

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kinerja energi dalam bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi cuaca sekitar, struktur dan karakteristik bangunan, pengoperasian komponen listrik seperti pencahayaan dan sistem HVAC, hunian dan perilakunya. Kondisi ini membuat kinerja energi sangat sulit untuk akurat menerapkan prakiraan konsumsi energi listrik bangunan.

Menurut European Commission. Energy (2020) di Uni Eropa, bangunan/gedung menyumbang 40% dari total penggunaan energi dan 36% dari total emisi CO₂. Prakiraan penggunaan energi di bangunan gedung penting dilakukan hal ini untuk meningkatkan kinerja energi, dengan tujuan mencapai konservasi energi dan mengurangi dampak lingkungan. Namun, sistem energi dalam bangunan cukup kompleks, seperti jenis energi dan jenis bangunan sangat bervariasi. Dalam literatur, bentuk energi utama dipertimbangkan adalah pemanasan dan pendinginan, konsumsi air panas dan listrik. Jenis bangunan yang paling sering dipertimbangkan adalah kantor, perumahan dan bangunan teknik, bervariasi dari kamar kecil hingga perkebunan besar. Perilaku energi suatu bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi cuaca, terutama bohlam kering suhu, konstruksi bangunan dan

properti termal bahan fisik yang digunakan, hunian dan perilakunya, komponen sub-level misalnya pencahayaan, HVAC (Pemanasan, Ventilasi, dan Sistem Pendingin Udara), kinerja dan jadwalnya. (Haixiang Zhao, Frédéric Magoulès, 2012)

Dewasa ini, isu tentang konservasi energi merupakan topik di semua negara. Hal ini tentunya disebabkan karena berbagai kepentingan yang melibatkan energi dan pengaruhnya yang sangat signifikan terhadap perekonomian suatu negara. Konsumsi energi dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti : ekonomi, demografi, iklim (polusi), harga energi, politik, keamanan, dan sebagainya. Banyak negara di dunia termasuk Indonesia mulai merancang kebijakan publik untuk mengantisipasi kemungkinan krisis energi di masa depan dan mengurangi polusi yang semakin parah. Kehidupan manusia modern sangatlah mustahil dipisahkan dari energi, karena faktor melekat energi dengan teknologi. Peramalan tingkat konsumsi energi dapat menjadi salah satu basis untuk mendapatkan formulasi kebijakan energi yang tepat. Tingkat konsumsi energi khususnya BBM (bahan bakar minyak) di Indonesia mempunyai kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun. Segmentasi konsumsi energi terdiri dari industri, transportasi, rumahan/kantor, dan lain-lain (Ulil Hamida, 2014)

Aimee McKane, A, et.al (2017) menyatakan bahwa konsumsi energi di sektor industri dan komersial (layanan) berkontribusi hampir 40% dari emisi gas rumah kaca global. Mengurangi konsumsi energi ini akan sangat penting bagi negara-

negara untuk mencapai komitmen pengurangan gas rumah kaca nasional mereka. Standar manajemen ISO 50001-Energi menyediakan kerangka kerja perbaikan berkelanjutan bagi organisasi untuk mengurangi konsumsi energi. Beberapa kebijakan nasional sudah mendukung ISO 50001; namun, tidak ada proses yang transparan dan konsisten untuk memperkirakan dampak potensial dari implementasinya. Metodologi Dampak yang dikembangkan pada ISO 50001, merupakan metodologi yang dikembangkan secara internasional untuk menghitung dampak ini pada skala nasional, regional, atau global yang cocok untuk digunakan oleh pembuat kebijakan. Jejaring Peneliti Dampak Global ISO 50001 yang baru-baru ini dibentuk menyediakan forum bagi para pembuat kebijakan untuk memperbaiki dan mendorong penggunaan metodologi ini. Melalui metodologi ini, skenario dengan 50% proyeksi konsumsi energi sektor industri dan jasa global di bawah manajemen ISO 50001 pada tahun 2030 akan menghasilkan penghematan energi primer kumulatif sekitar 105 EJ, penghematan biaya hampir US \$ 700 miliar (diskon untuk nilai bersih sekarang 2016) , dan 6500 juta metrik ton (Mt) dari emisi CO₂ yang dihindari. Emisi CO₂ tahunan yang dihindari pada tahun 2030 saja setara dengan mengeluarkan 210 juta kendaraan dari jalan.

