

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis

Pada analisis yang akan dijelaskan pada bab ini, akan dibahas mengenai hasil dari pengumpulan dan pengolahan data yang terdapat pada bab 4. Analisis yang akan disampaikan adalah hasil faktor penghambat, strategi perancangan produk dan usulan produk.

5.1.1 Analisis Keinginan Pelanggan

Berdasarkan tabel 4. 27. Panel PLC pada sistem *Cooling tower*, dapat dianalisis beberapa aspek penting yang berkaitan dengan fungsi, kinerja, keandalan, dan kompatibilitas sistem.

Tabel 5. 1 Analisis Keinginan Pelanggan Panel PLC *Cooling tower*

NO	Dimensi Analisis	Kondisi Awal Panel PLC	Kebutuhan / Harapan Pelanggan	Dampak Terhadap Sistem
1	<i>Functionality</i>	Jumlah device PLC belum mencukupi untuk membaca seluruh sinyal sensor (suhu, level air, <i>Pressure</i>) dan mengontrol aktuator (motor fan, pompa, <i>solenoid valve</i>).	Panel PLC mampu mengakomodasi seluruh input dan output sesuai kebutuhan sistem <i>Cooling tower</i> .	Fungsi kontrol tidak berjalan optimal dan diperlukan penambahan device PLC.
2	<i>Performance</i>	Sistem daya belum dilengkapi proteksi yang memadai seperti MCB, <i>fuse</i> , dan <i>grounding</i> yang baik sehingga tegangan tidak stabil	Sistem daya yang stabil dengan proteksi lengkap untuk mendukung kinerja PLC.	Kinerja PLC terganggu, berpotensi menyebabkan <i>error</i> sistem dan kerusakan komponen.
3	<i>Reliability</i>	Tata letak komponen dan penataan kabel belum sesuai	Penataan komponen dan kabel yang rapi, aman, dan sesuai	Risiko panas berlebih, <i>short</i> circuit, dan penurunan umur

		standar wiring pane	standar panel listrik.	komponen meningkat.
4	<i>Compatibility</i>	Panel PLC belum sepenuhnya menyesuaikan dengan jumlah dan kapasitas pompa <i>Cooling tower</i> .	Panel PLC kompatibel dengan seluruh pompa, termasuk sinyal start–stop, <i>overload</i> , level <i>switch</i> , dan <i>Pressure switch</i> .	Sistem kontrol tidak maksimal dan berpotensi menghambat proses operasional.

Pada dimensi *functionality*, panel PLC yang digunakan saat ini belum mampu mengakomodasi seluruh kebutuhan input dan output sistem. Keterbatasan jumlah *device* PLC menyebabkan tidak semua sinyal dari sensor maupun aktuator dapat terbaca dan dikendalikan secara optimal. Kondisi ini mengakibatkan fungsi kontrol sistem *Cooling tower* belum berjalan secara menyeluruh, sehingga diperlukan penambahan dan penyesuaian perangkat agar seluruh fungsi operasional dapat terpenuhi. Selanjutnya, pada dimensi *performance*, permasalahan utama terletak pada sistem catu daya panel PLC. Proteksi kelistrikan yang belum lengkap, seperti ketiadaan MCB, fuse, dan sistem grounding yang memadai, menyebabkan suplai tegangan ke PLC menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan ini berpotensi mengganggu kinerja PLC selama operasi berlangsung serta meningkatkan risiko terjadinya gangguan sistem maupun kerusakan komponen kontrol.

