

BAB III

PELAKSANAAN KERJA MAGANG

3.1 Kedudukan dan Koordinasi

Pada Pelaksanaan program kerja magang pada perusahaan PT. Sinar Vinito Jaya, penulis diberikan posisi sebagai engineering support di bidang instalasi dan sistem kelistrikan. Dalam kegiatan magang tersebut, penulis turut membantu tim engineering dalam pekerjaan teknis seperti pemasangan panel listrik, wiring, serta pembuatan gambar instalasi. Selain itu, penulis juga berpartisipasi dalam penyusunan dokumen proyek, meliputi *material and work approval*, pemilihan komponen, dokumentasi, dan *daily report* mingguan.

Sebagai bagian dari tanggung jawab proyek magang, penulis melaksanakan sebuah proyek perancangan sistem instalasi tenaga listrik pada area renovasi *locker room* di PT Dover Chemical Plant Merak, yang merupakan salah satu klien dari PT Sinar Vinito Jaya. Proyek ini bertujuan agar *locker room* yang digunakan untuk pekerja di PT Dover Chemical bisa lebih maksimal dalam menunjang peningkatan fasilitas kerja karyawan. Untuk itu diperlukan suatu rancangan instalasi tenaga listrik yang baik dan handal guna dapat melayani kebutuhan sehari-hari. Proyek ini mencakup penerapan sensor *motion detector* untuk sistem penerangan dan *timer digital* untuk *fan blower* sebagai langkah optimasi penggunaan energi listrik melalui sistem otomatisasi sederhana yang mendukung efisiensi dan keselamatan kerja di lingkungan industri.

3.2 Tugas dan Uraian Kerja Magang

Bagian Tujuan berisi hal-hal yang dilakukan selama periode kerja magang.

Bagian Uraian berisi penjelasan secara umum mengenai pekerjaan yang dilakukan selama proses kerja magang

Tabel 3.1 – Uraian Kerja Magang

Bulan	Kegiatan
Juli	<ul style="list-style-type: none"> • Perkenalan dan adaptasi tempat magang • Product knowledge perusahaan
Agustus	<ul style="list-style-type: none"> • Mempelajari dokumen proyek seperti single line diagram dan layout instalasi • Mempelajari prosedur kerja sesuai PUIL 2011 dan standar keselamatan kerja. • Mencoba membuat layout instalasi Listrik sederhana. • Membantu membuat dokumen pendukung pekerjaan, seperti langkah langkah kerja setiap pekerjaan dan weekly report project.
September	<ul style="list-style-type: none"> • Survey lokasi project • Mempelajari proses pembuatan material approval, work approval, • Membuat gambar instalasi listrik penerangan, fan blower, switch, motion detector, dan desain komponen yang akan digunakan.
Oktober	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung kebutuhan daya, daya aktif, luas kabel

	<p>penampang, KHA, dan drop voltage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan ulang hasil perhitungan dengan kondisi aktual di lapangan. • Membantu dalam proses revisi gambar instalasi listrik berdasarkan hasil evaluasi lapangan.
November	<ul style="list-style-type: none"> • Mengecek kembali kelengkapan dokumen seperti layout dan laporan harian. • Mempelajari software etap untuk simulasi drop voltage. • Mempelajari prinsip prinsip sensor yang digunakan yaitu motion detector dan timer digital.

3.3 Uraian Kerja Magang

Salah satu persyaratan dalam instalasi listrik adalah dengan berpedoman pada PUIL 2011 yang bertujuan terhindarnya dari bahaya kebakaran dengan penentuan arus lebih dan arus hubung singkat sehingga kemampuan hantar arus listrik pada kabel penghantarnya sesuai dengan yang ditentukan Kemampuan Hantar Arus (KHA). Kabel penghantar adalah komponen penting dalam instalasi listrik karena berfungsi menyalurkan arus ke beban yang terpasang. Oleh sebab itu, penting untuk mengetahui dengan tepat besar beban yang digunakan agar kapasitas kabel sesuai dan aman.

Semakin besar diameter kabel maka semakin tinggi kemampuan hantar arus yang dimiliki oleh penghantar kabel tersebut, selain itu jenis kabel juga

mempengaruhi isolator yang menyelubungi penghantar juga mempengaruhi keamanan kabel sebagai penghantar arus listrik juga akan berbeda jenis kabel dan kemampuan pada jenis tegangan yang berbeda [4]. Dalam pemilihan kabel sebagai penghantar maka ada beberapa parameter yang diperlu diperhatikan, diantaranya arus beban, daya maksimal beban, kondisi penggunaan beban, metode pemasangan kabel, Kapasitas penghantar listrik dapat ditentukan dengan jenis dan diameter (luas penampang) dari kabel itu sendiri dengan Tabel 1.1 KHA pada kabel Penghantar penentuan Kemampuan Hantar Arus (KHA) dari, terdapat beberapa jenis penghantar [5]. Untuk penentuan nilai arus dapat menggunakan persamaan berikut [6].

