

**PERENCANAAN INSTALASI LISTRIK DI GEDUNG  
BERBASIS BUILDING AUTOMATION SYSTEM**

Sugianto, Zaenal Abidin  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ISTN  
Kampus Bhumi Srengseng Indah, Jakarta  
Email : [sugiantoistn13@gmail.com](mailto:sugiantoistn13@gmail.com)

**Abstrak**

Kelistrikan di gedung Office Tower dikontrol oleh Building Automation System (BAS) agar pemakaian listrik sesuai kebutuhan dan mempermudah operator dalam melakukan pengecekan terhadap peralatan yang mengalami gangguan dengan melihat kondisi peralatan tersebut di ruang kontrol dan dapat segera diatasi gangguan tersebut. Total kebutuhan daya di gedung ini sebesar 4.943,6 kVA sehingga transformator yang digunakan sebesar 2.500 kVA sebanyak 2 unit dan pengaman arus lebih menggunakan ACB 4.000 A - 75 kA serta penghubung LVDP ke transformator menggunakan busduct aluminium 4.000 A. Kemudian, dengan perhitungan back up kebutuhan daya 60% dapat ditentukan genset yang digunakan sebesar 2.000 kVA sebanyak 2 unit dan pengaman arus lebih menggunakan ACB 2.500 A - 65 kA serta penghubung LVDP ke genset menggunakan busduct aluminium 2.500 A. Selanjutnya, dengan menggunakan BAS pengelola gedung dapat menghemat energi listrik dalam tiga puluh (30) hari sebesar 3.762 kWh sehingga pemakaian energi listrik lebih efisien 3,5%.

**Kata kunci : BAS, transformator, genset, ACB, busduct, LVDP**

*Electricity in the Office Tower building is controlled by Building Automation System (BAS) so that electricity consumption is as needed and makes it easier for operators to check equipment that has been disrupted by seeing the condition of the equipment in the control room and can be overcome immediately. The total power requirements in this building amounted to 4,943.6 kVA so that the transformer used was 2,500 kVA as much as 2 units and the overcurrent protection used ACB 4,000 A - 75 kA and LVDP connectors to the transformer using aluminum busduct 4,000 A. Then, with the calculation of the back up of 60% power requirement, it can be determined that the generator used is 2,000 kVA as much as 2 units and the overcurrent protection uses ACB 2,500 A - 65 kA and LVDP connector to the generator using aluminum busduct 2,500 A. Furthermore, using BAS the building manager can save electricity energy in thirty (30) days by 3.762 kWh so that the use of electricity is more efficient at 3.5%.*

**Keywords: BAS, transformer, generator, ACB, busduct, LVDP**

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sangatlah pesat, hal ini ditandai dengan semakin banyaknya gedung bertingkat seperti mall, hotel, hunian apartemen, office dan lainnya. Pembangunan gedung tersebut tidak akan terlepas dari munculnya peran dari ahli perancang arsitektur, ahli teknik sipil dan ahli perancang mekanikal elektrik. Untuk mendirikan sebuah gedung diperlukan suplai daya listrik guna mendukung peralatan-peralatan didalamnya. Oleh karena itu, perencanaan instalasi listrik diatur sedemikian rupa agar dapat berjalan suatu sistem kelistrikan yang memenuhi standar dan peraturan yang berlaku.

Setiap perencanaan instalasi listrik di sebuah gedung pada umumnya menyertakan cadangan untuk sumber daya listrik, hal ini dimaksudkan jika sewaktu-waktu sumber daya listrik dari PLN padam, cadangan tersebut dapat menggantikan fungsi PLN sebagai sumber daya listrik. Seiring dengan semakin pesatnya pembangunan gedung-gedung, maka kebutuhan penggunaan energi terus meningkat. Hal ini dimungkinkan karena penggunaan peralatan mekanikal dan elektrik pada gedung yang jumlahnya banyak dan memerlukan energi yang besar. Namun dengan persediaan energi yang terbatas, kita membutuhkan suatu pengendalian dan pemantauan peralatan-peralatan tersebut

dengan mekanisme pengaturan yang mudah dilakukan oleh operator. Salah satu upaya yang dapat kita lakukan yaitu penggunaan sistem otomatisasi bangunan atau yang biasa dikenal dengan Building Automation System (BAS).

Building Automation System (BAS) merupakan suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal pada suatu gedung yang berfungsi untuk mengatur penggunaan energi sesuai yang dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai dan dapat meningkatkan kemampuan manajemen energi suatu gedung. Oleh karena itu, dalam skripsi ini akan dibahas mengenai perencanaan instalasi listrik berbasis BAS.

Pokok permasalahan dalam jurnal ini adalah bagaimana merencanakan instalasi listrik di gedung dengan berbasis BAS agar penggunaan listrik dapat dikendalikan atau dikontrol dari pusat pengaturan serta dapat melakukan penghematan energi listrik.

Pada jurnal ini dibatasi permasalahan yaitu sebagai berikut :

- a. Membahas perancangan instalasi listrik beserta pentanahan internal di gedung dengan berbasis BAS dan analisis penerapannya.
- b. Pemakaian beban yang dikontrol BAS yaitu beban penerangan dan AHU.