Dimensi *reliability*, keandalan panel PLC dinilai masih perlu ditingkatkan. Penataan komponen dan jalur kabel yang belum sesuai dengan standar perancangan panel listrik dapat menimbulkan risiko teknis, seperti panas berlebih, kemungkinan terjadinya hubung singkat, serta kerusakan akibat getaran mesin. Kondisi tersebut dapat berdampak pada penurunan umur pakai komponen dan menurunkan tingkat keandalan sistem secara keseluruhan. Sementara itu, pada dimensi *compatibility*, panel PLC belum sepenuhnya disesuaikan dengan jenis dan kapasitas pompa yang digunakan pada sistem *Cooling tower*. Kebutuhan sinyal kontrol, seperti perintah start–stop, umpan balik *overload*, serta sinyal dari level *switch* dan *Pressure switch*, belum sepenuhnya terakomodasi.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa panel PLC masih memerlukan beberapa perbaikan, baik dari segi teknis maupun perancangan

panel, agar dapat bekerja secara optimal, stabil, dan andal sesuai dengan kebutuhan sistem *Cooling tower*.

5.1.2 Analisis Strategi Perancangan Produk

Pada *design* awal panel PLC *Cooling tower*, perancangan sistem masih bersifat dasar dan belum sepenuhnya mempertimbangkan kebutuhan operasional secara menyeluruh. Panel dirancang untuk mengontrol proses utama *Cooling tower*, namun dalam implementasinya masih ditemukan beberapa kekurangan baik dari sisi teknis maupun keselamatan kerja.

Design fungsional, jumlah input dan output PLC pada desain awal belum direncanakan secara detail berdasarkan seluruh perangkat lapangan yang digunakan. Akibatnya, PLC mengalami keterbatasan dalam membaca sinyal dari sensor suhu, level air, dan *Pressure switch*, serta dalam mengontrol aktuator seperti motor *fan*, pompa, dan solenoid valve. Kondisi ini menyebabkan sistem belum dapat bekerja secara optimal dan berpotensi memerlukan penambahan *device* PLC di kemudian hari.

Pada sistem catu daya, desain panel sebelumnya belum dilengkapi dengan komponen proteksi yang memadai. Tidak adanya MCB, fuse, dan sistem grounding yang baik menyebabkan suplai tegangan ke PLC menjadi kurang stabil. Tegangan yang naik turun dapat memengaruhi kinerja PLC serta meningkatkan risiko kerusakan komponen elektronik di dalam panel.

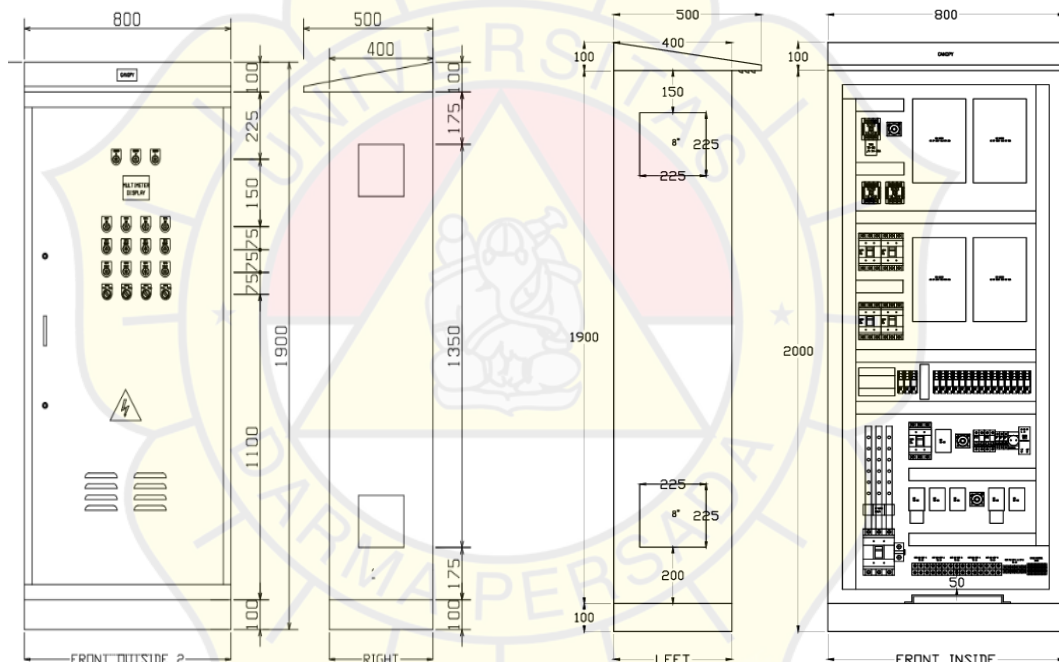
Selain itu, dari segi penataan komponen dan *wiring*, desain awal panel belum mengikuti standar perancangan panel kontrol yang baik. Tata letak komponen kurang rapi dan penataan kabel belum terorganisir dengan benar. Hal ini meningkatkan risiko terjadinya panas berlebih, hubungan singkat (*short circuit*), serta gangguan akibat getaran mesin yang berasal dari pompa dan motor *Cooling tower*.

