

Electricity Distribution System Design for Housing and Luxury Building Projects

Sistem Distribusi Listrik pada Proyek Perumahan dan Gedung Mewah

Adhomi Abdul Rohman¹, Shazana Dhiya Ayuni²
{adhomiakunkuliah@gmail.com¹, shazanadhiya@umsida.ac.id²}

^{1,2} Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jl. Raya Gelam No.250, Pagerwaja, Gelam, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur 61271

Abstract. *The implementation of electrical distribution systems in residential and luxury building projects is a crucial aspect of creating safe, comfortable, and efficient buildings. A well-designed electrical distribution system ensures a stable and reliable supply of electricity to all areas of the building, including lighting, power outlets, and heavy equipment such as air conditioners and elevators. The implementation process includes planning, component selection, installation, and system testing. Planning begins with an analysis of power requirements based on the type of building and equipment used, followed by the creation of a Single Line Diagram (SLD) to map the electrical distribution flow. Component selection, such as cables, MCBs, and electrical panels, is carried out with consideration of safety standards and efficiency. Installation involves cable routing, electrical panel installation, and final testing to ensure optimal system performance. Proper implementation of the electrical distribution system not only enhances system reliability but also supports the comfort and safety of building occupants.*

Keywords – *Electrical Distribution System, Residential, Luxury Buildings, Electrical Installation, Electrical Safety, Energy Efficiency, Electrical Panel, MCB, NYM Cable, NYY Cable.*

Abstrak.

Implementasi sistem distribusi listrik pada proyek perumahan dan gedung mewah merupakan aspek krusial dalam menciptakan bangunan yang aman, nyaman, dan efisien. Sistem distribusi listrik yang dirancang dengan baik memastikan suplai energi listrik yang stabil dan handal ke seluruh area bangunan, mulai dari pencahayaan, stopkontak, hingga peralatan berat seperti AC dan lift. Proses implementasi meliputi tahap perencanaan, pemilihan komponen, instalasi, dan pengujian sistem. Perencanaan dimulai dengan analisis kebutuhan daya berdasarkan jenis bangunan dan peralatan yang digunakan, dilanjutkan dengan pembuatan diagram satu garis (Single Line Diagram) untuk memetakan alur distribusi listrik. Pemilihan komponen seperti kabel, MCB, dan panel listrik dilakukan dengan mempertimbangkan standar keamanan dan efisiensi. Instalasi melibatkan penarikan kabel, pemasangan panel listrik, dan pengujian akhir untuk memastikan sistem berfungsi optimal. Implementasi sistem distribusi listrik yang tepat tidak hanya meningkatkan keandalan sistem tetapi juga mendukung kenyamanan dan keamanan penghuni bangunan.

Kata Kunci - *Sistem Distribusi Listrik, Perumahan, Gedung Mewah, Instalasi Listrik, Keamanan Listrik, Efisiensi Energi, Panel Listrik, MCB, Kabel NYM, Kabel NYY*

I. PENDAHULUAN

Dalam era modern, pembangunan infrastruktur dan properti seperti gedung bertingkat dan perumahan mewah mengalami perkembangan pesat. Kemajuan teknologi di sektor konstruksi menuntut penerapan sistem Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) yang lebih canggih dan efisien. Sistem MEP memegang peran penting dalam menciptakan bangunan yang aman, nyaman, dan fungsional bagi penghuninya. Oleh karena itu, penguasaan aspek teknis dalam desain, instalasi, dan pengelolaan sistem MEP menjadi keahlian yang sangat dibutuhkan di dunia kerja.

Magang ini dilaksanakan di PT. Guna Jasa Mitra Teknik, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan pengelolaan MEP. Saya terlibat dalam proyek besar yang mencakup instalasi sistem distribusi

listrik pada gedung dan rumah mewah, serta desain dan instalasi sistem air bersih pada proyek perumahan. Tujuan magang adalah untuk mempelajari dan mengimplementasikan sistem distribusi listrik dengan memperhatikan standar keamanan, serta mendesain dan menginstalasi sistem air bersih dengan mempertimbangkan aspek teknis, efisiensi, dan keberlanjutan.