## 2. PERALATAN INSTALASI LISTRIK & BUILDING AUTOMATION SYSTEM

Pada gedung ini memiliki sumber listrik dari PLN sebagai sumber utama dan Genset sebagai sumber cadangan. Peralatan listrik yang digunakan di gedung ini antara lain genset, transformator, panel utama tegangan menengah (MVDP), panel utama tegangan rendah (LVDP), panel distribusi lantai dan panel-panel khusus lainnya. Dalam sistem elektrikal juga terdapat komponen-komponen listrik seperti kabel, busduct dan breaker.

Kabel adalah media untuk menyalurkan energi listrik, baik listrik pada arus kuat maupun arus lemah. Jenis kabel yang sering digunakan untuk instalasi listrik diantaranya adalah NYA, NYM, NYY, NYFGBY, dan lain sebagainya. Kemampuan hantar sebuah kabel listrik ditentukan oleh KHA (kuat hantar arus) yang dimilikinya, sebab parameter hantaran listrik ditentukan dalam satuan Ampere (A). Adapun ketentuan mengenai KHA kabel listrik

diatur dalam spesifikasi Standar Perusahaan Umum Listrik Negara (SPLN).

Busduct adalah batang konduktor pengganti kawat konduktor dalam menghantarkan energi listrik dengan kapasitas arus yang besar. Busduct terdiri dari 2 jenis penghantar, yaitu tembaga dan aluminium. Dari segi konduktivitas listrik, penghantar aluminium lebih rendah dibandingkan dengan tembaga. Namun dengan kemampuan arus yang sama, maka berat penghantar aluminium lebih ringan dan harga lebih murah dibandingkan penghantar tembaga.

Circuit Breaker (CB) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan hubung singkat pada jaringan listrik atau peralatann listrik.

*Building Automation System* atau BAS adalah suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal yang terdapat di suatu gedung. BAS dalam suatu gedung merupakan suatu sistem yang dapat mengatur penggunaan energi sesuai yang dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai dan berguna dalam meningkatkan kemampuan melakukan manajemen energi pada suatu gedung. BAS terdiri dari PC server, *Direct Digital Controller* (DDC), Switch dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

## 3. PERENCANAAN INSTALASI LISTRIK BERBASIS BUILDING AUTOMATION SYSTEM (BAS)

Tahapan dalam perencanaan instalasi listrik di suatu gedung dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Perencanaan diagram sistem satu garis  
Tujuan dari perencanaan diagram sistem satu garis adalah sebagai sarana untuk pengecekan atau penunjukkan secara menyeluruh dimana letak gardu listrik, genset, unit trafo, panel induk, sub panel distribusi, panel-panel lantai dan mcb box unit serta untuk melihat tinggi jarak antar lantai sehingga pelaksana lapangan seperti kontraktor mekanikal dan elektrikal (ME) dapat melakukan estimasi kebutuhan

kabel-kabel yang akan digunakan pada suatu gedung. Adapun tahapan perencanaan diagram sistem satu garis dapat diuraikan sebagai berikut :

- Menggambar lantai-lantai gedung lengkap dengan elevasi lantainya.
- Menggambar dan menaruh letak seluruh peralatan mulai dari gardu distribusi, trafo, panel induk, sub panel distribusi, panel-panel lantai sampai dengan mcb box unit sesuai penempatan pada lantainya.
- Hubungkan antar panel dengan transformator dan panel dengan panel sesuai fungsinya dan diberi keterangan untuk jenis serta ukuran luas penampang kabel yang digunakan.
- Melakukan pengecekan terhadap keseluruhan diagram tersebut.

Pada umumnya diagram sistem satu garis sudah mencakup item berikut :

- Gardu Distribusi PLN
- MVDP (Medium Voltage Distribution Panel)
- Generator set (Genset)
- Transformator
- LVDP (Low Voltage Distribution Panel)
- SDP (Sub Distribution Panel) atau Sub Panel Distribusi
- DP (Distribution Panel) atau Panel Distribusi
- Panel Khusus seperti Panel Elektronik, Panel AC, Panel Gondola, Panel Lift, Panel Tangga Kebakaran (Emergency), Panel Pompa, Panel Penerangan Luar, Panel Gondola dan lain sebagainya.
- Panel Box Unit

## 2. Perencanaan Diagram Panel

Tujuan dari perencanaan diagram panel adalah mendeskripsikan rencana dari isi proteksi yang ada di panel dan jenis kabel beserta ukurannya yang akan menghubungkan panel dengan beban, panel dengan panel dan panel dengan trafo.

Tahapan perencanaan diagram panel yaitu :

- Membuat diagram pengawatan yang menghubungkan panel dengan beban.
- Menentukan jenis dan ukuran kabel untuk masing-masing tarikan ke beban.
- Menentukan proteksi arus lebih untuk masing-masing tarikan kabel.
- Menentukan busbar untuk panel.
- Menentukan besar penampang kabel pentanahan untuk panel.