Dari sisi kompatibilitas, desain panel sebelumnya belum sepenuhnya menyesuaikan dengan jenis dan kapasitas pompa *cooling tower* yang digunakan. Beberapa sinyal penting seperti *feedback overload*, level *switch*, dan *Pressure switch* belum direncanakan secara optimal dalam sistem kontrol. Akibatnya, sistem kontrol masih memiliki keterbatasan dalam memantau dan melindungi peralatan selama proses operasi berlangsung.

Secara keseluruhan, desain awal panel PLC masih memerlukan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut. Perbaikan desain diperlukan agar panel dapat bekerja lebih stabil, aman, dan andal, serta sesuai dengan kebutuhan operasional *Cooling tower* secara keseluruhan.

5.1.3 Analisis usulan Design Produk

Desain sebelumnya menampilkan konsep yang masih belum memenuhi harapan pelanggan, dengan fokus utama pada fungsi dasar, kemudian tata letak komponen belum tertata secara optimal, serta belum memenuhi keinginan *Customer*. Dari aspek tampilan maupun fungsional maka dari itu dibuat kan usulan design panel PLC *Control cooling tower* baru yang sesuai dengan keinginan dan harapan *customer*.



Gambar 5. 1 Design Awal Panel PLC Control Cooling tower

Secara keseluruhan, desain awal panel PLC *Control Cooling tower* masih bersifat fungsional dasar dan belum sepenuhnya mempertimbangkan aspek keandalan, keselamatan, dan pengembangan sistem di masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang panel PLC yang lebih terstruktur dan terstandarisasi agar sistem kontrol dapat bekerja secara optimal, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan operasional *Cooling tower*.