Amber, K.P, Aslam, M.W, *et al.* (2017) menyatakan bahwa peramalan energi yang andal membantu pengelola/manajer menyiapkan anggaran masa depan untuk gedung mereka. Oleh

karena itu, model prakiraan yang sederhana, lebih mudah, serta bisa diandalkan yang bisa digunakan untuk berbagai jenis bangunan diinginkan. Dalam penelitian JST menyajikan model perkiraan lima tahun dari set data nyata untuk satu variabel dependen (konsumsi listrik harian) dan enam variabel penjelas (suhu sekitar, radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin, indeks hari kerja dan jenis bangunan). Persamaan matematika tunggal untuk perkiraan listrik harian penggunaan bangunan kampus telah dikembangkan menggunakan teknik Multiple Regression (MR). Data dua bangunan tersebut, terletak di Southwark Campus, London South Bank University di London. Hasil uji prakiraan model MR diperiksa dan dinilai berdasarkan data konsumsi listrik nyata dari kedua gedung pada tahun 2011. Hasilnya menunjukkan bahwa dari enam variabel penjelas, tiga variabel yaitu : suhu sekitar, index hari kerja dan tipe bangunan berpengaruh signifikan terhadap konsumsi energi bangunan. Hasil dari model ini dikaitkan dengan Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) sebesar 12% untuk gedung administrasi dan 13% untuk gedung akademik.

Ding Yan, Wang Qiaochu, *et al.* (2019) menjelaskan bahwa prakiraan yang akurat dari konsumsi listrik sebuah bangunan memberikan garis dasar untuk manajemen energi dan menunjukkan potensi penghematan energi bangunan. Tetapi, indikator pemanfaatan listrik berdasarkan luas bangunan tidak lagi berlaku karena peningkatan keseluruhan luas bangunan per orang dan

permintaan energi penghuni bangunan. Konsumsi listrik dasar terkait dengan luas bangunan, sedangkan variabel konsumsi listrik terkait dengan hunian bangunan. Fungsi probabilitas dan model Markov digunakan untuk menggambarkan konsumsi listrik yang disebabkan oleh keacakan hunian pada bangunan. Model ini divalidasi menggunakan tiga bangunan kampus. Berdasarkan perbandingan tagihan listrik aktual bangunan kampus dengan hasil prakiraan model, kesalahan akurasi model kurang dari 5%. North China University Of Science and Technology sebagai pelanggan besar sumber daya energi listrik telah melaksanakan pengukuran aktual dan simulasi konsumsi energi dan analisis penghematan energi untuk konsumsi energi kampus (Ruijiang Luo, Ying Han, *et al.* 2017)

Permasalahan yang dihadapi adalah energi primer 85% berasal dari energi tak terbarukan, bersumber dari fosil (batu bara, minyak, gas dan lainnya). Di sisi ekonomi hal ini membutuhkan biaya tinggi untuk pengadaan energi fosil, sedangkan di sisi lain batu bara, minyak, dan gas selalu memberikan dampak buruk terhadap lingkungan karena menghasilkan polusi. Data dari ESMAP (*Energy Mangement Assistance Program*) menyebutkan bahwa batu bara, minyak dan gas sebagai energi primer menghasilkan CO₂ yang sangat besar ketika menghasilkan energi listrik. Diketahui bahwa terlalu banyak CO₂ di atmosfer menyebabkan efek rumah kaca. (Adrian Danar W., 2014).

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 13 tahun 2012 mengenai Penghematan Pemakaian

Energi Listrik menyatakan semua bangunan gedung kantor pemerintah baik di pusat maupun daerah wajib melaksanakan program Penghematan Energi Listrik pada sistem Tata Udara, sistem Tata Cahaya dan peralatan pendukung lainnya (USAID-ICED, 2014)

Kebijakan Pemerintah Republik Indonesia terkait dengan Penghematan Energi berdasarkan Permen ESDM 13 Tahun 2012 meliputi 2 ruang lingkup yaitu (1) Lembaga yang meliputi : Bangunan Gedung Negara, Bangunan Gedung BUMN, BUMD dan BHMN, Rumah Tinggal Pejabat, Penerangan Jalan Umum, Lampu Hias dan Papan Reklame; (2) Ruang lingkup penghematan yaitu penghematan pada : Sistem Udara, Sistem Cahaya, peralatan pendukung meliputi : komputer, lift, komputer, printer, mesin fotokopi, peralatan audio-video, *water heater* atau *dispenser*. (USAID-ICED, 2014). Melihat dominasi energi berbahan dasar fosil untuk keperluan pembangkit listrik, maka apabila minyak bumi, batubara dan gas tersebut dieksploitasi secara kontinyu maka suatu saat kemungkinan habis dan tidak bisa diperbarui.