Untuk menentukan proteksi arus lebih dan luas penampang kabel dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$I_{n} = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi} \quad (3.1)$$

Kemudian, untuk menentukan arus hubung singkat digunakan persamaan berikut ini :

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{Z} \quad (3.2)$$

Sesuai dengan PUIL 2011, setiap kabel harus mempunyai kuat hantar arus, maka untuk mencari kuat hantar arus (KHA) suatu penghantar adalah :

$$KHA = 125\% \times I_{nominal} \quad (3.3)$$

Dalam pemilihan luas penampang kawat pentanahan dapat digunakan standar dari PUIL 2011. Untuk menentukan luas penampang kabel pentanahan dapat dijelaskan dengan rumus dibawah ini :

$$A_{GND} = 50\% \times A_{FEEDER} \quad (3.4)$$

Setelah menghitung luas penampang, proteksi arus dan kabel pentanahan setiap lantai, langkah selanjutnya yaitu menggambar wiring diagram Panel Distribusi tiap lantai. Beban panel-panel distribusi dan panel emergency kemudian dijumlahkan dan dikumpulkan di LVDP. Dari LVDP dapat diketahui seberapa besar kapasitas beban keseluruhan yang diperlukan oleh gedung ini. Langkah yang perlu di ambil dalam merancang diagram LVDP yaitu :

- Membuat diagram satu garis yang berisi rincian beban panel distribusi tiap lantai yang ada di dalam gedung, panel emergency dan panel-panel khusus lainnya.
- Menentukan pengaman arus lebih.
- Menentukan busduct & kabel feeder sebagai penghubung ke transformator & panel-panel lantai.
- Menentukan besar penampang grounding.

Dalam menentukan pengaman arus lebih, perlu diketahui 3 (tiga) parameter daya listrik, yaitu :

- Daya Aktif, yaitu daya sebenarnya yang dilakukan oleh beban untuk melakukan tugas atau usaha tertentu.

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I_n \cdot \cos\phi \quad (3.5)$$

2. Daya Semu, yaitu daya yang terpasang dengan beban.

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I_n \quad (3.6)$$

3. Daya Reaktif, yaitu daya yang timbul karena adanya beban-beban yang bersifat induktif dan dapat merugikan pelanggan.

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I_n \cdot \sin \phi \quad (3.7)$$

Dari rumus-rumus diatas dapat dihitung nilai pengaman arus lebih yang akan digunakan pada LVDP. Hasil perhitungan nilai tersebut disesuaikan dengan standar pasaran. Kemudian, dari nilai pengaman dapat menentukan kapasitas busduct penghubung ke panel distribusi dan transformator.

Kemudian, langkah selanjutnya adalah menentukan kapasitas transformator dengan persamaan berikut ini :

$$S_T = \frac{P}{\cos \phi} \quad (3.8)$$

Setelah kapasitas transformator dihitung, maka dapat ditentukan kabel tegangan menengah (SUTM) 20 kV dengan persamaan berikut ini :

$$I_n = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (3.9)$$

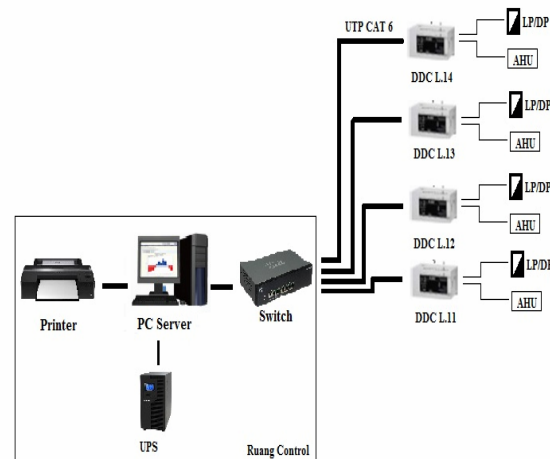
Kemudian, untuk menentukan suplai darurat dari generator set dalam gedung, sebaiknya melalui tahapan-tahapan berikut ini :

1. Menentukan kapasitas generator set dengan persamaan berikut ini :

$$S_G = S \times 60\% \quad (3.10)$$

2. Menentukan busduct dengan menggunakan persamaan (3.6)
3. Menentukan proteksi yang akan digunakan dengan perhitungan sama dengan menentukan proteksi pada panel distribusi atau LVDP.

Penggunaan BAS pada gedung Office Tower ini adalah untuk melakukan monitoring dan pengontrolan terhadap peralatan mekanikal dan elektrik gedung yang akan dikontrol sehingga penggunaan energi listrik lebih efisien dan pihak bulding management dapat melakukan penghematan energi listrik.



Gambar 3.1 Blok diagram BAS

Berdasarkan blok diagram diatas, dapat dijelaskan bahwa BAS memiliki PC server sebagai pusat pengaturan dimana data berupa perintah (output) dikirimkan melalui switch dan kemudian didistribusikan ke DDC pada setiap lantai yang terhubung langsung dengan point yang dikontrol, yaitu penerangan dan AHU. Begitu pun sebaliknya, DDC mengirimkan input yang terhubung dengan point yang di-monitoring ke PC server agar operator dapat melakukan monitoring langsung di ruang kontrol. Untuk memback up daya jika terjadi gangguan pada PLN, maka dibutuhkanlah UPS agar sistem tetap berjalan.