II. METODE

Magang ini dilaksanakan selama lima bulan, mulai dari 03 Mei 2024 hingga 30 September 2024, di PT. Guna Jasa Mitra Teknik. Kegiatan magang meliputi pengenalan perusahaan, helper teknisi, teknisi listrik, dan pengawas. Saya terlibat dalam berbagai tahap proyek, termasuk perencanaan, pemilihan komponen, instalasi, dan pengujian sistem distribusi listrik dan air bersih.

A. Pengenalan Perusahaan

Pendekatan Tahap awal magang adalah pengenalan perusahaan, di mana saya mempelajari tata tertib, SOP, dan job desk di PT. Guna Jasa Mitra Teknik. Perusahaan ini bergerak di bidang MEP, mencakup sistem mekanis, listrik, dan perpipaan yang membuat bangunan layak huni.

B. Helper Teknisi

Sebagai helper teknisi, saya membantu dalam persiapan alat dan material, pengangkutan bahan, asistensi dalam pekerjaan teknisi, serta pembersihan area kerja. Posisi ini penting untuk memastikan kelancaran dan efisiensi proses kerja di lokasi konstruksi.

C. Teknisi Listrik

Sebagai teknisi listrik, saya terlibat dalam instalasi sistem kelistrikan, termasuk penarikan kabel, pemasangan panel listrik, dan penyambungan ke sumber daya. Saya juga melakukan troubleshooting untuk mengatasi masalah pada sistem kelistrikan.

D. Pengawas

Sebagai pengawas, saya bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan rencana, spesifikasi, dan standar yang ditetapkan. Penulis juga melakukan koordinasi antara tim dan membuat laporan progress pekerjaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 IMPLEMENTASI SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK

3.1.1 Langkah-Langkah Perancangan

Proses perencanaan distribusi listrik merupakan langkah awal untuk memastikan sistem berjalan dengan aman, efisien, dan sesuai kebutuhan. Berikut langkah-langkahnya :

1. Tahap Awal Perencanaan

Langkah pertama pada tahap awal perencanaan ialah melakukan pengumpulan data yang mengidentifikasi kebutuhan listrik berdasarkan jenis bangunan, fungsi ruangan, dan peralatan yang digunakan. Setelah melakukan pengumpulan data, kemudian menghitung total kebutuhan daya dengan menjumlahkan beban semua peralatan dan perangkat yang akan digunakan, data ini mencakup beban pencahayaan, stopkontak, stopkontak Air Conditioner (AC), dan perangkat berat lainnya seperti lift dan pompa.

2. Analisis Beban

Analisis beban listrik bertujuan untuk menentukan kebutuhan daya dan komponen yang diperlukan. Analisis beban dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan listrik dari setiap area dan perangkat yang akan digunakan, seperti pencahayaan, HVAC, dan peralatan lainnya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus dasar daya listrik, yaitu $P=V \times I$, dan mempertimbangkan faktor daya (power factor) untuk akurasi yang lebih tinggi. Beban puncak atau maksimal juga dianalisis untuk menentukan kapasitas daya terbesar yang mungkin terjadi. Hasil analisis ini digunakan untuk memilih kabel yang mampu menghantarkan daya dengan aman dan memilih komponen proteksi seperti MCB atau MCCB dengan kapasitas yang sesuai.

Tabel 3.1.1.1 Analisis Beban

No	Code	Type of Lamp	Power (Pcs)	Qty (Pcs)	Total Power
Indoor Basement					
1		Garasi, Ruang Jemur			
		Lamps IMS 104-10 3000K 10W 24"	10W	14	140W
		Armature IRF 103 White		14	
2		Selasar, Decking			
		Lamps IMS 104-10 3000K 10W 24"	10W	7	70W
		Armature IRF 103 White		7	
3		Office			
		Downlight Oplumi 115"	12W	6	72W
		DL150 12W 4000K			
4		Laundry			
		Downlight Oplumi 115"	9W	3	27W
		DL100 9W 4000K			
5		R. Tidur 1, R. Tidur 2, KM, Ruang Istirahat, Selasar			
		Downlight Oplumi 115"	9W	7	63W
		DL100 9W 4000K			
6		Dapur			
		Downlight Oplumi 115"	12W	4	48W
		DL150 12W 4000K			
7		Lobi, Rak Sepatu			
		Lamps IMS 104-10 3000K 10W 24"	10W	6	60W
		Armature IRF 103 White		6	
8		Tangga			
		Wall Light OWG 101-03 3000K-3W, 220V White	3W	2	6W
9		Void Belakang			
		Lamp GU10-IMS 101- 05H 5W 220V 3000K 24"	5W	6	30W
		Non Dim OWF 103-A GU10 White		3	