Sesuai Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 mengenai Konservasi Energi, bahwa definisi konservasi energi ialah usaha terencana, sistematis dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatannya. Konservasi bukan dilakukan untuk membatasi pemakaian melalui penjatahan penggunaan yang dapat mengganggu pertumbuhan tetapi utamanya adalah untuk meningkatkan efisiensi

pemakaian. Efisiensi yang dimaksud adalah ketepatan penggunaan energi dan meminimalisir terbuangnya energi secara sia-sia. Dalam program konservasi energi ini, tentu tidak hanya pemerintah dan pengambil kebijakan yang berkewajiban berperan serta, karena program ini adalah suatu tindakan yang mencakup multi dimensi. Termasuk di dalamnya dituntut perubahan budaya dalam masyarakat. Konservasi energi adalah bagian dari usaha untuk menanamkan budaya hemat, efisien dan produktif dalam masyarakat.

Sebagai bentuk implementasi pembangunan berkelanjutan pada tingkat area atau kawasan pendidikan. Pada sektor Pendidikan menerapkan konsep pembangunan berkelanjutan pada sektor pendidikan dilakukan oleh badan organisasi dunia PBB yaitu UNESCO menyorakan pentingnya menerapkan konsep Education For Sustainable Development (ESD), di kawasan pendidikan. Kawasan pendidikan strategis dalam hal ini adalah kawasan pendidikan tinggi atau perguruan tinggi, yaitu kawasan dimana para intelektual muda dilahirkan, untuk dapat memberi jawaban dan pemecahan permasalahan bangsa dan pengembangan kapasitas bangsa. Sektor pendidikan merupakan pilihan yang tepat untuk menumbuhkan kesadaran dan kepedulian lingkungan. Salah satunya melalui adalah kampus dengan menerapkan realisasi keberlanjutan. Kampus yang berkelanjutan adalah kampus yang memiliki kepedulian terhadap lingkungan untuk masa yang akan datang. Thomashow, M. (2013) menjelaskan bahwa penerapan visi kawasan ekologis dengan karakter, komunitas, teknologi, program,

yang membentuk dan menciptakan gaya hidup ramah lingkungan pada orang-orang yang merupakan bagian dari kampus berkelanjutan. Universitas atau perguruan tinggi dapat menunjukkan contoh maupun pemikiran yang cemerlang sebagai sumbangannya terkait tanggung jawab manusia terhadap kondisi lingkungannya melalui adopsi pendekatan berkelanjutan. Namun kebanyakan administrasi perguruan tinggi dan universitas memerlukan panduan tentang jalan menuju keberlanjutan. Sebagaimana pendapat Mitchell Thomashow (2014) mantan rektor di Unity College di Maine negara bagian Amerika Serikat, menulis buku *The Nine Elements of a Sustainable Campus*, yang mengidentifikasi sembilan elemen untuk agenda keberlanjutan energi, makanan, dan bahan (aspek infrastruktur); tata kelola, investasi, dan kesehatan (aspek sosial); kemudian kurikulum, interpretasi, dan estetika (aspek pembelajaran) Sembilan unsur tersebut saling berkaitan membangun kampus berkelanjutan.

Kampus berkelanjutan atau lebih dikenal istilah *eco-campus* atau kampus hijau (*green campus*). Kampus berkelanjutan merupakan kampus yang menerapkan konsep ekologis ramah lingkungan, hal ini seperti yang dikemukakan Wildensyah (2012) bahwa eko kampus melibatkan semua civitas akademik kampus. Dalam menerapkan konsep pengelolaan lingkungan hidup di wilayah kampus. Di Indonesia sendiri program *eco-campus* sudah diterapkan pada perguruan tinggi negeri maupun swasta, seperti di Universitas Indonesia, Institut Teknik Bandung, Institut Pertanian Bogor, Universitas Diponegoro, Universitas Negeri Semarang, Universitas

Andalas (UNAND), Universitas Sebelas Maret, Universitas Islam Indonesia, dan lain-lainya. Tujuan dari program *eco-campus* adalah untuk mengupayakan agar warga kampus bisa menumbuhkan kesadaran dan kepedulian warga kampus terhadap lingkungan sekitarnya, melalui pembiasaan diri dan selalu menjaga lingkungan.

Penelitian yang dilakukan di Shenyang University, China menyimpulkan bahwa melalui penerapan konsep *Green University* memberikan manfaat yang besar dan signifikan dalam sektor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Manfaat yang diperoleh yaitu terkait efisien dalam konsumsi energi dan material, mengurangi biaya lingkungan, mengurangi emisi gas rumah kaca, mengurangi limbah padat dan cair, menghindari material berbahaya, meningkatnya kepedulian lingkungan dan meningkatnya pencitraan hijau –*green image*, (Geng, *et al.* 2012).