#### 4. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

##### 4.1. Perhitungan Beban

Kebutuhan daya per lantai dapat ditentukan dengan menghitung jumlah beban yang terpasang pada masing-masing lantai. Dalam hal ini diambil sebagai contoh beban pada lantai 11 (tipikal L12~L32) yang terdiri dari koridor dan ruang perkantoran :

1. Beban Koridor = 22.966 W
2. Beban Perkantoran =  $\frac{41.250 \text{ W}}{6}$
- Total = 64.216 W

Adapun perhitungan pemutus arus (circuit breaker) dan luas penampang kabel pada panel lantai 11 dengan total beban 64.216 W adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai arus nominal dengan menunjuk pada persamaan (3.1)

$$I_n = \frac{P_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos \phi} = \frac{64.216}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 108,41 \text{ A}$$

2. Menentukan nilai arus hubung singkat dengan menunjuk pada persamaan (3.2)

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{Z} = \frac{108,41 \times 100}{6} = 1.806,83 \text{ A} = 1,81 \text{ kA}$$

3. Menentukan nilai KHA dengan menunjuk pada persamaan (3.3)

$$KHA = I_n \times 125\% = 108,41 \times 125\% = 135,5 A$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, dapat ditentukan berikut ini :

1. MCCB yang digunakan yaitu MCCB 112-160 A, 16 kA.
2. Luas penampang yang digunakan yaitu ukuran 35 mm<sup>2</sup>. Dalam hal ini kabel berjenis tembaga (NYY), maka dapat ditentukan kabel yang digunakan adalah NYY 4 x 1 x 35 mm<sup>2</sup>.
3. Dengan ukuran penghantar 35 mm<sup>2</sup>, maka kabel pentanahan yang digunakan dengan ukuran 16 mm<sup>2</sup>.

Untuk selanjutnya, menentukan nilai pengaman dan luas penampang kabel pada setiap lantai sesuai dengan perhitungan tersebut diatas dapat dibuatkan dalam bentuk tabel (4.1) dan tabel (4.2) dibawah ini :

Tabel 4.1 Total Beban LVDP-1

No	Nama Panel	Data Listrik (V, Ph, Hz)	Daya (W)	Arus (A)	Isc (kA)	Pengaman (Circuit Breaker)	Luas Penampang Kabel
1	MCC-CT	380/3/50	64.398	136	2	MCCB 112-160 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 35 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>
2	MCC-CHP	380/3/50	1.224.000	2.583	34	ACB 2500 A, 65 kA	NYY 5 x (4 x 1 x 300 mm <sup>2</sup> ) + BC 3 x 300 mm <sup>2</sup>
3	DP-RF	380/3/50	322.624	681	9	MCCB 320-800 A, 35 kA	NYY 4 x 1 x 400 mm <sup>2</sup> + BC 240 mm <sup>2</sup>
4	DP-LB	380/3/50	49.414	104	1	MCCB 87,5-125 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 25 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>
5	DP-BS	380/3/50	62.378	132	2	MCCB 112-160 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 35 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>
6	DP-REST/LB	380/3/50	403.398	851	11	MCCB 400-1000 A, 50 kA	NYY 2 x (4 x 1 x 185 mm <sup>2</sup> ) + BC 185 mm <sup>2</sup>
7	PP-FP	380/3/50	367.500	776	10	MCCB 400-1000 A, 50 kA	FRC 2 x (4 x 1 x 185 mm <sup>2</sup> ) + BC 185 mm <sup>2</sup>
8	DP-EMG/BS	380/3/50	157.433	332	4	MCCB 160-400 A, 35 kA	FRC 4 x 1 x 150 mm <sup>2</sup> + BC 70 mm <sup>2</sup>
9	DP-EMG/RF	380/3/50	57.800	122	2	MCCB 112-160 A, 16 kA	FRC 4 x 1 x 35 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>

Tabel 4.2 Total Beban LVDP-2

No	Nama Panel	Data Listrik (V, Ph, Hz)	Daya (W)	Arus (A)	Isc (kA)	Pengaman (Circuit Breaker)	Luas Penampang Kabel
1	DP-L1	380/3/50	148.228	313	4	MCCB 160-400 A, 35 kA	NYY 4 x 1 x 120 mm <sup>2</sup> + BC 70 mm <sup>2</sup>
2	DP-P/L2	380/3/50	42.627	90	1	MCCB 87,5-125 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 25 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>
3	DP-LFS/L2	380/3/50	92.044	194	3	MCCB 175-250 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 70 mm <sup>2</sup> + BC 35 mm <sup>2</sup>
4	MDP-PUMP	380/3/50	266.000	561	7	MCCB 320-800 A, 35 kA	NYY 4 x 1 x 300 mm <sup>2</sup> + BC 150 mm <sup>2</sup>
5	PP-LIFT.P1~P4	380/3/50	104.000	219	3	MCCB 175-250 A, 36 kA	NYY 4 x 1 x 70 mm <sup>2</sup> + BC 35 mm <sup>2</sup>
6	PP-LIFT.P11~P13	380/3/50	36.000	76	1	MCCB 70-100 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 16 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>
7	DP-L9	380/3/50	185.000	390	5	MCCB 252-630 A, 35 kA	NYY 4 x 1 x 185 mm <sup>2</sup> + BC 95 mm <sup>2</sup>
8	DP-L10	380/3/50	185.000	390	5	MCCB 252-630 A, 35 kA	NYY 4 x 1 x 185 mm <sup>2</sup> + BC 95 mm <sup>2</sup>
9	DP-L11~L32	380/3/50	64.216	136	2	MCCB 112-160 A, 16 kA	NYY 4 x 1 x 35 mm <sup>2</sup> + BC 16 mm <sup>2</sup>