$$V = I \times R \quad \text{..(1)}$$

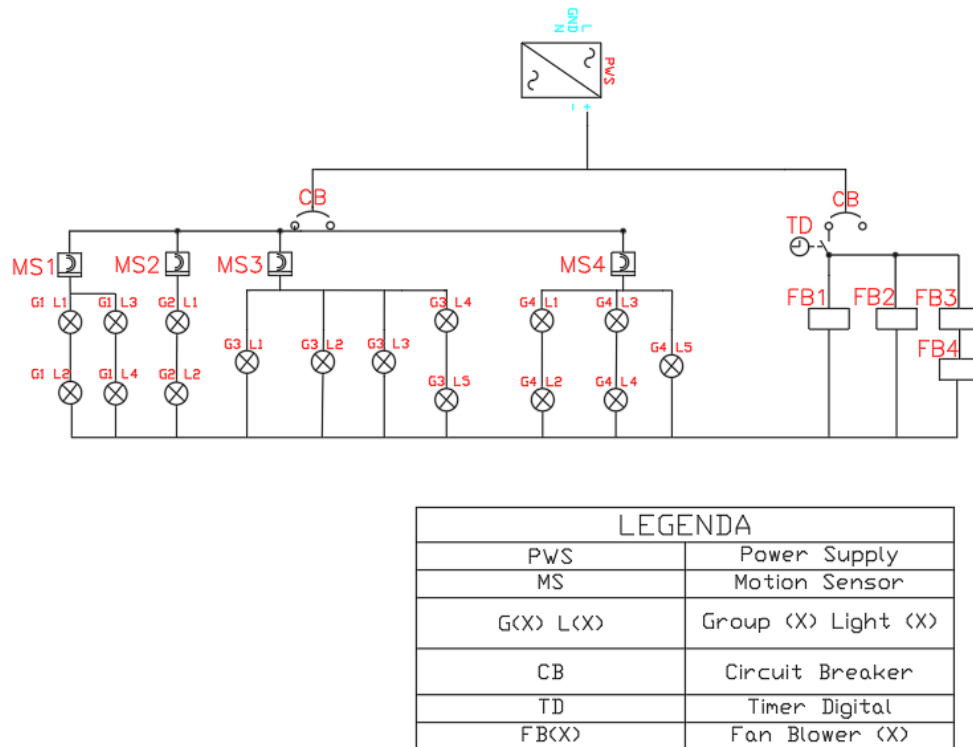
$$P = V \times I \cos \emptyset \text{ atau} \quad \text{..(2)}$$

$$i = \frac{P}{V \times \cos \emptyset} \quad \text{..(3)}$$

Dimana ;

- i = Arus Listrik (A)
- V = Tegangan Listrik (V)
- P = Daya Listrik (W)

Proyek ini dilakukan dengan melakukan analisa terhadap gambar *layout* dari gambar ruangan loker sebelum dan sesudah renovasi kemudian mendata barang barang elektronik yang akan digunakan.



Gambar 3.1 – SLD Kelistrikan Ruang Loker

Dalam sebuah instalasi ruangan modern, sistem penerangan dan *exhaust fan* sering dibuat otomatis untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Gambar 3.1 merupakan *Single Line Diagram* (SLD) yang merangkum alur kelistrikan untuk lampu dan *fan blower* yang dikendalikan oleh *motion sensor* serta *digital timer*. Diagram ini tidak menggambarkan seluruh kabel secara detail, melainkan memberikan gambaran alur utama dari sumber daya hingga ke beban.

Diagram ini menunjukkan bahwa sumber listrik berasal dari *Power Supply* (PWS) yang kemudian dibagi menjadi dua jalur utama melalui sebuah *Circuit Breaker* (CB) sebagai pengaman.

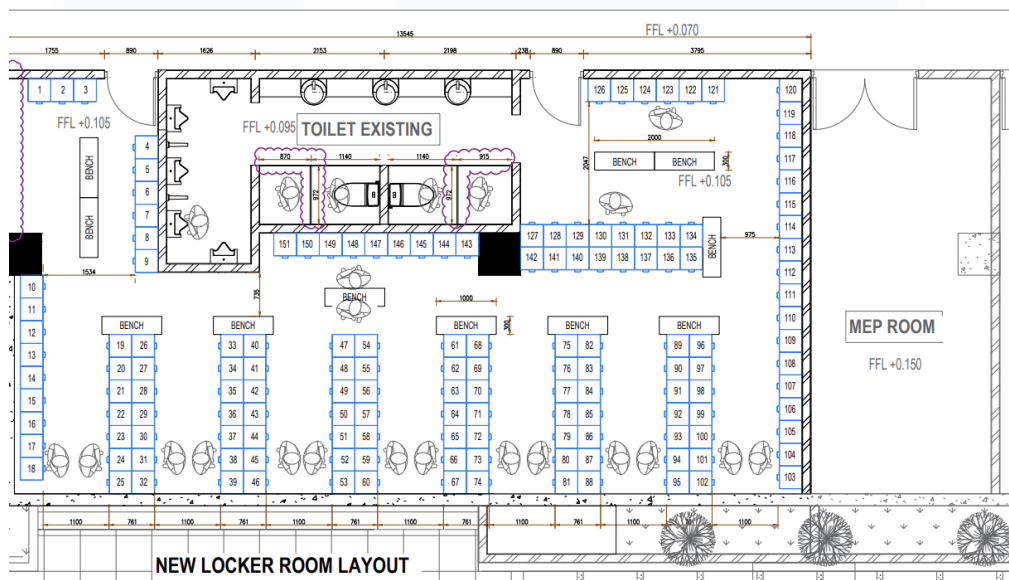
Pada jalur pertama, empat *motion sensor* (MS1 sampai MS4) mengendalikan empat grup lampu yang berbeda. Ketika salah satu sensor mendeteksi pergerakan, ia akan mengalirkan sinyal untuk menyalakan lampu pada grupnya masing-masing. Pembagiannya adalah sebagai berikut:

- MS1 → Group 1 (4 lampu)

- MS2 → Group 2 (2 lampu)
- MS3 → Group 3 (5 lampu)
- MS4 → Group 4 (5 lampu)

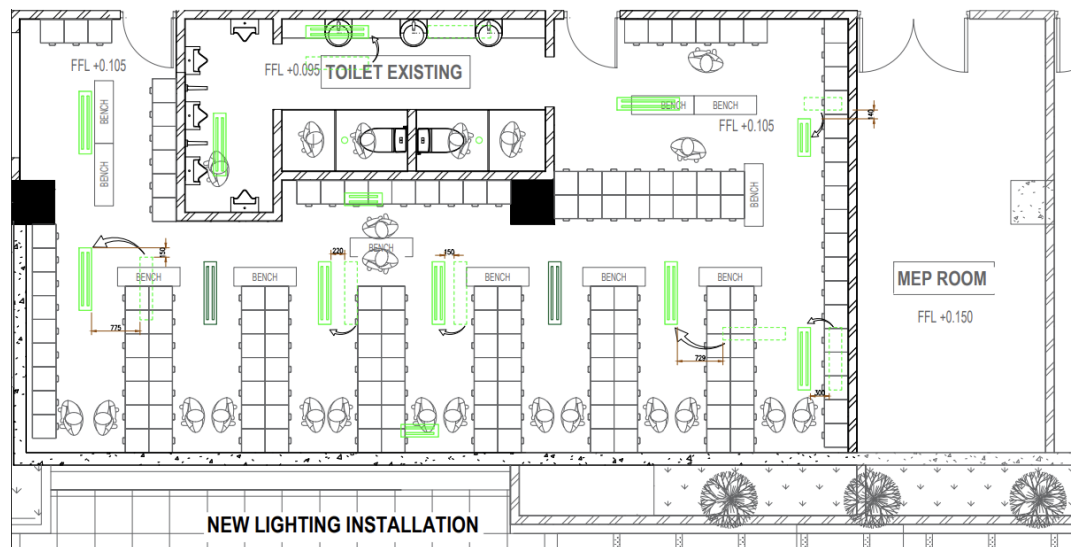
Setiap *motion sensor* bertindak sebagai saklar otomatis yang hanya aktif saat ada gerakan.

Pada jalur kedua, terdapat *Digital Timer* (TD) yang mengontrol *empat Fan Blower* (FB1–FB4). *Timer* berfungsi mengatur kapan *fan blower* menyala dan mati sesuai jadwal yang ditentukan, sehingga bekerja independen dari sistem lampu.



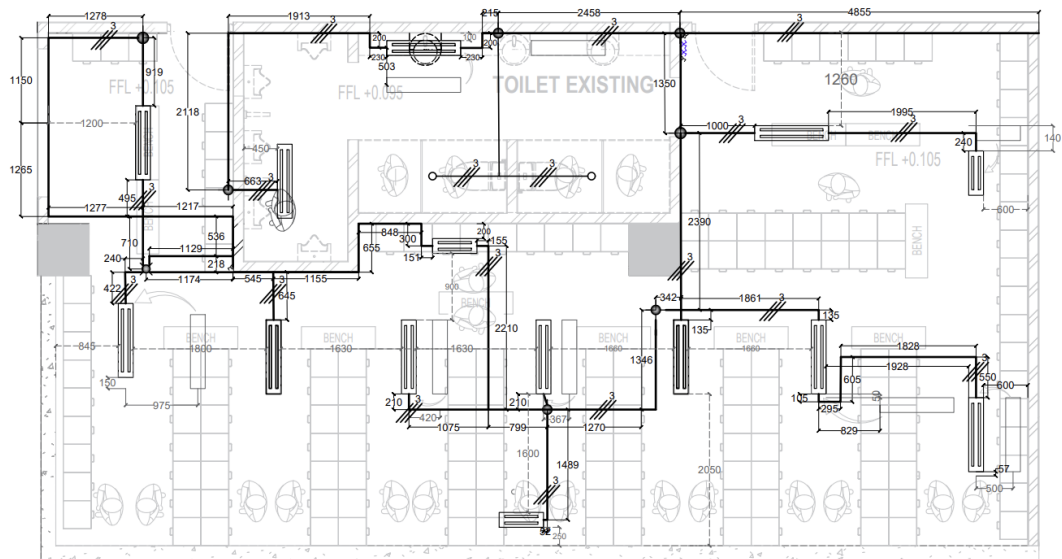
Gambar 3.2 – Layout Perencanaan Locker Room Setelah Renovasi

Gambar 3.2 menunjukkan *layout* ruang loker setelah dilakukan renovasi. Luas ruangan memiliki perubahan, yang semula Adalah 8,5 m x 7 m diperluas menjadi 13,5 meter × 7 meter menghilangkan ruang ibadah, tata letak ruangan mengalami beberapa perubahan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Jumlah loker ditambah dan disusun lebih rapi. Pada renovasi ini ada beberapa hal yang ditambahkan selain lokernya, yaitu lampu penerangan, penambahan *fan blower*, dan pengadaan pipa air panas yang di *support* oleh panel surya.



