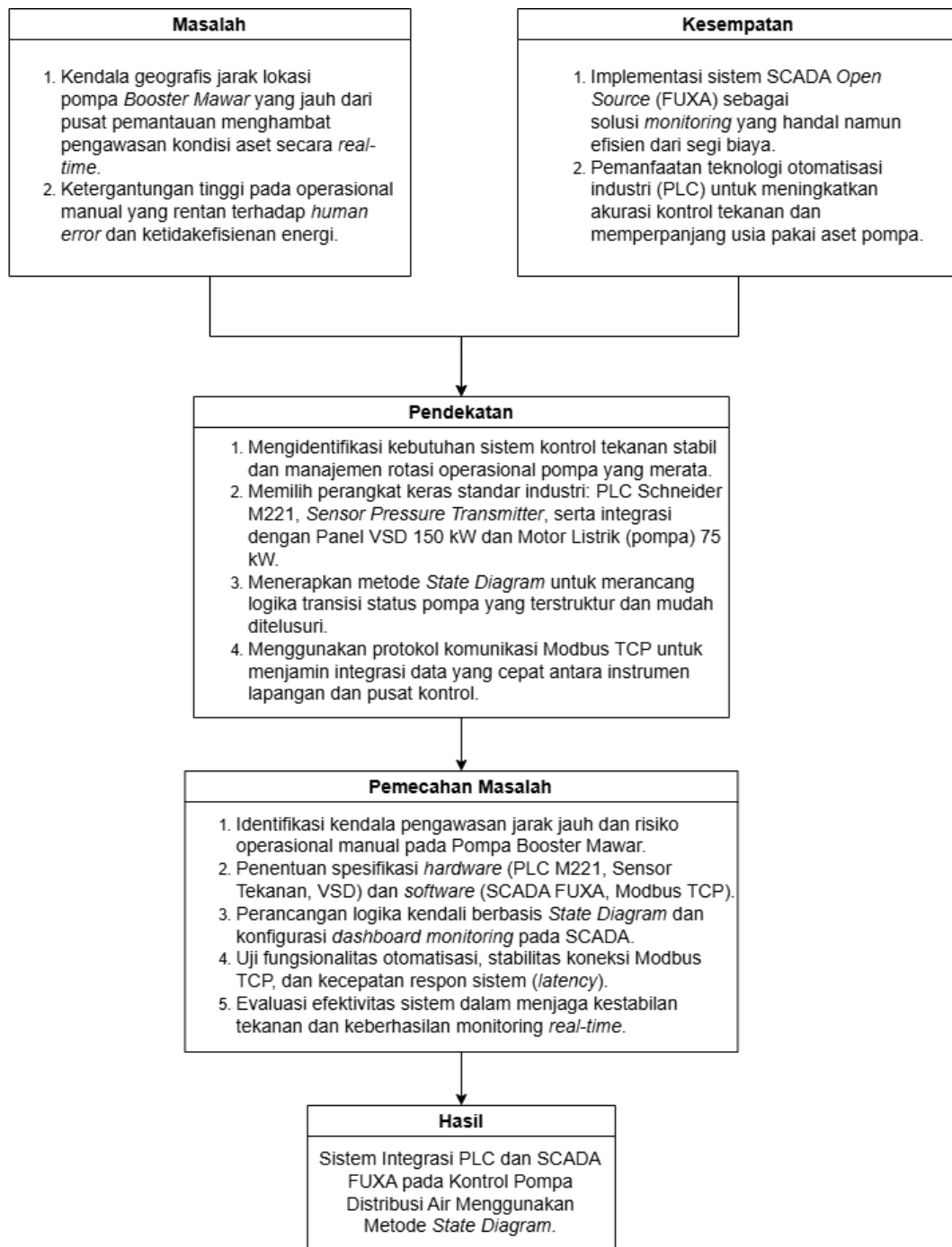
1.6 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan implementasi sistem otomasi pada dua unit pompa distribusi air yang ada di lokasi *Booster* Mawar Kota Depok.
2. Perangkat keras utama yang digunakan terbatas pada *Programmable Logic Controller* (PLC) yang sudah tersedia atau spesifikasinya telah ditentukan, serta sensor *Pressure Transmitter* sebagai *input* utama.

3. Perangkat lunak yang digunakan adalah SCADA FUXA untuk visualisasi dan *monitoring*, serta *software* pemrograman PLC (seperti *SoMachine Basic*) untuk perancangan logika kontrol.
4. Logika kendali otomasi pompa hanya diimplementasikan menggunakan metode *State Diagram* dan berfokus pada dua fungsi utama yaitu, pengaturan tekanan (berdasarkan *setting pressure*) dan rotasi (pergantian) operasional pompa secara otomatis.
5. Komunikasi dan integrasi sistem wajib menggunakan protokol Modbus TCP antara PLC, *Inverter* (VSD), dan SCADA FUXA. Fungsionalitas yang diuji terbatas pada visualisasi data *real-time*.
6. Evaluasi kinerja hanya mencakup pengujian fungsionalitas logika kontrol *State Diagram* dan stabilitas komunikasi Modbus TCP antara PLC dan SCADA FUXA, serta keakuratan *monitoring* data tekanan. Penelitian ini tidak mencakup analisis mendalam mengenai efisiensi motor pompa atau perhitungan hidrolika jaringan pipa secara luas.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan landasan konseptual dan struktural yang menggambarkan alur penalaran akademis secara sistematis dalam merangkum serta menyelesaikan permasalahan utama penelitian. Sebagaimana disajikan pada Gambar 1.1 Kerangka berpikir, konsep ini memetakan sintesis logis yang menghubungkan latar belakang masalah, potensi/kesempatan pengembangan, pendekatan metodologis, hingga tahapan pemecahan masalah. Melalui alur yang terstruktur ini, proses perancangan dan integrasi sistem dapat dieksekusi secara terarah guna menghasilkan solusi teknis yang akurat, efektif, serta relevan terhadap permasalahan operasional yang diangkat.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

1.8 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan proposal penelitian ini maka akan dibagi menjadi 6 bab dan setiap bab dibagi kedalam beberapa sub-bab dengan penjelasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini dituliskan tinjauan pustaka tentang dasar ilmu penunjang yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diberikan diagram alur penelitian untuk Rancang Bangun Sistem Otomasi Pompa Distribusi Air Bersih Menggunakan PLC dengan metode *State Diagram*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini membahas mengenai dekonstruksi alur kerja pompa menggunakan metode *State Diagram* (FSM tipe *Moore Machine*) dan translasinya ke dalam persamaan Aljabar Boolean serta kode *Ladder Diagram*. Selain itu, bab ini menjabarkan perakitan fisik (*wiring layout*) panel PLC Schneider M221, sensor tekanan, panel VSD, serta konfigurasi antarmuka HMI SCADA FUXA berbasis protokol Modbus TCP.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan data dan analisis dari hasil pengujian sistem yang dilakukan secara parsial maupun terintegrasi. Lingkup pengujian meliputi akuisisi data sensor *pressure transmitter*, validasi terminal I/O digital PLC, stabilitas jaringan komunikasi Modbus TCP, pengujian fungsional algoritma *State Diagram* (fitur rotasi 6 jam), serta evaluasi fitur *monitoring* dan *remote control* pada SCADA FUXA.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab penutup ini diuraikan kesimpulan dari seluruh rangkaian hasil rancang bangun, implementasi, dan pengujian sistem otomasi pompa distribusi air bersih di fasilitas *Booster* Mawar. Bab ini juga memuat saran-saran akademis maupun praktis untuk pengembangan sistem dan penelitian lanjutan dimasa mendatang.