4.2 Perhitungan Kapasitas Transformator

Dari data kebutuhan daya pada tabel (4.1) dan (4.2), dapat direncanakan pemakaian transformator dengan menunjuk pada persamaan (3.8) sebagai berikut :

$$S_{T1} = \frac{P_1}{\cos \phi} = \frac{2.112.977}{0,9} = 2.347.752,2 VA = 2.347,8 kVA$$

$$S_{T2} = \frac{P_2}{\cos \phi} = \frac{2.100.904}{0,8} = 2.334.337,8 VA = 2.334,3 kVA$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, transformator yang digunakan adalah 2.347,8 kVA untuk LVDP-1 dan 2.334,3 kVA untuk LVDP-2. Namun, hasil perhitungan diatas tidak ada dipasaran sehingga transformator yang digunakan adalah sebesar 2.500 kVA untuk LVDP-1 dan LVDP-2.

4.3 Perhitungan Pemutus Arus dan Kapasitas Busduct pada Incoming LVDP

Berdasarkan hasil perhitungan transformator sebesar 2.500 kVA, maka dapat ditentukan pemutus arus dan kapasitas busduct pada LVDP dengan menunjuk pada persamaan (3.6) sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S_{z\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} = \frac{2.500.000}{\sqrt{3} \times 380} = 3.798,4 A$$

Kemudian, untuk perhitungan arus hubung singkat dengan menunjuk pada persamaan (3.2) sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{Z} = \frac{3.798,4 \times 100}{6} = 63.306,7 A = 63,3 kA$$

Berdasarkan hasil diatas, pemutus arus berjenis ACB dengan kapasitas 3.798,4 A - 63,3 kA tidak ada sehingga digunakan ACB 4.000 A - 75 kA. Kemudian, dapat juga menentukan kapasitas busduct penghubung LVDP ke transformator sebesar 4.000 A dengan penghantar berbahan aluminium dikarenakan busduct dengan kapasitas 3.798,4 A tidak ada dipasaran.

4.4 Perhitungan Pemutus Arus dan Kapasitas Busduct Riser pada Outgoing LVDP-2

Berdasarkan total kebutuhan daya untuk panel DP-L9~ -L32 sebesar 1.426.202 Watt, maka dapat ditentukan pemutus arus dan kapasitas busduct pada outgoing LVDP-2 dengan menunjuk pada persamaan (3.6) sebagai berikut :



$$I_n = \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} = \frac{1.426.202}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 2.407,7 \text{ A}$$

Kemudian, untuk perhitungan arus hubung singkat dengan menunjuk pada persamaan (3.2) sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{Z} = \frac{2.407,7 \times 100}{6} = 40.128,3 \text{ A} = 40,13 \text{ kA}$$

Berdasarkan hasil diatas, pemutus arus berjenis ACB dengan kapasitas 2.407,7 A - 40,13 kA tidak ada sehingga digunakan ACB 2.500 A - 65 kA. Kemudian, dari hasil perhitungan diatas dapat juga menentukan kapasitas busduct penghubung LVDP ke panel distribusi per lantai sebesar 2.500 A dengan penghantar berbahan aluminium dikarenakan busduct dengan kapasitas 2.407,7 A tidak ada.

#### 4.5 Analisis Pemilihan Busduct pada LVDP

Dari hasil diatas dijelaskan berikut diuraikan kelebihan menggunakan busduct :

1. Busduct memiliki struktur yang compact dengan housing sebagai penghantar grounding, sedangkan kabel harus memiliki penghantar terpisah untuk grounding. Oleh karena itu, ukuran busduct lebih kecil dibandingkan kabel.
2. Pemilihan jalur busduct lebih bervariasi dibandingkan kabel sehingga lebih baik dari segi estetika. Hal tersebut dikarenakan busduct memiliki aksesori penunjang yang tidak dimiliki kabel seperti elbow, off-set dan tee.
3. Busduct bertipe modular seperti pada sehingga mempermudah maintenance dan ketika ada kerusakan, maka yang diganti per partisi.
4. Dengan menggunakan busduct dapat mengurangi beberapa pemakaian rak kabel, panel sub distribusi beserta komponennya dan memperkecil dimensi LVDP.
5. Busduct memiliki sertifikasi Electromagnetic Compatibility (EMC) dari International Electrotechnical Commission (IEC) sehingga tidak terjadi induksi terhadap kabel arus lemah.
6. Waktu instalasi busduct lebih cepat dibandingkan kabel. Sebagai contoh, untuk pemasangan busduct dengan kapasitas 4.000 A hanya membutuhkan 0,2 jam, sedangkan untuk kabel harus dikerjakan selama 3,8 jam.
7. Busduct tidak dapat digigit oleh hewan seperti tikus karena housingnya terbuat dari lembaran aluminium yang tidak bisa dimakan.