Gambar 3.3 – Layout Penerangan Sesudah di Renovasi

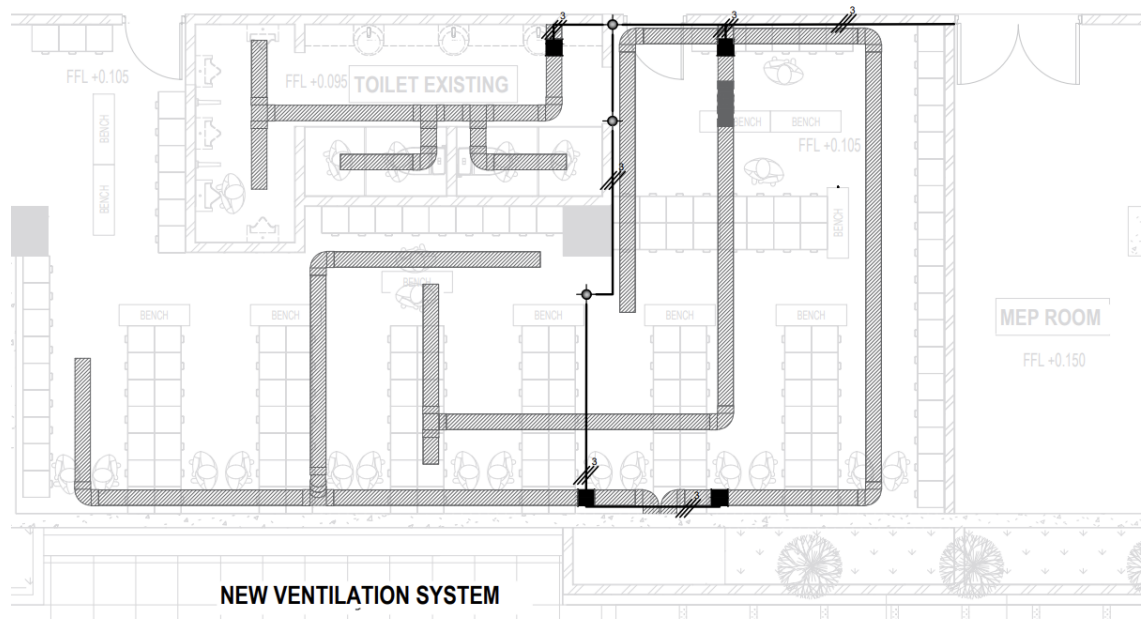
Gambar 3.3 merupakan *layout* penerangan ruang loker setelah di renovasi. Dimana ruang loker akan memiliki 14 titik lampu TL (*Tubular Lamp*) dan 2 buah *downlight lamp*. Setiap simbol berwarna hijau menandakan titik lampu yang akan dipasang, baik berupa penambahan titik baru maupun pemasangan ulang lampu dengan ukuran dan spesifikasi yang diperbarui. Penempatan *downlight* dan lampu *batten* disesuaikan dengan pola lorong serta susunan *bench* agar distribusi cahaya lebih merata dan tidak ada area yang tertinggal gelap. 14 titik TL berada pada *center* diantara loker loker yang ada serta ukuran pemindahan lampunya dari tempat sebelumnya ke tempat yang baru.



Gambar 3.4 – Jalur listrik penerangan

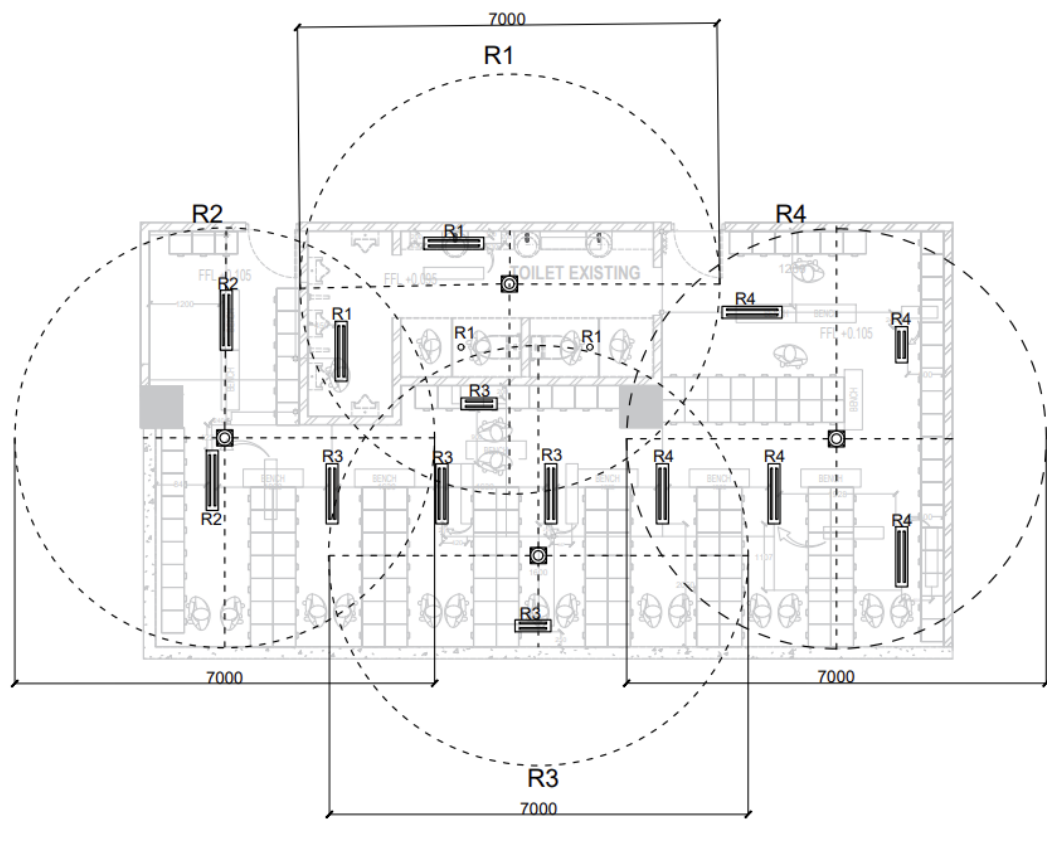
Gambar 3.4 menunjukkan rencana jalur instalasi listrik pada area locker room setelah renovasi. Jalur kabel ditunjukkan dengan garis yang mengarah dari sumber utama menuju titik-titik beban seperti lampu, saklar, dan stop kontak. Setiap percabangan kabel ditandai dengan simbol sambungan untuk memastikan distribusi daya merata di seluruh ruangan. Selain itu, ukuran dan jarak antar-titik juga tercantum untuk mempermudah perhitungan panjang kabel dan kebutuhan material.

