BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam merancang maupun mengoperasikan sistem distribusi listrik pada bangunan gedung, efisiensi instalasi listrik menjadi salah satu aspek yang sangat penting. Sistem distribusi yang baik tidak hanya berpengaruh terhadap penghematan energi, tetapi juga berperan dalam meningkatkan keandalan, keamanan, serta umur peralatan listrik[1][2]. Sebaliknya, sistem distribusi yang kurang tepat dapat menyebabkan penurunan tegangan (*drop voltage*), efisiensi daya sistem distribusi menurun, serta potensi gangguan operasional yang dapat merugikan secara teknis maupun ekonomis. Berdasarkan data dari *American Public Power Association*, hampir ½ rugi-rugi daya total pada sistem distribusi terjadi pada saluran penghantar, yang menujukan bawah konduktor memiliki andil yang besar terhadap efisiensi keseluruhan sistem distribusi listrik[3].

Seiring dengan perkembangan teknologi instalasi listrik, penggunaan penghantar listrik dalam sistem distribusi mengalami perubahan. Secara konvensional, kabel tembaga masih menjadi opsi umum yang digunakan karena memiliki konduktivitas yang baik dan pemasangan yang fleksibel diberbagai aplikasi. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, mulai berkembang penggunaan *busduct*, khususnya berbahan aluminium, sebagai alternatif sistem distribusi daya pada gedung-gedung modern[4]. *Busduct* menawarkan beberapa keunggulan seperti kemudahan dalam ekspansi sistem, kerapihan instalasi, efisiensi dimensi, serta kemampuan menghantarkan arus besar dalam ruang yang relatif lebih efisien.

Meskipun demikian, penggunaan *busduct* aluminium masih sering dipandang memiliki beberapa kekurangan. Dari segi biaya investasi awal, *busduct* umumnya dinilai lebih mahal dibandingkan kabel konvensional. Selain itu, proses pemasangan *busduct* dianggap lebih kompleks dan memerlukan perencanaan yang lebih matang. Di sisi lain, terdapat persepsi bahwa penggunaan *busduct* belum tentu lebih efisien dibandingkan kabel, terutama pada rentang kapasitas arus tertentu. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai pada kondisi mana penggunaan *busduct* menjadi lebih unggul dibandingkan kabel, baik dari segi efisiensi daya (*voltage* drop) maupun biaya.

Efisiensi daya dalam sistem distribusi dapat dianalisis melalui beberapa parameter utama, yaitu penurunan tegangan (*drop voltage*) dan tingkat efisiensi penyaluran daya secara keseluruhan[5]. Untuk mendapatkan hasil analisis yang akurat dan mendekati kondisi nyata, diperlukan suatu metode simulasi yang mampu merepresentasikan sistem secara detail. Salah satu perangkat lunak yang umum digunakan dalam analisis sistem tenaga listrik adalah ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program),* yang mampu melakukan *load flow analysis* yang terdiri dari analisa *drop voltage* secara komprehensif[6][7]. Selain analisis teknis, pemilihan jenis penghantar juga perlu mempertimbangkan aspek ekonomi, seperti biaya investasi (CAPEX).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi daya serta biaya penggunaan kabel tembaga dan *busduct* aluminium pada sistem distribusi listrik gedung dengan menggunakan simulasi ETAP. Penelitian ini difokuskan untuk menentukan rentang rating arus di mana penggunaan *busduct* menjadi lebih efisien dibandingkan kabel, baik dari aspek teknis *load flow* (*drop voltage*) maupun aspek ekonomis. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengambilan keputusan perancangan sistem distribusi listrik yang optimal, efisien, dan ekonomis pada bangunan gedung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil *Load Flow Analysis* menggunakan perangkat lunak ETAP pada sistem distribusi tenaga listrik dengan menggunakan penghantar busduct aluminium dan kabel tembaga terhadap nilai *voltage drop*?
2. Bagaimana tingkat kesesuaian hasil simulasi ETAP dengan hasil perhitungan matematis dalam menentukan nilai *voltage drop*?
3. Bagaimana rekomendasi pemilihan jenis penghantar antara busduct aluminium dan kabel tembaga berdasarkan variasi rating arus, panjang penghantar, dan faktor daya?
4. Bagaimana perbandingan biaya Capital Expenditure (CAPEX) antara penggunaan busduct aluminium dan kabel tembaga pada sistem distribusi tenaga listrik gedung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis nilai *voltage drop* pada sistem distribusi tenaga listrik menggunakan *busduct* aluminium dan kabel tembaga melalui simulasi *Load Flow Analysis* menggunakan ETAP.
2. Membandingkan hasil simulasi ETAP dengan hasil perhitungan matematis untuk mengetahui tingkat kesesuaian nilai *drop voltage*.
3. Menentukan rekomendasi pemilihan jenis penghantar berdasarkan variasi rating arus, panjang penghantar, dan faktor daya ditinjau dari nilai *drop voltage*
4. Menganalisis dan membandingkan biaya *Capital Expenditure* (CAPEX) antara penggunaan *busduct* aluminium dan kabel tembaga pada sistem distribusi tenaga listrik gedung