#### 4.6 Perhitungan Pemutus Arus dan Luas Penampang Kabel pada MVDP

Berdasarkan kapasitas transformator sebesar 2.500 kVA, maka dapat ditentukan nilai berikut ini :

1. Kuat hantar arus dan luas penampang kabel pada keluaran MVDP dengan menunjuk pada persamaan (3.9) sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{2.500}{\sqrt{3} \times 20} = 72,2 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka digunakan CB SF6 630 A sesuai standar pabrikasi. Kemudian, jenis dan luas penampang kabel yang digunakan adalah N2XSY 3 x 1C x 50 mm<sup>2</sup>.

2. Kuat hantar arus dan luas penampang kabel pada masukan MVDP dari PLN dengan menunjuk pada persamaan (3.9) sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{2 \times 2.500}{\sqrt{3} \times 20} = 144,3 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka digunakan CB SF6 630 A sesuai standar pabrikasi. Kemudian, jenis dan luas penampang kabel yang digunakan adalah N2XSY 3 x 1 x 150 mm<sup>2</sup>.

#### 4.7 Perencanaan Back Up Genset

Berdasarkan total daya terpasang pada LVDP-1 dan LVDP-2 sebesar 4.943,6 kVA, maka perhitungan genset dengan menunjuk persamaan (3.10) sebagai berikut :

$$S_G = S \times 60\% = 4.682,1 \times 60\% = 2.809,3 \text{ kVA}$$

Berdasarkan hasil diatas, dapat ditentukan daya genset yang diperlukan adalah sebesar 1.500 kVA sesuai standar pabrikasi sebanyak 2 unit. Kemudian, dengan menunjuk pada persamaan (3.6) nilai pemutus arus dan kapasitas busduct dari masing-masing genset dapat ditentukan sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{LL}} = \frac{1.500.000}{\sqrt{3} \times 380 \times \sqrt{3}} = 2.279 \text{ A}$$

Kemudian, untuk perhitungan arus hubung singkat dengan menunjuk pada persamaan (3.2) sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{Z} = \frac{2.279 \times 100}{6} = 37.983,3 \text{ A} = 37,98 \text{ kA}$$

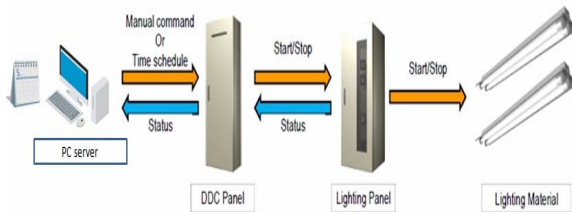
Berdasarkan hasil diatas, pemutus arus berjenis ACB dengan kapasitas 2.279 A - 37,98 kA tidak ada sehingga digunakan yang lebih besar yaitu ACB 2.500 A - 65 kA. Kemudian, dengan hasil perhitungan diatas dapat juga menentukan kapasitas busduct penghubung genset ke LVDP-1 sebesar 2.500 A dengan penghantar berbahan aluminium dikarenakan busduct dengan kapasitas 2.279 A tidak ada dipasaran.

4.8 Analisis Kerja BAS

Analisis kerja sistem BAS meliputi sistem kerja pada unit-unit controller dan interaksi dengan peralatan-peralatan tersebut hingga dapat melakukan proses monitoring dan control pada PC server yang terdapat di ruang kontrol. Adapun analisis kerja sistem BAS dapat dijelaskan berikut ini :

1. Analisis kerja BAS pada Panel Listrik

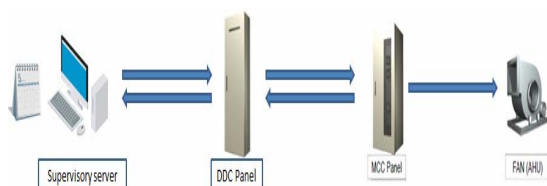
Pada gedung ini, BAS berfungsi untuk melakukan monitoring dan pengontrolan pada peralatan listrik. Monitoring pada panel listrik berupa nilai besaran daya yang sedang terpakai seperti besaran watt, volt, ampere, kilo-watt-hour, dan lain-lain. Pengontrolan juga dilakukan pada start/stop di panel penerangan dan terhubung dengan point digital output. Konfigurasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Pengontrolan Lampu & Monitoring Panel

2. Analisis kerja BAS pada AHU

Jumlah AHU yang digunakan pada gedung ini adalah sebanyak 22 unit. AHU digunakan untuk mengkondisikan udara segar dari udara luar yang akan didistribusikan sebagai tambahan udara segar untuk ruangan perkantoran.