Jalur listrik ini disusun berdasarkan instalasi yang sudah ada karena ruangan tersebut merupakan hasil renovasi, bukan pembangunan baru. Desain ini dibuat untuk memaksimalkan penggunaan instalasi terdahulu sehingga pekerjaan menjadi lebih efisien, hemat material, dan tidak memerlukan pembongkaran besar. Penyesuaian jalur dilakukan agar tetap memenuhi standar keselamatan, kemudahan pemeliharaan, serta kebutuhan operasional ruangan yang baru. Jalur listrik dirancang mengikuti alur kabel dan titik-titik yang sudah tersedia agar integrasi dengan komponen tambahan—seperti lampu, sensor, *fan blower*—dapat dilakukan tanpa mengubah struktur utama instalasi. Dengan demikian, konfigurasi jalur yang dihasilkan merupakan kombinasi antara efisiensi kerja, penghematan biaya, dan penyesuaian fungsi ruang yang diinginkan



Gambar 3.5 – Layout fan blower dan jalur listriknya

Gambar 3.5 menunjukkan *layout fan blower* dan jalur kelistrikannya. Unit *fan blower* yang ditandai dengan kotak hitam. Jumlah empat *fan blower* dipilih untuk memastikan distribusi udara merata di seluruh area ruang loker yang cukup luas. Setiap *fan blower* ditempatkan di zona berbeda agar tidak ada area yang mengalami sirkulasi udara lemah atau stagnan. Posisi *fan blower* mengikuti arah *ducting* utama sehingga distribusi ventilasi dapat merata ke seluruh ruang loker tanpa perlu menambah perangkat secara berlebihan. Selain itu, jalur listrik untuk *fan blower* dirancang menyesuaikan jalur listrik penerangan yang sudah ada. Hal ini dilakukan untuk memanfaatkan infrastruktur yang telah tersedia sehingga instalasi menjadi lebih efisien, rapi, dan tidak mengganggu struktur ruangan.



Gambar 3.6 – Titik Sensor dan Grouping Lampu

Gambar 3.6 menunjukkan *layout* penempatan *motion sensor* di dalam sebuah ruangan besar, dengan masing-masing sensor diberi kode R1, R2, R3, dan R4. Lingkaran putus-putus di sekitar setiap sensor menandakan radius jangkauan deteksi, masing-masing sekitar 7 meter. Tujuan dari gambar ini adalah memastikan bahwa setiap area ruangan tercakup oleh minimal satu sensor, sehingga tidak ada titik yang luput dari deteksi pergerakan.

Lokasi sensor dipilih dengan mempertimbangkan jarak deteksi, arah pandang, serta tinggi pemasangan, sehingga sensor dapat mendeteksi pergerakan dengan akurat. Setiap sensor dibuat bekerja per kelompok area (*group*), sehingga masing-masing group akan menyalakan lampu yang berada di zona ruangnya sendiri. Dengan cara ini, meskipun sensor ditempatkan di beberapa titik dan bekerja secara independen, setiap bagian ruangan tetap memperoleh pencahayaan yang tepat sesuai aktivitas pengguna, tanpa menyalakan seluruh lampu secara bersamaan.

Pendekatan ini juga membantu meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur pakai lampu.



Gambar 3.7 – Perkiraan Titik Motion Sensor R3 dan R4 di Ruang Loker

3.3.1 Komponen Elektronik

Sebelum melakukan perhitungan teknis dan analisis jalur listrik, diperlukan pemahaman yang jelas mengenai komponen yang terlibat dalam sistem. Oleh karena itu, pada bagian berikut akan dijelaskan jenis-jenis komponen yang digunakan beserta spesifikasi utamanya sebagai dasar dalam proses perancangan dan evaluasi instalasi.

Ruang loker yang dirancang pada proyek ini terletak di area *basement* dan dilengkapi dengan fasilitas *shower* serta sistem air panas. Kehadiran *shower* menyebabkan peningkatan kelembapan dan produksi uap air yang jauh lebih tinggi dibanding ruang loker biasa. Jika ventilasi tidak memadai, uap dari *shower* dapat menyebabkan kondensasi, bau lembap, pertumbuhan jamur.