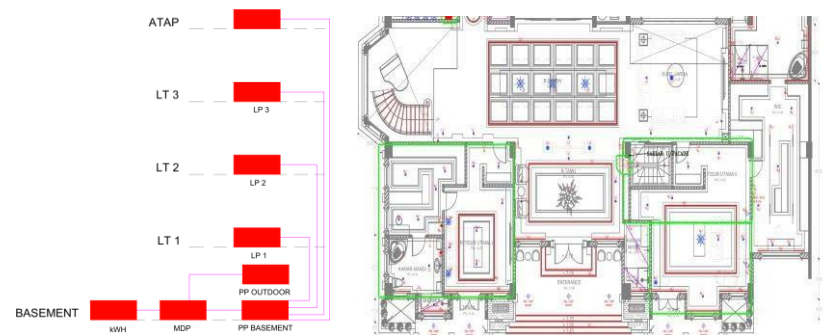
3. Pembuatan Diagram Satu Garis (*Single Line Diagram*)

Diagram satu garis (SLD) adalah elemen kunci dalam perencanaan sistem distribusi listrik. SLD digunakan untuk merepresentasikan alur distribusi daya secara sederhana tetapi informatif. Proses pembuatan SLD dimulai dengan menentukan sumber daya utama. Kemudian, jalur distribusi utama digambarkan menuju panel distribusi utama dan sub-panel di berbagai lokasi gedung. Diagram ini mencakup seluruh jalur distribusi hingga ke titik-titik pengguna akhir, seperti pencahayaan, stopkontak, dan peralatan berat lainnya. Untuk memastikan desain yang akurat dan memudahkan validasi, perangkat lunak seperti AutoCAD sering digunakan.

Gambar 3.1.1.1 SLD Jalur Panel & Titik Lampu

3.1.2 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen dalam sistem distribusi listrik dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan teknis, efisiensi, dan keselamatan. Setiap komponen yang dipilih memiliki peran penting



dalam memastikan sistem berfungsi optimal sesuai standar yang berlaku. Berikut adalah alasan pemilihan komponen utama :

1. Jenis Kabel

Pada lapangan, koordinator proyek memilih tipe kabel NYM dan NYY karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk berbagai aplikasi di gedung atau rumah mewah. Kabel **NYM** digunakan untuk instalasi indoor karena memiliki lapisan isolasi PVC ganda yang memberikan perlindungan ekstra terhadap arus bocor dan potensi gangguan mekanis ringan. Kabel ini cocok untuk instalasi yang tidak terkena air langsung atau kondisi lingkungan yang ekstrem.

Sementara itu, kabel **NYY** dipilih untuk instalasi outdoor karena dilengkapi dengan lapisan pelindung tambahan yang membuatnya lebih tahan terhadap kelembapan, sinar UV, dan tekanan mekanis yang lebih besar. Kabel NYY dirancang untuk ditanam di tanah atau di area dengan risiko paparan elemen lingkungan. Ukuran penampang kabel dipilih berdasarkan analisis beban listrik, dengan menggunakan standar SNI atau IEC untuk memastikan kabel mampu menghantarkan daya tanpa mengalami over heat.

Ketebalan kabel dihitung berdasarkan besarnya arus (ampere) yang mengalir melalui kabel, berikut beberapa ketebalan kabel untuk jenis beban listrik :

- **1,5 mm²** : Digunakan untuk beban ringan seperti pencahayaan rumah tangga (lampu) dengan arus rata-rata 10A dan daya 100W pada tegangan 220V.
- **2,5 mm²** : Digunakan untuk beban sedang seperti stopkontak biasa atau alat elektronik kecil yang rata-rata arusnya mencapai 16A- 20A.
- **4 mm²** : Digunakan untuk beban besar seperti AC, oven listrik, atau pompa air dengan kapasitas hingga 25A.
- **6 mm² atau lebih** : Digunakan untuk terminasi pada panel distribusi atau dari rangkaian panel utama ke panel distribusi.