Menurut penelitian Meng, Abidin & Razak (2007) bahwa : kampus dipandang sebagai kawasan yang memiliki tingkat konsumsi energi yang tinggi karena adanya aktivitas pendidikan di bangunan gedung, serta produksi sampah dalam jumlah besar dari aktivitas warga kampus.

Penggunaan energi (listrik, gas, air) di beberapa kampus menunjukkan angka yang semakin meningkat hal ini seiring dengan penambahan bangunan gedung, misalnya di Undip dan UNNES telah berdiri dua buah gedung kembar. Universitas Negeri Semarang (UNNES) dalam kurun waktu 7 tahun terakhir menghadapi permasalahan dalam peningkatan konsumsi energi listrik. Hal ini

disebabkan oleh semakin bertambahnya sarana prasarana baru yang menggunakan energi listrik untuk tata cahaya, tata udara dan pemakaian peralatan-peralatan listrik atau elektronik di dalamnya. Penambahan gedung-gedung baru di UNNES, yaitu gedung baru untuk penunjang administrasi seperti beberapa bangunan gedung Dekanat misalnya Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Pendidikan (FIP), Gedung Dekanat Fakultas Hukum (FH), Gedung Dekanat Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik (FT). Pembangunan sarana prasarana penunjang akademik yaitu pengadaan kolam renang bertaraf internasional di FIK, pembangunan 3 gedung kuliah di Fakultas Ekonomi (FE).1 buah; penambahan gedung kuliah untuk prodi Arsitektur di FT; penambahan 2 gedung kuliah untuk prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Laboratorium Olah Raga di FIK serta 2 gedung kuliah di FH; Pembangunan sarana prasaran ibadah berupa masjid di FIS juga beberapa kantin, 3 buah di FT, 3 buah FIK, 4 buah di FIS,di 3 buah di FIP. Pengadaan bangunan Pusat Kegiatan Mahasiswa (PKM) di FH, FIS, FE, FIP, FIK dan FT. Selanjutnya pengadaan rumah genset di FE dan di FIK. Unit Layanan Pengadaan Unnes, (2020). Hal lain yang dapat menjadi penyebab kenaikan konsumsi energi listrik di kampus adalah semakin bertambahnya jumlah penerimaan mahasiswa baru setiap tahunnya, sehingga akan memperbesar tingkat hunian (okupansi) mahasiswa di kampus (*data.unnes.ac.id*) tahun 2021.

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)

nomor 13 tahun 2012 tentang ‘penghematan pemakaian energi listrik’, dinyatakan bahwa semua bangunan gedung kantor pemerintah baik di pusat maupun daerah wajib melaksanakan program penghematan energi listrik pada sistem Tata Udara (*Air Conditioning System*), sistem Tata Cahaya dan peralatan pendukung lainnya. Langkah yang diharapkan untuk mengurangi biaya konsumsi energi di kampus hijau adalah melalui program konservasi energi dengan mengetahui konsumsi energi di masa depan melalui prakiraan berdasarkan data-data historis tahun-tahun sebelumnya. Melakukan upaya konservasi energi di bangunan gedung perguruan tinggi akan memberikan manfaat ekologis juga akan bernilai ekonomis, karena dapat menurunkan biaya energi melalui penghematan energi merupakan langkah penting untuk mewujudkan kampus hijau.

Ambaryanto, Yos J. Utama, Purwanto (2018) menjelaskan bahwa penyebab meningkatnya pemanfaatan energi listrik di Universitas Diponegoro terutama disebabkan oleh program percepatan untuk mencapai visi Undip. Kegiatan pendidikan dan pengajaran, dan penelitian adalah penyebab utama, disamping pembangunan gedung dan ruang-ruang baru. Selain itu, berbagai kegiatan ekstrakurikuler lainnya yang dijalankan oleh fakultas dengan mahasiswa juga mempengaruhi peningkatan penggunaan energi listrik. Pemanfaatan energi listrik yang makin meningkat di kampus ini dapat dipahami, mengingat perkembangan yang bagus Undip untuk menjadi *Research University*. Namun, mengingat

bahwa penggunaan energi listrik ini dianggap tidak sejalan dengan kebijakan lingkungan, maka perlu untuk mengkompromikan efisiensi kebijakan penggunaan listrik yang juga mendorong berbagai kegiatan yang bertujuan mempercepat pencapaian visi Undip untuk menjadi universitas riset.