Pertukaran udara per jam, disingkat ACH (*Air Changes per Hour*) atau laju pertukaran udara adalah jumlah pergantian seluruh udara di dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jamnya. Semakin besar potensi kekotoran udara di suatu ruangan (misalnya laboratorium, bengkel, toilet dan dapur), maka semakin tinggi angka pergantian udara per jam yang diharuskan [7].

Pada umumnya, ruang loker standar membutuhkan 8–10 ACH (*Air Changes per Hour*), namun untuk ruang *basement* yang memiliki *shower*, nilai rekomendasi berada di kisaran 12–15 ACH untuk memastikan uap air dapat dibuang secara efektif[8]. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pada perancangan ini ditetapkan target 13 ACH sebagai nilai yang optimal. Target ini dianggap cukup untuk menjaga kualitas udara, mengontrol kelembapan, dan mempercepat pembuangan uap tanpa kebutuhan konsumsi energi yang terlalu besar. Jika dihitung menggunakan spesifikasi fan blower baru yang akan dipakai memiliki kecepatan 1350 RPM dan *capacity airflow* 984 cmh

$$V = 13.5 \times 7.2 \times 3 = 291.6m^3$$

Kebutuhan airflow untuk 13 ACH

$$Q_{req} = ACH \times V \quad ..(4)$$

$$N = \frac{Q_{req}}{Q_{per}} \quad ..(5)$$

Dimana rumus tersebut memiliki keterangan sebagai berikut:

Q_{req} = Required Airflow (m^3/h)

Q_{per} = Airflow yang dihasilkan satu kipas (m^3/h)

ACH_{Target} = Nilai ACH yang diinginkan

$$Q_{req} = 13 \times 291.6 = 3.685,5 m^3/h$$

Kebutuhan unit fan yang diperlukan sesuai dengan nilai airflow dengan spesifikasi capacity fan 984 m³/h

$$N = \frac{Q_{req}}{Q_{per}}$$
$$N = \frac{3685,5}{984} = 3,745 = 4 \text{ unit}$$

Kebutuhan unit fan yang diperlukan sebanyak 4 fan, kemudian dihitung dari 4 fan ini untuk mengetahui ACH aktual untuk mendapatkan aliran udara permenit

$$Q_{total} = 4 \times 984 = 3936 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$ACH_{aktual} = \frac{3936}{291.6} = 13,49/\text{jam}$$

Waktu satu kali pergantian udara dengan 4 unit fan

$$t = \frac{60}{13,49} = 4,44 \text{ menit}$$

Aliran udara setiap menit

$$Q_{total} = \frac{3936}{60} = 65,6 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Setiap fan memiliki aliran udara 16,6m³/menit

Berdasarkan spesifikasi komponen elektronik yang digunakan pada sistem penerangan dan ventilasi, dapat dihitung total kebutuhan daya aktif dari setiap perangkat. Perhitungan ini dilakukan untuk memastikan bahwa kapasitas jalur listrik yang tersedia mampu menanggung beban tanpa overload serta untuk mempermudah proses perencanaan instalasi. Dari hasil perhitungan tersebut, diperoleh tabel daya aktif masing-masing komponen sebagai berikut.

Tabel 3.2 – Daya Aktif

Jenis Beban	Daya Perunit (W)	Jumlah	Total Daya (W)
Lampu TL	36 W	14	504 W
Lampu Downlight	9 W	2	18 W
Fan Blower	55 W	4	220 W
Motion Detector	1 W	4	4 W
Total Daya Aktif			746 W

3.3.2 Perhitungan

Perhitungan kelistrikan tetap diperlukan dalam perancangan otomatisasi rangkaian listrik pada ruang loker, karena sistem otomatisasi seperti motion detector, relay, dan kontrol lampu sepenuhnya bergantung pada kualitas suplai daya yang diberikan. Agar sistem otomatis dapat beroperasi secara stabil, setiap perangkat membutuhkan tegangan yang sesuai, arus yang cukup, serta proteksi yang tepat. Oleh sebab itu, perhitungan daya semu, arus nominal, kapasitas hantar arus (KHA), pemilihan ukuran kabel, pemilihan MCB, dan analisis penurunan tegangan (*drop voltage*) menjadi bagian penting dalam proses perancangan. Perhitungan ini memastikan bahwa baik beban penerangan maupun rangkaian otomatisasi mendapatkan suplai listrik yang aman, tidak mengalami penurunan tegangan berlebih, serta memenuhi standar PUIL. Pada perhitungan ini, faktor daya diasumsikan sebesar 0,85.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{P}{V \times \cos\phi} \\
 I &= \frac{746}{220 \times 0.85} \\
 I &= 3,99 \text{ A} \approx 4 \text{ A} \\
 S &= \frac{P}{\cos\phi} \quad ..(6)
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{746}{0.85} = 877.65 \text{ VA}$$

KHA (Safety Factor 125%) untuk kebutuhan tembaga.

$$I_{KHA} = 1.25 \times 4 = 5A \quad ..(7)$$

Perhitungan arus nominal sistem penerangan.

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

$$I = \frac{526}{220 \times 0.85}$$

$$I \approx 2.81A$$

Perhitungan arus nominal sistem ventilasi.