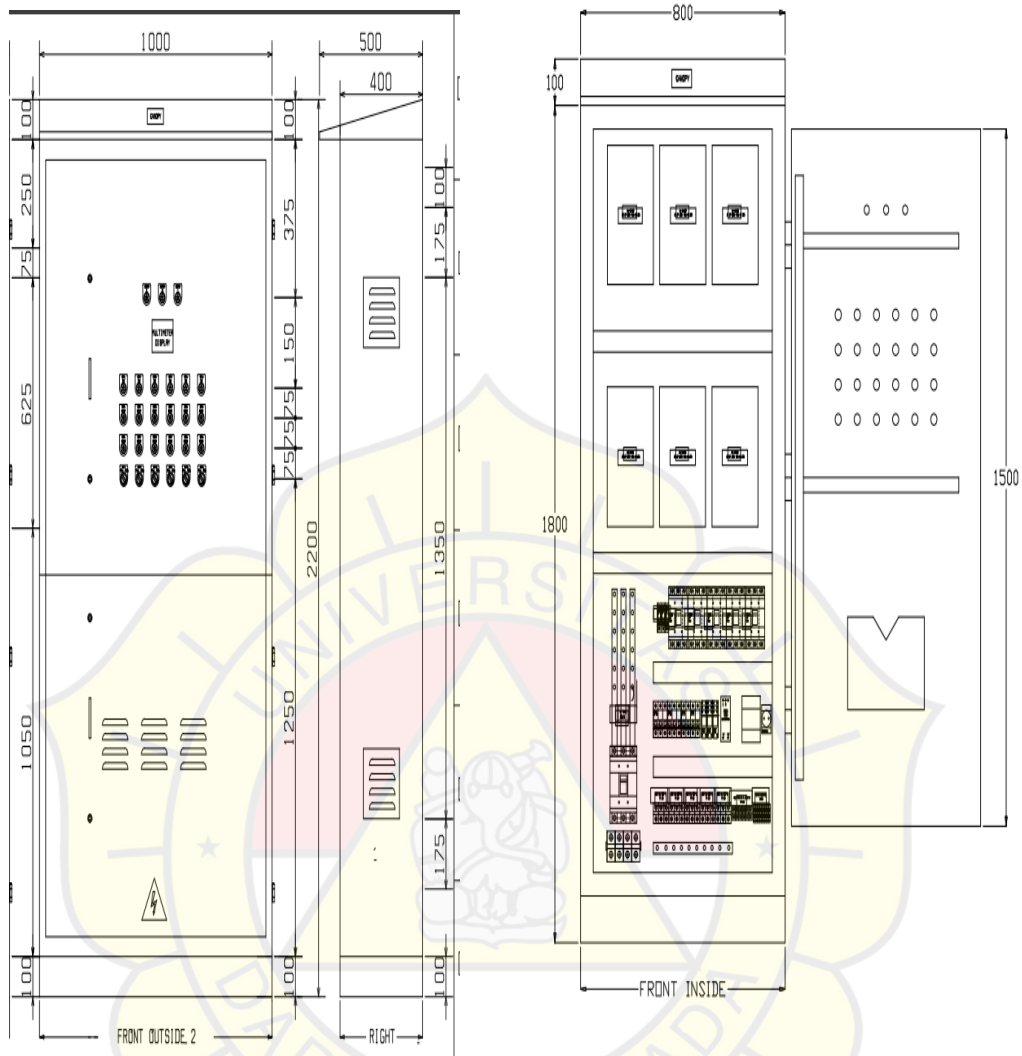
Berdasarkan tabel perbandingan antara kondisi awal dan usulan perancangan panel PLC *Control cooling tower*, dapat diketahui adanya beberapa perubahan yang dirancang untuk meningkatkan kinerja, fleksibilitas, dan kemudahan operasional sistem. Perubahan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna serta hasil analisis terhadap keterbatasan panel PLC yang digunakan sebelumnya.

Tabel 5. 2 Spesifikasi *Design* Awal Panel PLC *Control Cooling tower*

No	Spesifikasi Awal Panel
1	Panel PLC <i>Control Cooling tower</i> <ul style="list-style-type: none"> • Nama Panel: Panel PLC <i>Control Cooling tower</i> • Fungsi Utama: Mengontrol dan memonitor sistem pendinginan (<i>Cooling tower</i>) secara otomatis dan manual • Tipe Kontrol: Otomatis dan Manual
2	Dimensi panel <ul style="list-style-type: none"> • Panjang 1900 mm • Lebar 800 mm • Tebal 400 mm • Tinggi Topi 100 mm
3	Pintu panel masih menjadi 1 bagian bukaan saja sehingga mempersulit saat melakukan <i>maintenance</i> .
4	Tidak ada digital meter untuk melakukan monitoring panel sehingga menyulitkan operator.
5	Hanya bisa menjalankan 4 pompa <i>cooling tower</i> .
6	Tata letak komponen dalam panel belum rapi dan terstruktur.

Tabel tersebut merupakan spesifikasi dari design awal panel PLC *Control cooling tower*. Nantinya akan dilakukan perubahan rancangan design sesuai dengan keinginan pelanggan.