Berikut tabel kemampuan daya hantar arus pada kabel :

Tabel 3.1.2.1 Daya Hantar Arus Kabel

N o	Penampang Kabel (mm ²)	Kemampuan Membawa Arus (Ampere)
1	0,75	12
2	1	15
3	1,5	18
4	2,5	26
5	4	34
6	6	44
7	10	61
8	16	82
9	25	108
10	35	135
11	50	168
12	70	207
13	95	250
14	120	292

2. Pipa Kabel

Pipa kabel adalah komponen penting dalam instalasi listrik karena berfungsi melindungi kabel dari kerusakan fisik, lingkungan, dan potensi bahaya lainnya. Pemilihan pipa kabel dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti jenis kabel, lokasi instalasi, dan kondisi lingkungan. Berikut adalah alasan pemilihan pipa kabel :

- **Jenis dan Material Pipa**

Pipa untuk instalasi kabel biasanya dipilih berdasarkan kebutuhan spesifik instalasi, dan pada proyek perumahan biasanya menggunakan jenis *Flexible Conduit*, yakni jenis yang digunakan pada area instalasi yang membutuhkan kelenturan seperti jalur kabel yang melewati sudut tajam. Material ini biasanya berbahan dasar plastik yang



lentur sehingga memudahkan pada saat pengaplikasian

Gambar 3.1.2.1 Pipa Konduit

- **Ukuran Pipa**

Ukuran pipa kabel dipilih berdasarkan jumlah kabel yang akan dilewatkan, dengan mempertimbangkan ruang kosong (*fill ratio*) di dalam pipa. Standar seperti SNI atau IEC menyarankan bahwa ruang kosong minimal 40% dari diameter pipa untuk mempermudah penarikan kabel dan mencegah kabel saling bergesekan, yang dapat merusak isolasi.

- **Lokasi Instalasi**

Indoor : Untuk instalasi dalam ruangan, pipa PVC biasanya cukup, kecuali jika berada di area dengan risiko gangguan mekanis, di mana pipa logam mungkin lebih cocok.

Outdoor : Instalasi luar ruangan memerlukan pipa yang tahan terhadap sinar UV, hujan, dan perubahan suhu. Pipa PVC jenis UV-resistant atau pipa logam galvanis sering digunakan untuk kondisi ini.

3. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

MCB berfungsi untuk melindungi rangkaian dari arus lebih (*overcurrent*) dan korsleting. MCB dipilih berdasarkan kapasitas arus nominal (*ampere rating*) yang sesuai dengan beban listrik di masing-masing jalur distribusi. Misalnya, MCB dengan kapasitas **10A** hingga **20A** digunakan untuk melindungi rangkaian pencahayaan dan stopkontak biasa, sementara MCB dengan kapasitas **32A** atau lebih digunakan untuk peralatan listrik berat seperti AC atau lift. Selain kapasitas, merk MCB juga dipertimbangkan. Merek-merek terpercaya seperti Schneider dipilih karena memiliki rekam jejak yang baik dalam kualitas dan keandalan.



Gambar 3.1.2.2 MCB 1 Phase & 3 Phase

4. *Panel Listrik*

Panel listrik dipilih berdasarkan kapasitas daya yang harus ditangani. Ukuran panel utama (*main distribution panel*) dirancang untuk menampung semua komponen proteksi dan distribusi seperti MCB, MCCB, busbar, dan terminal *grounding*. Panel ini biasanya memiliki ruang cadangan untuk penambahan beban di masa depan, sehingga fleksibilitasnya terjamin.

Sub-panel (*secondary distribution panel*) digunakan untuk mendistribusikan daya ke area-area tertentu dalam bangunan. Ukuran dan jumlah jalur dalam panel disesuaikan dengan jumlah rangkaian listrik yang akan dihubungkan. Pemilihan ukuran panel mempertimbangkan efisiensi tata letak komponen dan mempermudah pemeliharaan. Panel listrik ini harus memenuhi standar IEC 61439 untuk distribusi daya rendah, serta SNI 04-6957 untuk memastikan keamanan dan kompatibilitasnya dengan lingkungan listrik di Indonesia.