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

$$I = \frac{220}{220 \times 0.85}$$

$$I \approx 1.176A$$

KHA (Safety Factor 120%) untuk kebutuhan circuit breaker sistem penerangan dan ventilasi.

$$I_{KHA} = 1.2 \times 2.81 = 3.37A$$

$$I_{KHA} = 1.2 \times 1.17 = 1.41A$$

Berdasarkan nilai tersebut, dipilih MCB dengan rating 3 A untuk rangkaian ventilasi. *Rating* ini lebih besar dari arus beban sehingga MCB tidak akan *trip* pada kondisi operasi normal, namun tetap cukup sensitif untuk memutus rangkaian apabila terjadi arus lebih atau gangguan hubung singkat.

Sementara itu, pada sistem penerangan, total arus beban yang mengalir lebih besar dibandingkan sistem ventilasi karena jumlah titik lampu yang lebih banyak

dan waktu operasi yang lebih lama. Oleh karena itu, dipilih MCB dengan *rating* 4 A sebagai pengaman rangkaian penerangan. Pemilihan ini mempertimbangkan agar MCB mampu menahan arus kerja normal tanpa terjadi pemutusan yang tidak diinginkan, sekaligus tetap memberikan perlindungan terhadap kondisi gangguan.

Berdasarkan data tabel KHA untuk kabel NYA/NYM, kabel berpenampang 1,5 mm² memiliki kemampuan hantar arus sekitar 13 A, kabel 2,5 mm² sekitar 19 A, dan kabel 4 mm² berada pada kisaran 25–30 A (dalam kondisi instalasi di dalam pipa). Sementara itu, arus hasil perhitungan setelah diberi faktor keamanan 125% (I_{KHA}) adalah sekitar 5 A. Nilai ini masih jauh di bawah kemampuan hantar arus dari ketiga ukuran kabel tersebut. Dengan demikian, secara kemampuan hantar arus (*ampacity*) semua ukuran kabel tersebut sebenarnya sudah aman untuk digunakan. Namun, dalam perancangan instalasi listrik, tidak cukup hanya mempertimbangkan ampacity saja. Faktor lain yang juga sangat penting untuk diperiksa adalah tegangan jatuh (*voltage drop*), terutama karena panjang kabel yang digunakan cukup jauh, yaitu 50 meter. Oleh karena itu, meskipun ketiga ukuran kabel memenuhi syarat dari sisi arus, pemilihan ukuran akhir tetap harus mengacu pada hasil perhitungan tegangan jatuh agar sistem dapat bekerja dengan stabil dan efisien.

$$V_r = \frac{2 \times I \times \rho \times L}{S} \quad ..(8)$$

Dimana:

I = Arus Nominal

ρ = Rho Hambatan Jenis Cu

L = Panjang Kabel

S = Luas Penampang

Untuk kabel 1.5mm²

$$V_r = \frac{2 \times 5 \times 0,0172 \times 50}{S}$$

$$V_r = \frac{8.6}{1.5} = 5.73 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{5.73}{220} = 2.60\%$$

Tabel 3.3 – Perbandingan Luas Penampang

Luas Penampang Kabel (mm ²)	Drop Voltage (V)	Persentase (%)
1.5	5.73	2.60
2.5	3.44	1.56
4	2.15	0.97

Hasil perhitungan penurunan tegangan (*voltage drop*) diperoleh dari masing masing penampang kabel adalah: 5,73 V (1,5 mm²), 3,44 V (2,5 mm²), dan 2,15 V (4 mm²). Pada rangkaian penerangan, penurunan tegangan tidak diperbolehkan melebihi 3% dari tegangan awal agar intensitas cahaya tetap optimal dan tidak menurunkan kinerja lampu. Sementara itu, untuk instalasi umum seperti stop kontak, motor kecil, dan peralatan listrik lainnya, batas *voltage drop* yang diizinkan adalah maksimum 5%[8]. Namun, kabel 1,5 mm² menghasilkan penurunan tegangan mendekati 5 V dan memberikan margin keamanan yang lebih kecil apabila terjadi kondisi tambahan (derating, suhu tinggi, atau penambahan beban). Oleh karena itu, dipilih kabel tembaga berpenampang 2,5 mm² sebagai ukuran final untuk jalur penerangan dan fan blower pada ruang loker. Pemilihan ini memberikan keseimbangan antara performa listrik (*drop voltage* di 1,56%), margin terhadap lonjakan arus start-up, kemudahan instalasi, dan efisiensi biaya

Selanjutnya perlu dianalisis dampak operasional dari konfigurasi ini terhadap konsumsi energi listrik sistem (lampu, fan, dan sensor) agar dapat dinilai efisiensi keseluruhan desain. Analisis energi dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum otomatisasi (semua beban menyala penuh selama jam kerja) dan setelah otomatisasi (penerapan *motion detector* dan pengaturan *runtime fan* melalui *timer*), sehingga diperoleh estimasi penghematan energi (kWh) dan potensi penghematan biaya operasional. Perhitungan ini menggunakan asumsi-operasional yang

dinyatakan eksplisit agar hasil bersifat transparan dan dapat direvisi jika data penggunaan riil tersedia.