Usulan *design* produk dikembangkan berdasarkan kebutuhan konsumen sebagai bentuk penyempurnaan dari desain produk yang telah ada, disesuaikan dengan keinginan dan keperluan pelanggan. Pengembangan ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan keamanan sistem, sekaligus memberikan kemudahan dalam pengoperasian serta mendukung keberlangsungan operasional *Cooling tower* secara lebih optimal dan andal



Gambar 5. 2 Design Usulan Panel PLC Control Cooling tower

Design ini dirancang berdasarkan masukan *customer*, kuesioner kepuasan pelanggan dan Kuesioner FMEA. Bertujuan untuk memenuhi harapan dan keinginan pelanggan.

Tabel 5. 3 Spesifikasi Design Usulan Panel PLC Control Cooling tower

No	Spesifikasi Usulan Design Panel
1	<p>Panel PLC Control Cooling tower</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nama Panel: Panel PLC Control Cooling tower • Fungsi Utama: Mengontrol dan memonitor sistem pendinginan (Cooling tower) secara otomatis dan manual

	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe Kontrol: Otomatis dan Manual
2	Dimensi Panel <ul style="list-style-type: none"> • Panjang 1900 mm • Lebar 1000 mm • Tebal 400 mm Tinggi topi 100 mm
3	Ditambahkan digital meter untuk memudahkan proses monitoring operator
4	Buatkan menjadi 2 bagian sisi bukaan bagian atas dan bawah memudahkan dalam proses maintenance
5	Penambahan 2 pompa <i>cooling tower</i> 37 kW yang terintegrasi ke semua pompa yang sudah ada lewat PLC.
6	Perancangan ulang panel PLC dengan keinginan <i>customer</i> pada <i>system cooling tower</i> .

Berdasarkan tabel spesifikasi usulan desain panel PLC *Control Cooling tower*, dapat dijelaskan bahwa perancangan panel dilakukan untuk meningkatkan fungsi pengendalian, kemudahan operasional, serta keandalan sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna. Usulan desain ini disusun sebagai pengembangan dari kondisi *Eksisting* yang sebelumnya memiliki beberapa keterbatasan dalam mendukung sistem pendinginan.

Secara keseluruhan, perancangan ulang panel PLC ini dilakukan dengan mempertimbangkan keinginan dan kebutuhan pengguna pada sistem *Cooling tower*. Usulan desain diharapkan mampu meningkatkan efektivitas sistem kontrol, kemudahan pengoperasian, serta keandalan panel PLC dalam mendukung proses pendinginan secara optimal.

5.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis kebutuhan konsumen dan evaluasi terhadap sistem sebelumnya. Perancangan ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem, keamanan operasional, serta kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Sistem kontrol dirancang agar mampu mengatur kerja motor *fan* dan pompa secara otomatis berdasarkan parameter yang telah ditentukan, seperti suhu dan kondisi operasional *Cooling tower*.

Berikut adalah langkah-langkah proses perancangan desain Panel PLC *Control Cooling tower*

1. Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi sistem
Mengumpulkan data kebutuhan operasional *Cooling tower* berdasarkan kondisi lapangan dan permintaan pengguna, meliputi kapasitas motor, jumlah pompa dan *fan*, jenis sensor (suhu, level, *flow*), serta kebutuhan kontrol dan proteksi sistem.
2. Analisis sistem *existing*
Melakukan evaluasi terhadap desain panel sebelumnya untuk mengidentifikasi kekurangan, potensi masalah, serta aspek yang perlu ditingkatkan dari sisi kinerja, keamanan, dan kemudahan operasional.
3. Penentuan konsep design panel
Menentukan konsep desain panel PLC yang meliputi sistem kontrol (otomatis/manual), metode pengoperasian, sistem proteksi, serta standar yang digunakan.
4. Perancangan sistem kontrol
Menyusun diagram sistem kontrol, termasuk pemilihan PLC, modul *device* perangkat proteksi, dan integrasi antar komponen agar sistem bekerja secara terkoordinasi.
5. Pemilihan komponen panel
Menentukan komponen utama dan pendukung seperti PLC, MCB/MCCB, kontaktor, relay, inverter/VFD, power supply, terminal, dan sensor, yang disesuaikan dengan spesifikasi teknis dan kebutuhan sistem.
6. Pembuatan diagram kelistrikan
Menyusun diagram kelistrikan seperti *single line diagram*, *wiring diagram*, dan *Control diagram* untuk memastikan koneksi antar komponen jelas, aman, dan mudah dipahami.
7. Perancangan tata letak panel (menyesuaikan kondisi lapangan)
Mendesain tata letak fisik komponen di dalam panel dengan memperhatikan aspek ergonomi, kemudahan perawatan, sirkulasi panas, dan keselamatan kerja.
8. Evaluasi dan penyempurnaan *design*
Meninjau kembali desain apakah sudah memenuhi kebutuhan dan keinginan