Gambar 3.1.2.3 Box Panel



3.1.1 Prosedur Instalasi

Sistem distribusi listrik adalah elemen vital dalam memastikan bangunan mendapatkan suplai energi listrik yang aman, handal, dan efisien. Selama pelaksanaan proyek, mahasiswa terlibat dalam berbagai pekerjaan yang mencakup tahap perencanaan, instalasi, hingga pengujian sistem distribusi listrik. Berikut adalah rincian pekerjaan yang dilakukan :

1. Instalasi Kabel

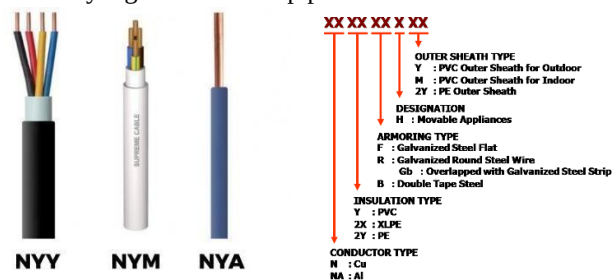
- Penentuan Jalur Kabel : Mengacu pada gambar teknis (blueprint), jalur kabel direncanakan untuk memastikan efisiensi distribusi

daya. Jalur tersebut mempertimbangkan aspek keamanan, seperti menjaga jarak minimum kabel dari material yang mudah terbakar.



Gambar 3.1.3.1 Pembuatan Sparring Kabel

- Pemilihan Kabel : Kabel NYY dan NYM dipilih untuk instalasi dalam proyek, dengan ukuran penampang yang disesuaikan dengan kapasitas arus listrik pada setiap jalur. Kabel harus memiliki isolasi yang tahan terhadap panas dan tekanan mekanis.

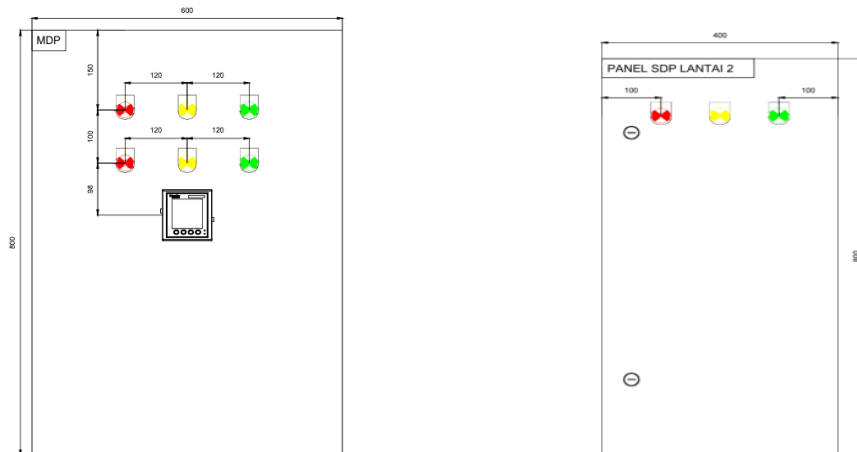


Gambar 3.1.3.2 Jenis Kabel Yang Sering Dipakai Pada Proyek

- Proses Penarikan Kabel : Kabel ditarik melalui pipa conduit atau ducting, memastikan tidak ada tekukan yang tajam yang dapat merusak lapisan isolasi.

2. Pengaturan Panel Listrik :

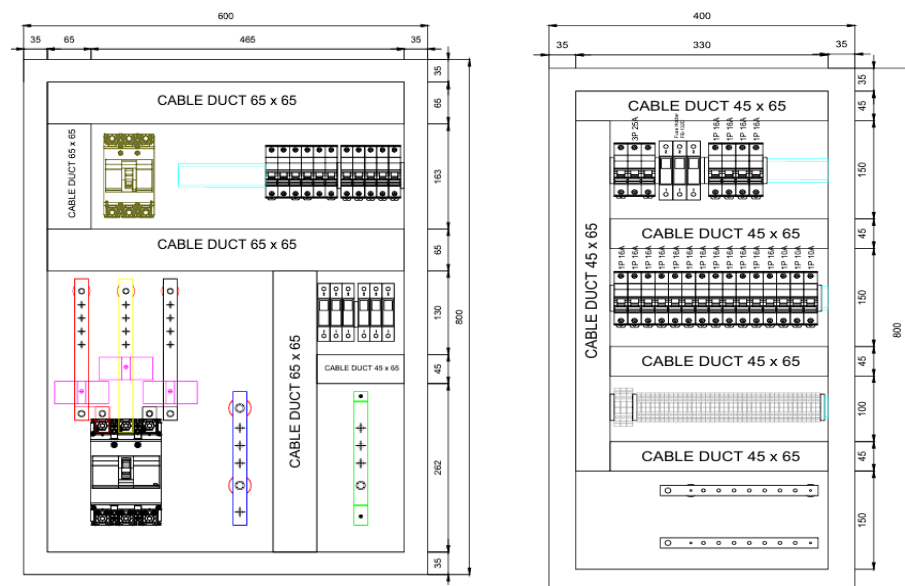
- Desain Panel : Panel listrik utama (Main Distribution Panel) dirancang untuk mendistribusikan daya ke sub-panel (Sub Distribution Panel). Setiap panel dilengkapi dengan diagram satu garis yang menunjukkan hubungan antara komponen