Aspek penggunaan energi setiap tahunnya, dijadikan salah satu dasar untuk penilaian pemeringkatan kampus ter hijau dunia oleh UI *GreenMetric* ranking. Konsep utama yang menjadi misi UI *GreenMetric* adalah *sustainability* atau keberlanjutan (UI *GreenMetric*, 2020). Terdapat 6 kriteria penilaian yang dipakai acuan untuk menilai kampus hijau yaitu (1) *Setting and Infrastructure* (bobot 15), *Energy and Climate Change* (bobot 21), (3) *Waste* (bobot 18), (4) *Water* (bobot 10), (5) *Transportation* (bobot 18) dan (6) *Education* (bobot 18). Pada kategori *Energy and Climate Change* diberi bobot yang paling tinggi, hal ini menunjukkan bahwa bidang energi merupakan bagian yang sangat penting pada pengembangan kampus hijau. Universitas Negeri Semarang (UNNES) termasuk kampus yang berpartisipasi pada perangkaian UIGM, pada tahun 2020 mencapai rangking 6 nasional dan rangking 66 internasional. Sedangkan masalah energi dan emisi menjadi perhatian serius bagi pengelola perguruan tinggi ini. Hal lain bahwa kampus hijau Unnes sebagai kampus yang berwawasan konservasi telah menerapkan kebijakan-kebijakan internal. Kebijakan tersebut tertuang pada kebijakan keputusan rektor, diantaranya (1) gerakan menanam satu pohon satu mahasiswa, (2) kewajiban mahasiswa baru Unnes membawa bibit tanaman; penanaman masal tersebut dilakukan per fakultas/unit kerja di area kampus hijau Unnes dan lingkungan luar kampus. Tercatat di dalam kampus desa Sekaran sebanyak 15.194 tanaman dari berbagai jenis

(Laporan Tahunan Rektor Unnes, 2020). Dampak dari gerakan penanaman ini suhu di lingkungan kampus terasa sejuk dan nyaman. Beberapa kanopi pohon di sekitar gedung kuliah maupun administrasi menjadikan suhu sekitar tidak sepanas di luar area kampus. Hal ini yang menjadi salah satu keunikan kampus hijau.

Menurut EECCHI (*Energy Efficiency Conservation and Clearing House Indonesia*) melalui penerapan program Green Building, yaitu Efisiensi dan Konservasi Energi memberi keuntungan financial bisa menghemat sampai dengan Rp. 5.568.919,- per tahun. Keuntungan ini bisa dicapai melalui upaya penghematan energi listrik seperti pergantian bola lampu, pemilihan penggunaan refrigerator/kulkas hemat energi, penstabilan suhu AC, dan penggunaan alat elektronik lain dengan bijak (EECHI, 2012).

Beberapa penelitian model peramalan *energy use* di bangunan untuk memprakiraan besarnya pemakaian energi di bangunan gedung kampus sebagai salah satu pilar pengembangan kampus hijau pada masa mendatang. Model prakiraan energi listrik penting dilakukan karena dengan hasil prakiraan dapat memberi arah perencanaan kebijakan bagi pengambil keputusan di Perguruan Tinggi di masa depan, sebagai upaya memaksimalkan efisiensi energi listrik di kampus hijau. Prakiraan sebagai salah satu pemanfaatan dari teknologi *data mining*. Menurut Daryl Pregibon dalam Prasetyo (2014), *data mining* merupakan campuran dari statistik, kecerdasan buatan dan riset basis data yang terus berkembang. Seiring dengan perkembangan bidang teknologi, maka berbagai model prakiraan juga berkembang dengan pesat. Jaringan

syaraf tiruan mampu digunakan untuk memprakiraan karena memiliki kemampuan meneliti dan mengenali pola data historis. Penerapan jaringan syaraf tiruan pada bidang peramalan dan prakiraan berada di sebagian besar studi ilmiah dari tahun terakhir sebab JST memiliki keakuratan yang lebih baik dari model statistik dan matematika, selain itu jaringan syaraf tiruan memiliki fleksibilitas, baik dalam perancangan maupun penerapannya (Sharma & Nijhawan, 2015).