konsumen secara keseluruhan berdasarkan hasil simulasi dan masukan dari pihak terkait, kemudian melakukan penyempurnaan jika diperlukan.

9. Finalisasi *design* panel

Menyelesaikan desain akhir yang siap digunakan sebagai acuan pembuatan, instalasi, dan pengoperasian Panel PLC *Control Cooling tower*.

Berikut adalah langkah-langkah cara pengoperasian Panel PLC *Control Cooling tower*

1. Pemeriksaan awal sistem

Pastikan sumber listrik utama dalam kondisi normal dan panel PLC tidak menunjukkan indikasi gangguan. Periksa kondisi fisik panel, kabel, serta komponen pendukung untuk memastikan tidak ada kerusakan.

2. Menghidupkan sumber daya panel

Aktifkan main *switch* atau MCCB pada panel untuk memberikan suplai daya ke seluruh sistem kontrol dan PLC. Pastikan lampu indikator daya menyala dengan normal.

3. Pemeriksaan status plc dan perangkat pendukung

Pastikan PLC dalam kondisi ready atau run, serta modul *device* berfungsi dengan baik. Periksa tampilan HMI atau indikator panel untuk memastikan tidak terdapat *alarm* atau kesalahan sistem.

4. Pemilihan mode operasi

Pilih mode pengoperasian sesuai kebutuhan, yaitu mode otomatis atau mode manual, melalui *selector switch* atau HMI.

a. Mode otomatis digunakan untuk pengoperasian normal berbasis parameter kontrol.

b. Mode manual digunakan untuk keperluan pengecekan atau perawatan.

5. Pengoperasian sistem pada mode otomatis

Pada mode otomatis, sistem akan bekerja berdasarkan logika PLC dan parameter yang telah ditentukan, seperti pengaturan kerja *fan* dan pompa sesuai suhu atau kondisi operasional *Cooling tower*.

6. Pengoperasian sistem pada mode manual

Pada mode manual, operator dapat menghidupkan atau mematikan *fan* dan

pompa secara langsung melalui tombol kontrol pada panel, dengan tetap memperhatikan prosedur keselamatan.

7. Pemantauan operasional sistem

Lakukan pemantauan selama sistem beroperasi melalui indikator panel digital meter, termasuk arus motor, status *fan* dan pompa, serta kondisi alarm untuk memastikan sistem berjalan normal.

8. Penanganan *alarm* dan gangguan

Apabila terjadi alarm atau gangguan, segera hentikan sistem sesuai prosedur, identifikasi penyebab gangguan, dan lakukan tindakan perbaikan sebelum sistem dijalankan kembali.

9. Penghentian operasional sistem

Untuk menghentikan sistem, matikan operasi *fan* dan pompa melalui panel kemudian turunkan tuas main *switch* atau MCCB jika sistem tidak digunakan dalam jangka waktu lama.

10. Pemeriksaan setelah operasi

Setelah sistem dimatikan, lakukan pemeriksaan ulang untuk memastikan panel dan *Cooling tower* dalam kondisi aman dan siap digunakan kembali.