Gambar 3.1.3.3 Desain Panel MDP & SDP

- Pemasangan Komponen : Komponen seperti MCB, Fuse, dan busbar dipasang dengan urutan yang memudahkan pemeliharaan.
- Pengelompokan Komponen : MCB dikelompokkan berdasarkan beban yang dilayani, misalnya pencahayaan, stopkontak, atau peralatan berat. MCB dipasang untuk melindungi setiap rangkaian listrik dari arus berlebih atau korsleting. Penempatan MCB berada di panel distribusi (distribution board) yang terletak di area mudah diakses.

Gambar 3.1.3.4 Pemasangan dan Pengelompokan Komponen



3. Pemeriksaan dan Pengujian Akhir

- Pengujian Kontinuitas Kabel : Pengujian menggunakan multimeter (AVO), kontinuitas kabel diperiksa untuk memastikan tidak ada koneksi yang putus dan tidak ada koneksi yang saling terhubung antara fasa dengan netral dan antar fasa (R.S.T.).
- Pengujian Beban : Setiap rangkaian diuji dengan memberikan beban untuk memastikan MCB bekerja dengan baik saat terjadi gangguan.



Gambar 3.1.3.5 Pengujian Akhir pada Komponen Panel

4. Troubleshooting

Selama proses instalasi, sering ditemukan kendala seperti :

- Kabel Putus atau Salah Sambung : Terkadang pada jalur instalasi, terdapat beberapa kabel yang terputus dikarenakan tekukan yang terlalu tajam, sehingga menyebabkan konduktor pada kabel terputus. Kemudian ada juga instalasi yang salah pada sambungannya seperti grouping lampu yang tidak sesuai dan kesalahan sambungan antara fasa dan netral dikarenakan di lapangan, warna kabel bukan menjadi penentu kabel tersebut selalu digunakan pada fungsinya.
- Gangguan Pada Panel : Pada panel juga terkadang ada sebuah kenadala yang mana kabel yang dihubungkan ke MCB kurang kencang dan kesalahan menaruh grouping dari busbar sisir 3 fasa



Gambar 3.1.3.6 Contoh Kasus Troubleshooting

IV. KESIMPULAN

Magang di PT. Guna Jasa Mitra Teknik memberikan pengalaman praktis yang berharga dalam bidang MEP, khususnya dalam implementasi sistem distribusi listrik dan desain instalasi sistem air bersih. Penulis berhasil mengaplikasikan teori yang diperoleh di bangku kuliah ke dalam praktik lapangan,

meningkatkan keterampilan teknis, dan mengembangkan soft skills seperti komunikasi dan kerja tim. Magang ini juga memberikan wawasan tentang manajemen proyek dan penyelesaian masalah di lapangan, yang sangat berguna untuk mempersiapkan diri memasuki dunia kerja yang kompetitif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung pelaksanaan magang ini, khususnya kepada:

- Bapak Hany H, selaku supervisor proyek di PT. Guna Jasa Mitra Teknik, atas bimbingan dan kesempatan yang diberikan.
- Ibu Shazana Dhiya Ayuni, S.ST., MT. selaku dosen pembimbing lapangan, atas masukan dan dukungannya.
- Rekan-rekan magang dan seluruh staf PT. Guna Jasa Mitra Teknik atas kerja sama yang terjalin selama magang.
- Keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan moral selama pelaksanaan magang.