Fausett (1994) menjelaskan Jaringan Syaraf Tiruan merupakan sistem pemroses informasi yang mempunyai karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan terinspirasi oleh otak manusia dimana neuron saling interkoneksi non-linier. Neuron adalah elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan. Setiap neuron menerima *input*, kemudian memproses *input* tersebut selanjutnya mengirimkan hasilnya berupa sebuah *output*. Pada penelitian ini menggunakan Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* hal ini sebab dari kesederhanaan dan kinerjanya umumnya baik. Algoritma *backpropagation* mempunyai prinsip kerja dengan menyesuaikan bobot yang saling terhubung antara neuron untuk mencapai kesalahan minimum antara output hasil prakiraan dengan output yang nyata (Lee & Choi, 2013). Selain itu Jaringan syaraf Tiruan *backpropagation* memiliki kelebihan lain dibandingkan jaringan syaraf tiruan lainnya yaitu Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* memakai pelatihan terawasi. Jaringan Syaraf Tiruan disebut terawasi jika *output* yang diharapkan sudah diketahui

sebelumnya (Park & Kang, 2006). Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* berisi metode pelatihan *backpropagation* yang sangat umum, yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah di banyak area dan dapat ditemukan di hampir setiap bidang. Hasil *review* prakiraan konsumsi energi di bangunan menggunakan JST, salah satu kesimpulan bahwa *area research* ke depan ialah tentang pengembangan prakiraan hunian (okupansi) yang lebih banyak dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dan strategi mereka. *Hunian* dan *beban* yang digerakkan oleh penghuni tetapi menjadi area dengan sedikit perhatian, meskipun menjadi faktor utama dalam banyak beban internal dan / atau bangunan yang didorong oleh beban penghuni. (Jason Runge, dan Radu Zmeureanu, 2019). Bahwa faktor kondisi hunian dan cuaca actual dapat berdampak signifikan terhadap konsumsi energi gedung. (Farah, Whaley, Saman, *et al.*, 2019; Lupato & Manzan, 2019; Moazami, Nik, Carlucci, *et al.* 2019). Sedangkan Moon Keun Kim, Yang Seon Kim, *et al.* (2020) meneliti bahwa tingkat hunian dan kondisi lingkungan lokal, seperti suhu, rasio kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kecepatan angin, berdampak pada konsumsi energi listrik aktual gedung kampus baik untuk hari kerja maupun tidak.

1.2 Perumusan Masalah

Prakiraan penggunaan energi listrik di kampus hijau UNNES merupakan upaya ilmiah berdasarkan data-data historis yang berpengaruh terhadap penggunaan energi listrik pada waktu sebelumnya, untuk melihat perkembangan penggunaan energi listrik

di masa datang. Sehingga hasilnya sangat penting untuk dipakai pengelola kampus mengambil kebijakan terkait kebutuhan energi listrik di waktu mendatang. Oleh karena itu pengelola bangunan kampus dengan melibatkan unsur manajemen energi, teknologi hemat energi, perilaku/budaya hemat energi (sosial) untuk mereduksi penggunaan energi menuju pembiayaan energi yang rendah (ekonomis) dan pengurangan dampak terhadap emisi CO₂ (lingkungan) di kampus UNNES, sebagai upaya merealisasikan kampus hijau berkelanjutan.

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan model *JST Back Propagation* dalam memprakirakan penggunaan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES ?
2. Seberapa besar emisi CO₂ yang timbul di masa datang berdasarkan hasil prakiraan penggunaan energi listrik di kampus hijau UNNES ?

SEKOLAH PASCASARJANA

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah penelitian tersebut maka dapat disusun pertanyaan penelitian yang akan dijawab yaitu :

1. Bagaimana mengimplementasikan model *JST backpropagation* dalam memprakirakan penggunaan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES ?
2. Seberapa besar emisi CO₂ yang timbul di masa datang berdasarkan hasil prakiraan penggunaan energi listrik di kampus hijau UNNES ?

1.4 Orisinilitas Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu model prakiraan penggunaan energi listrik bangunan gedung kampus UNNES yang dapat diimplementasikan untuk pengembangan kampus berkelanjutan. Penelitian-penelitian yang telah dikembangkan oleh para ahli/peneliti terkait model prakiraan penggunaan energi listrik bangunan gedung di masa akan datang ialah memprakirakan konsumsi energi listrik melalui pengukuran faktor-faktor data *ambient wheater* setempat, tingkat hunian (*occupancy*), beban listrik khususnya *Heating, Ventilating, Air Condition* (HVAC), dalam kurun waktu jam, harian, dan bulanan pada waktu sebelumnya. Terdapat perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini melakukan implementasi model JST untuk memprakiraan penggunaan energi listrik di kampus hijau (*green campus*) dengan variabel tingkat hunian / *occupancy* yang meliputi dosen, tenaga pendidikan dan mahasiswa yang menghuni kampus dan faktor iklim setempat sebagai variabel input model prakiraan penggunaan energi listrik. Diketahui bahwa faktor iklim seperti suhu, kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin dan lamanya penyinaran matahari berpengaruh terhadap konsumsi energi listrik di kampus. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Jason Runge, Radu Zmeureanu, (2019) yang telah mereview penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan JST sebagai model prakiraan konsumsi energi di bangunan