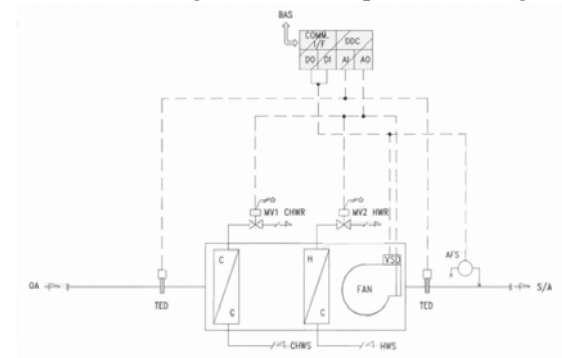


Gambar 4.2 Pengontrolan & Monitoring AHU

Berdasarkan gambar 4.2, pengaturan pada AHU dilakukan dengan melakukan monitoring dan pengontrolan pada bagian berikut ini :

- a) Air Flow Switch yang berfungsi sebagai status fan dan terhubung pada point digital input.
- b) Start/stop pengoperasian AHU dan terhubung dengan point digital output
- c) Sensor temperatur pada suplai dan return AHU hanya untuk monitoring saja dan terhubung dengan point analog input.
- d) Motorized valve yang berfungsi untuk membatasi jumlah air chiller yang masuk kedalam coil AHU dan terhubung dengan point analog output.

3. Analisis Pengontrolan Temperatur Ruangan



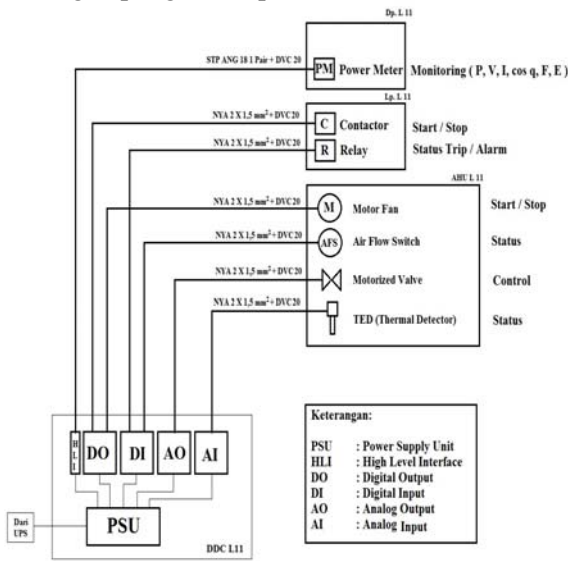
Gambar 4.3 Skematik Pengontrolan Temperatur

Berdasarkan gambar 4.3, sistem pengontrolan kondisi ruangan dilakukan dengan membandingkan antara nilai setpoint yang diberikan dengan nilai temperatur aktual diruangan tersebut. Sensor ditempatkan pada ruangan perkantoran untuk mendapatkan nilai temperatur pada ruangan tersebut. Apabila nilai aktual lebih besar dibandingkan nilai setpoint yang diinginkan, maka controller akan memberikan sinyal ke motorized valve untuk mengatur pembukaan pada posisi maksimal. Apabila nilai aktual lebih kecil dari nilai setpoint, maka motorized valve akan mengatur pembukaan sesuai kebutuhan.

4.8 Analisis Pemakaian Energi Listrik

Pengaturan BAS terhadap peralatan mekanikal dan elektrikal dilakukan agar pemakaian energi listrik lebih efisien dan dapat melakukan penghematan energi. Penggunaan BAS bertujuan agar pihak building management dalam meng-ON/OFF-kan peralatan tidak harus ke lokasi peralatan dikarenakan dengan adanya BAS maka

peralatan akan otomatis ON/OFF sesuai dengan pengaturan pada PC server.



Gambar 4.4 Wiring diagram DDC Lantai 11

Dari gambar 4.4, dapat dijelaskan bahwa didalam DDC terdapat komponen pendukung untuk me-monitoring dan mengontrol peralatan gedung. Tegangan 24 vdc dari UPS dialiri melalui Power Supply Unit dan didistribusikan ke modul-modul I/O. Modul DI dan AI akan menerima input dari point yang terhubung dengan modul tersebut, sedangkan modul DO dan AO akan memberikan output ke point yang terhubung dengan modul tersebut. Kemudian, untuk HLI digunakan untuk me-monitoring Power Meter yang terdapat didalam Distibution Panel (DP) agar dapat menampilkan nilai besaran listrik seperti kwh, watt, volt, ampere, Hz, dan cos φ.

Gambar 4.4 merupakan contoh wiring diagram DDC pada lantai 11, untuk wiring diagram DDC lantai 12 hingga lantai 32 sama dengan gambar 4.4.

Berikut ini analisis perhitungan pemakaian energi listrik pada AHU di lantai 11 sebagai contoh yang dapat ditunjukkan pada tabel (4.3) dan (4.4) dibawah ini :

Tabel 4.3 Pengoperasian AHU Lantai 11 Tanpa BAS

Waktu Operasional	Lama Waktu (jam)	Nilai Setpoint (°C)	Temperatur Evaporator (°C)	Konsumsi Daya AHU (kW)	Energi (kWh)
Pkl 07.00 - 08.00 WIB	1	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	15
Pkl 08.00 - 09.00 WIB	1	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	15
Pkl 09.00 - 09.30 WIB	0,5	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	7,5
Pkl 09.30 - 12.00 WIB	2,5	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	37,5
Pkl 12.00 - 13.00 WIB	1	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	15
Pkl 13.00 - 13.30 WIB	0,5	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	7,5
Pkl 13.30 - 14.00 WIB	0,5	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	7,5
Pkl 14.00 - 17.00 WIB	3	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	45
Pkl 17.00 - 18.00 WIB	1	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	15

Berdasarkan tabel (4.3) tersebut diatas, dapat dijelaskan bahwa pengoperasian AHU secara manual (tanpa BAS) selama waktu operasional pada pukul 07.00 – 18.00 WIB (11 jam) akan membutuhkan energi listrik sebesar 165 kWh.