REFERENSI

- [1] Cakap. (2023, 11 27). Helper: Tugas, Jenis, Syarat, dan Rentang Gajinya Terbaru. Diambil kembali dari blog.cakap.com: <https://blog.cakap.com/helper-adalah/>
- [2] Info, R. (2023, 07 28). Pengertian dan Jenis Helper yang Perlu Diketahui. Diambil kembali dari kumparan.com: <https://kumparan.com/ragam-info/pengertian-dan-jenis-helper-yang-perlu-diketahui-20sevZf4QBv>
- [3] Inspeksi. (2023, 12 15). Helper: Tugas, Jenis, dan Rentang Gajinya Terbaru 2023. Diambil kembali dari Inspeksi.co.id: <https://www.inspeksi.co.id/helper-tugas-jenis-dan-rentang-gajinya-terbaru-2023/>
- [4] Novandri, R. (2024, 05 16). Tugas dan Perkiraan Gaji Teknisi Instalasi Tenaga Listrik. Diambil kembali dari PindahKarir.com: <https://pindahkarir.com/artikel/tugas-dan-perkiraan-gaji-teknisi-instalasi-tenaga-listrik/>
- [5] Teknik, P. G. (2021, June 4). PT. Guna Jasa Mitra Teknik. Diambil kembali dari Gunajasa.co.id: <https://gunajasa.co.id>
- [6] Rahman, A. V., & Dwiyantri, E. (2020). The Analysis of Worker Safe Behaviour based on the Antecedent Behaviour Consequence (ABC) Behaviour Model. The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health, 9(3), 309–317. DOI: <https://doi.org/10.20473/ijosh.v9i3.2020.309-317>.
- [7] Martin, J. (2021). FIFO Rosters and Workers' Health and Safety: A Case Study of the Impacts of Extended Shift Rosters on Electrical Workers in Construction in the Resources Sector. Labour & Industry, 30(4), 378–400. DOI: <https://doi.org/10.1080/10301763.2020.1865087>.
- [8] Segbenya, M., & Yeboah, E. (2022). Effect of Occupational Health and Safety on Employee Performance in the Ghanaian Construction Sector. SAGE Open Medicine. DOI: <https://doi.org/10.1177/11786302221137222>.
- [9] Damayanti, F., Djakfar, L., Wisnumurti, & Nugroho, A. M. (2022). Analysis of the Effect of Employee Status on Construction Worker's Safety Behavior Using Structural Equation Model. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(10(120)), 54–62. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269140>.
- [10] Yasa, G. I., Lastya, H. A., & Iqbal, G. (2022). Relevansi Kurikulum SMK dengan SKKNI Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Provinsi Aceh. Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, 6(2), 135–144. DOI: <https://doi.org/10.22373/crc.v6i2.10448>.
- [11] Li, P., He, Y., & Li, Z. (2022). Study on Influencing Factors of Construction Workers' Unsafe Behavior

Based on Text Mining. *Frontiers in Psychology*, 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.886390>.

- [12] Damayanti, F., Djakfar, L., Wisnumurti, & Nugroho, A. M. (2023). Analysis of the Role of Big Five Personality through Worker's Safety Culture and Personal Value as Intervening Variable on Construction Workers' Safety Behavior Using SEM-PLS. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280888>.
- [13] Development of a Novel Electrical Industry Safety Risk Index (EISRI) in the Electricity Power Distribution Industry Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). (2023). *Heliyon*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13155>.
- [14] Koloway, R., Ronga, W., Sumual, H., Olii, D., & Takaredase, A. (2024). The Influence of Vocational Theory Competency Test Results on Vocational Practice Competency Test Results. *JURNAL EDUNITRO: Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 4(1), 1–8. DOI: <https://doi.org/10.53682/edunitro.v4i1.8090>.
- [15] Putri, S. S., & Wahyuningsih, A. S. (2024). Risk Factors of Unsafe Behavior among Construction Workers. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 21(1), 41–50. DOI: <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v21i1.41-50>.
- [16] Pribadi, A. P., Rahman, Y. M. R., Silalahi, C. D. A. B., et al. (2024). Analysis of the Effectiveness and User Experience of Employing Virtual Reality to Enhance the Efficacy of Occupational Safety and Health Learning for Electrical Workers and Graduate Students. *Heliyon*, 10(15), e34918. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34918>.
- [17] A Science Mapping Approach-Based Review of Construction Workers' Safety-Related Behavior. (2024). *Buildings*, 14(4), 1162. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14041162>.