gedung, menyimpulkan bahwa area riset ke depan ialah tentang pengembangan prakiraan hunian (okupansi) yang lebih banyak dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dan strategi mereka. Hunian dan beban yang digerakkan oleh penghuni yang menjadi faktor utama dalam banyak beban internal dan / atau bangunan yang didorong oleh beban penghuni. Bahwa faktor kondisi hunian dan cuaca aktual dapat berdampak signifikan terhadap konsumsi energi gedung. (Farah, Whaley, *et al.* 2019; Moazami, Nik, Carlucci, & Geving, 2019; Lupato & Manzan, 2019;). Sedangkan Moon Keun Kim, Jelena Srebric, *et al.* (2020) menyimpulkan bahwa tingkat hunian dan kondisi lingkungan lokal, seperti suhu, rasio kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kecepatan angin, berdampak pada konsumsi energi listrik aktual gedung kampus baik untuk hari kerja maupun tidak. Orisinalitas pada penelitian ini adalah model prakiraan penggunaan energi listrik pada bangunan gedung kampus hijau berbasis jaringan syaraf tiruan menggunakan variabel input yaitu Okupansi (tingkat hunian) dosen, mahasiswa, tenaga kependidikan per bulan pada bangunan gedung kampus hijau dan faktor iklim (meliputi suhu, kecepatan angin, kelembaban, radiasi matahari dan lamanya penyinaran matahari) rata-rata per bulan. Orisinalitas penelitian ini merupakan jawaban atas pertanyaan penelitian yang belum terjawab pada penelitian sebelumnya. Beberapa hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dan mendukung dengan penelitian prakiraan konsumsi energi listrik di bangunan gedung

kampus adalah sebagai berikut :

Seema Kore, V. S. Khandekar. (2016). Hasil survey menjelaskan bahwa saat ini listrik adalah salah satu kebutuhan dasar untuk menjalani kehidupan dengan nyaman. Tanpa listrik pekerjaan industri, pekerjaan rumah tangga bisa terhenti. Karena listrik tidak dapat disimpan maka perlu dihasilkan, sehingga perlu dipahami terkait permintaan listrik. Data mining adalah salah satu teknik yang digunakan untuk memprakiraan permintaan listrik. Beberapa teknik data mining yaitu pemodelan prediktif, pengelompokan, analisis hubungan (korelasi), dan deteksi deviasi. Survei menyajikan studi terbaru tentang prakiraan permintaan listrik. Dimungkinkan untuk melakukan peramalan menggunakan pendekatan *machine learning*.

Chirag Deb, Lee Siew Eang, *et al.* (2015).m eneliti metodologi peramalan energi bangunan untuk beban pendinginan pada tiga bangunan kelembagaan. Bangunan-bangunan ini milik kampus universitas di Singapura. Konsumsi energi harian untuk beban pendinginan diperoleh untuk periode dua tahun dan variasi harian dianalisis. Konsumsi energi awalnya dibagi menjadi lima kelas dan nomor kelas digunakan sebagai input untuk mengembangkan model peramalan. Model ini dikembangkan dengan menggunakan dua machine learning. Alat yang digunakan adalah buatan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan Sistem Antarmuka Neuro Fuzzy Adaptif (ANFIS). Pembagian data untuk pelatihan dan pengujian model hampir 60% dan 40% masing-masing. Hasilnya menunjukkan bahwa JST dan ANFIS memperkirakan energi beban pendinginan.

Konsumsi tiga bangunan dengan akurasi yang baik. Koefisien korelasi antara konsumsi terukur dan prakiraan untuk data pelatihan jauh di atas 0,98. Hal yang sama jauh di atas 0,96 untuk menguji data. Tercatat bahwa metodologi seperti itu bisa diperluas secara positif ke bangunan kelembagaan lainnya di kampus.

Miriam Benedetti, Vittorio Cesarotti, *et al.* (2016). Meneliti metode untuk memprakiraan konsumsi energi bangunan gedung. Metodologi ini didasarkan pada penggunaan Artificial Neural Network (JST) yang menghasilkan akurasi model dari waktu ke waktu sesuai yang diinginkan.