Berikut adalah perhitungan estimasi daya menggunakan desain instalasi baru tanpa adanya sensor, total daya akan bekerja selama 8 jam setiap hari

$$E_{kWh/day} = \frac{P \times t}{1000} \quad ..(9)$$

$$\eta = \frac{E_{lama} - E_{baru}}{E_{lama}} \times 100\% \quad ..(10)$$

$$E_{kWh/day} = \frac{746 \times 8}{1000} = 5.968 \text{ kWh/day}$$

Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus yang sama untuk melihat hasil energi perharinya dari desain instalasi yang lama dan tanpa sensor, desain instalasi baru tanpa sensor, dan desain instalasi baru dengan sensor menggunakan asumsi bahwa setelah adanya sistem otomatisasi, sistem diharapkan akan lebih efisien 20-25% pada hasil energi perharinya[9]. Pada kondisi sebelum otomatisasi, seluruh beban listrik (lampu dan fan blower) beroperasi penuh selama 8 jam per hari sehingga energi harian mencapai sekitar 5.96 kWh/day.

Pada kondisi setelah otomatisasi, diharapkan pola operasi lampu dan fan tidak lagi konstan. Lampu direncanakan hanya menyala ketika ruangan terdeteksi adanya aktivitas, dengan estimasi waktu operasi sekitar 70% (5,6 jam) dari total jam kerja. *Fan blower* dirancang dikendalikan melalui timer dan diperkirakan beroperasi sekitar 80% (6,4 jam) dari waktu kerja [10]. Sensor tetap aktif selama 24 jam, namun daya yang diperlukan sangat kecil. Dengan perubahan pola operasi ini, konsumsi energi harian menurun menjadi 4.42 kWh/day.

Tabel 3.4 – Perbandingan kWh

Kondisi	Jam Operasional (jam)	Total Daya (W)	Energi Perhari (kWh/day)	Persentase Efisiensi (%)
---------	-----------------------	----------------	--------------------------	--------------------------

Desain lama tanpa sensor	8	765	6.12	-
Desain baru tanpa sensor	8	746	5.968	2.61
Desain baru dengan sensor	6	746	4.427	25.83

Penghematan energi dihitung dengan membandingkan konsumsi energi sebelum dan sesudah penerapan sistem otomatisasi. Dengan adanya sensor gerak dan pengaturan waktu, lampu diharapkan hanya beroperasi sekitar 70% dari total waktu kerja atau setara dengan $\pm 5,6$ jam per hari, sementara *fan blower* diharapkan beroperasi sekitar 80% dari waktu kerja atau setara dengan $\pm 6,4$ jam per hari. Dengan energi awal 5.96 kWh/day dan energi setelah otomatisasi 4.42 kWh/day, sistem memberikan pengurangan konsumsi energi sebesar 1.54 kWh/day, atau setara dengan $\approx 26\%$ efisiensi energi terhadap kondisi awal setelah direnovasi. Pengurangan waktu operasi ini diharapkan mampu menurunkan konsumsi energi listrik secara signifikan dibandingkan dengan kondisi sebelum otomatisasi.

Berdasarkan perhitungan pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang sudah dibuat dan dilampirkan di lampiran, estimasi total biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek renovasi ruang loker adalah sebesar Rp 570.230.000. Nilai estimasi ini diperoleh dari penjumlahan seluruh komponen pekerjaan yang meliputi pekerjaan sipil, arsitektural, *sanitary*, *furniture*, serta pekerjaan pendukung seperti sistem penerangan dan ventilasi.

Estimasi biaya disusun berdasarkan:

- Spesifikasi material dan peralatan yang direncanakan
- Jumlah dan volume pekerjaan sesuai dengan kondisi dan kebutuhan ruang
- Harga satuan yang mengacu pada harga pasar dan standar yang berlaku pada saat perencanaan

Sebagian besar anggaran dialokasikan untuk pekerjaan fisik dan interior ruang, seperti pekerjaan lantai, dinding, plafon, *cubicle*, serta pengadaan furniture loker,

yang memiliki nilai biaya relatif besar. Sementara itu, pekerjaan kelistrikan dan sistem ventilasi memiliki porsi biaya yang lebih kecil, namun demikian, pekerjaan kelistrikan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi, kenyamanan, dan keselamatan penggunaan ruang.

Dari sisi ekonomi, meskipun terdapat biaya tambahan untuk pengadaan perangkat otomatisasi seperti *motion sensor* dan *timer digital*, investasi ini tergolong kecil dibandingkan total nilai proyek renovasi. Namun manfaat yang dihasilkan bersifat jangka panjang, berupa penghematan biaya listrik operasional serta pengurangan pemborosan energi akibat beban yang bekerja secara terus-menerus.

3.4 Kendala yang Ditemukan

- Minimnya jumlah referensi menjadi salah satu kendala utama dalam mempelajari keseluruhan sistem. Hal ini dapat menghambat kemajuan dalam analisis dan implementasi
- Tidak dapat menemukan informasi mengenai kWh yang sebenarnya dari sebelum renovasi dan sesudah renovasi membuat penulis kesulitan untuk mengetahui seberapa efisien rangkaian instalasi tersebut.

3.5 Solusi atas Kendala yang Ditemukan

- Melakukan konsultasi langsung dengan teknisi lapangan atau engineer perusahaan untuk mendapatkan informasi teknis yang tidak tersedia dalam dokumen.
- Menggunakan metode estimasi energi berbasis daya per beban (watt) dan jam operasi sebagai pendekatan teknis yang paling memungkinkan.