Tabel 4.4 Pengoperasian AHU Lantai 11 Tanpa BAS

Waktu Operasional	Lama Waktu (jam)	Nilai Setpoint (°C)	Temperatur Evaporator (°C)	Konsumsi Daya AHU (kW)	Energi (kWh)
Pkl 07.00 - 08.00 WIB	1	24 <sup>o</sup>	8 <sup>o</sup>	13,7	13,7
Pkl 08.00 - 09.00 WIB	1	23 <sup>o</sup>	7 <sup>o</sup>	14,1	14,1
Pkl 09.00 - 09.30 WIB	0,5	22 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	14,6	7,3
Pkl 09.30 - 12.00 WIB	2,5	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	37,5
Pkl 12.00 - 13.00 WIB	1	24 <sup>o</sup>	8 <sup>o</sup>	13,7	13,7
Pkl 13.00 - 13.30 WIB	0,5	23 <sup>o</sup>	7 <sup>o</sup>	14,1	7,1
Pkl 13.30 - 14.00 WIB	0,5	22 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	14,6	7,3
Pkl 14.00 - 17.00 WIB	3	21 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	15	45
Pkl 17.00 - 18.00 WIB	1	24 <sup>o</sup>	8 <sup>o</sup>	13,7	13,7

Berdasarkan tabel (4.4) tersebut diatas, dapat dijelaskan bahwa pengoperasian AHU secara otomatis dengan BAS selama waktu operasional pada pukul 07.00 – 18.00 WIB (11 jam) akan membutuhkan energi listrik sebesar 159,3 kWh.

Kemudian, dengan menunjuk pada tabel (4.3) dan (4.4) dapat dihitung nilai efisiensi pemakaian energi listrik dalam 30 hari dari menggunakan BAS pada gedung ini (lantai 11~32) sebagai berikut :



$$E_{T_1} = 165 \times 22 \text{ lantai} \times 30 \text{ hari} = 108.900 \text{ kWh}$$

$$E_{T_2} = 159,3 \times 22 \text{ lantai} \times 30 \text{ hari} = 105.138 \text{ kWh}$$

$$\Delta E_T = E_{T_1} - E_{T_2} = 108.900 - 105.138 = 3.762 \text{ kWh}$$

$$\eta = \frac{\Delta E_T}{E_{T_1}} \times 100\% = \frac{3.762}{108.900} \times 100\% = 3,5\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapat penghematan energi listrik dalam 30 hari sebesar 3.762 kWh dengan nilai efisiensi sebesar 3,5%.

## 5. KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan :

1. Total kebutuhan daya pada LVDP-1 sebesar 2.471,9 kVA dan pada LVDP-2 sebesar 2.471,7 kVA, maka transformator yang digunakan sebesar 2 x 2.500 kVA dan pengaman arus lebih menggunakan ACB 4.000 A - 75 kA serta penghubung LVDP ke transformator menggunakan busduct aluminium 4.000 A. Kemudian, dengan perhitungan back up kebutuhan daya 60% dapat ditentukan genset yang digunakan sebesar 2 x 1.500 kVA dan pengaman arus lebih menggunakan ACB 2.500 A - 65 kA serta penghubung LVDP ke genset menggunakan busduct aluminium 2.500 A.
2. Sistem BAS pada gedung Office Tower ini digunakan untuk mengatur ON/OFF pada beban penerangan dan AHU yang diatur secara otomatis pada PC server. Sesuai dengan analisis perhitungan didapat penghematan energi listrik dalam 30 hari sebesar 3.762 kWh sehingga didapat efisiensi energi listrik sebesar 3,5%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Basri, Hasan. 1997. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: ISTN.
2. Data Proyek Jakarta Box Office Tower. 2017. Jakarta: PT. Jaya Kencana.
3. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2012. *Modul Pelatihan Pelaksana Lapangan Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal*. Jakarta: Pusat Pelatihan Jasa Konstruksi (PUSLATJAKONS).
4. Eko N. 2014. *Perencanaan Sistem Instalasi Tenaga Listrik Pada Bangunan Apartemen Sederhana*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik.

Institut Sains dan Teknologi Nasional: Jakarta.

5. Harten, P. Van dan E. Setiawan. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*. Jakarta: Binacipta.
6. Ibnu EH. 2009. *Studi Sistem Otomatik Pada Gedung Untuk Sistem HVAC Berbasis Direct Digital Controller*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia: Depok.
7. Kasatkin, A. dan M. Perekalin. 1960. *Basic Electrical Engineering*. Moscow: Peace.
8. Mischler, Laurent. 2016. *Electrical Installation Guide*. France: Schneider Electric S.A.
9. Mohammad Hasan B. 2008. *Rancang Bangun Diagram Satu Garis Rencana Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Gedung Bertingkat (Highrises Building)*. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia: Depok.
10. Standar Nasional Indonesia (SNI), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, (PUIL 2011). SNI-0225-2011