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis
    1. Menambah referensi dalam bidang sistem distribusi tenaga listrik, khususnya terkait perbandingan kabel dan *busduct*.
    2. Menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya terkait efisiensi sistem distribusi.
b. Manfaat Praktis
    1. Memberikan rekomendasi dalam pemilihan sistem distribusi listrik yang efisien dan ekonomis.
    2. Menjadi acuan bagi engineer, kontraktor, dan konsultan dalam menentukan penggunaan kabel atau *busduct*.

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dari penelitian ini:

1. Penelitian ini hanya menganalisis sistem distribusi daya listrik tegangan rendah pada gedung
2. Analisa perbandingan dilakukan pada kabel konduktor tembaga jenis NYY 4 *core* dan *busduct* konduktor aluminium dengan *insulation epoxy* IP 55.

3. Analisis difokuskan pada *load flow analysis* seperti penurunan tegangan (*drop voltage*) yang akan disimulasikan menggunakan software ETAP, dengan asumsi kondisi sebagai berikut:
   - Operasi beban tetap (*steady state*).
   - Faktor eksternal seperti temperatur dan kondisi pemasangan diasumsikan konstan dan ideal.
   - Data teknis yang digunakan (seperti impedansi, kapasitas arus, dll) mengacu pada datasheet standar kabel dan datasheet pabrikan.
   - Jalur distribusi dianggap lurus
4. Analisis biaya hanya mencakup:
   - Investasi awal (CAPEX)

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab. Bab I merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan. Bab II menyajikan landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi penelitian terdahulu yang relevan, teori sistem distribusi tenaga listrik, karakteristik penghantar berupa *busduct* aluminium dan kabel tembaga, teori *load flow analysis, drop voltage,* serta perangkat lunak ETAP. Bab III menjelaskan metodologi penelitian yang mencakup tahapan penelitian, metode pengumpulan data, pemodelan sistem, analisis load flow menggunakan ETAP untuk memperoleh nilai *drop voltage*, analisis perhitungan matematis, serta analisis ekonomi berdasarkan biaya *Capital Expenditure* (CAPEX). Bab IV menyajikan hasil simulasi dan pembahasan yang meliputi analisis *drop voltage,* pengaruh parameter penelitian terhadap kinerja kedua jenis penghantar, serta perbandingan biaya penggunaan *busduct* aluminium dan kabel tembaga. Bab V berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat menjadi masukan bagi pengembangan penelitian selanjutnya.

1.7 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam skripsi ini meliputi tahapan pengumpulan data, pemodelan sistem distribusi tenaga listrik, simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP, analisis *load flow* untuk memperoleh nilai *drop voltage,*

perhitungan matematis sebagai pembanding hasil simulasi, serta analisis ekonomi berdasarkan biaya *Capital Expenditure* (CAPEX). Metode tersebut digunakan untuk membandingkan kinerja teknis dan ekonomi antara kabel tembaga dan *busduct* aluminium sebagai penghantar pada sistem distribusi daya listrik gedung. Penjelasan lebih rinci mengenai metodologi penelitian disajikan pada Bab III.