Ashkan Nabavi Pelesaraei, Reza Abdi, *et al.* (2016). Meneliti konsumsi energi, model dan analisis input-output, efisiensi energi dan emisi GRK untuk produksi semangka menggunakan jaringan saraf tiruan (JST) di provinsi Guilan Iran, berdasarkan pada tiga ukuran pertanian yang berbeda. Untuk ini tujuan, data awal dikumpulkan dari 120 produsen semangka di wilayah Langroud dan Chaf, dua kota kecil di provinsi Guilan. Dalam penelitian ini, mengkaji algoritma yang digunakan untuk pelatihan JST berdasarkan data yang dikumpulkan dari produsen semangka. Model JST dengan struktur yang terbaik untuk memprakiraan hasil semangka dan emisi GRK. Dalam topologi terbaik, koefisien determinasi (R^2) dihitung sebagai masing-masing 0,969 dan 0,995 untuk emisi GRK dan produksi semangka. Selanjutnya hasil analisis sensitivitas mengungkapkan bahwa benih dan tenaga manusia memiliki sensitivitas tertinggi dalam pemodelan hasil semangka dan emisi GRK.

Yos Johan Utama, P Purwanto, A Ambariyanto. (2017) kajian kondisi lingkungan kampus universitas sangat dipengaruhi proses pembelajaran dan hasil yang dicapai oleh mahasiswa. Lingkungan yang bersih, sehat, dan nyaman akan memberikan dampak positif bagi para pemangku kepentingan di dalam kampus. Secara umum, masalah mendasar yang dihadapi oleh kampus-kampus di Indonesia adalah terkait dengan kondisi lingkungan di kampus, produksi limbah dan polutan, serta penggunaan energi dan air. Universitas Diponegoro telah berupaya mengembangkan kampus ramah lingkungan, melalui perbaikan pada pengelolaan lingkungan, pengelolaan limbah dan polutan dan mengurangi penggunaan energi dan air di kampus.

Yi-Chung Hu. (2016). Mengkaji konsumsi listrik adalah indeks ekonomi yang penting dan memainkan peran penting dalam menyusun energi kebijakan pembangunan untuk setiap negara. Teknik multivariat dan analisis deret waktu telah diusulkan berurusan dengan perkiraan konsumsi listrik, tetapi sejumlah besar data historis diperlukan untuk mendapatkan yang akurat prakiraan.

Hamid R. Khosravani, María Del Mar Castilla, *et al.* (2016) melakukan penelitian perbandingan model prakiraan konsumsi energi berdasarkan Jaringan Saraf Tiruan (JST) Bioklimatik. Untuk mengendalikan konsumsi energi listrik di gedung, berbagai alternatif berbeda telah diusulkan, mulai dari pemanfaatan arsitektur bioklimatik hingga penggunaan model prakiraan. model kecerdasan buatan seperti jaringan saraf dan SVM (Support Vector Machine) juga telah diusulkan karena tingginya kemampuan potensial untuk

melakukan pemetaan nonlinier yang akurat antara input dan output secara nyata.

Aowabin Rahman. (2017) meneliti model jaringan saraf tiruan untuk membuat prakiraan jangka menengah, yaitu kurun waktu 1 minggu, dari profil konsumsi listrik di bangunan gedung komersial dan bangunan perumahan dengan jangka waktu satu jam. Model yang diusulkan digunakan untuk memprakiraan konsumsi listrik per jam untuk Gedung Keselamatan Publik di Salt Lake City, Utah, dan untuk konsumsi listrik setiap jam di bangunan tempat tinggal di Austin, Texas. Untuk memprakiraan profil beban bangunan komersial, model urutan-ke-urutan NN (neural network) yang diusulkan umumnya sesuai dengan kesalahan relatif lebih rendah saat dibandingkan dengan jaringan saraf perceptron multi-layered konvensional.

Jihoon Moon, Jinwoong Park, *et al.* (2017) melakukan penelitian besarnya konsumsi energi di kampus Universitas. Konsumsi daya listrik dipengaruhi oleh beragam faktor. Secara khusus, kampus universitas, yang merupakan salah satu institusi pengonsumsi daya tertinggi, menunjukkan variasi yang luas dari beban listrik tergantung pada waktu dan lingkungan. Peneliti membangun dua model peramalan beban listrik menggunakan jaringan saraf tiruan dan support vektor machine (SVM). Peneliti mengevaluasi prakiraan kinerja setiap model peramalan dengan validasi silang 5 kali lipat dan membandingkan hasil prakiraan dengan beban listrik aktual. Hasil percobaan menunjukkan bahwa keduanya model peramalan dapat mencapai tingkat kesalahan rata-rata 3,46-10% untuk semua cluster.

Maya Arida, Nabil Nassif, *et al.* (2017) menjelaskan pemodelan energi pada bangunan gedung yang akurat sangat penting untuk mereduksi konsumsi energi. Peneliti menyelidiki metode pemodelan untuk membangun sistem energi menggunakan jaringan syaraf tiruan auto-regresi non-linear. Model yang diusulkan dapat memperkirakan konsumsi energi seluruh bangunan diberikan empat input variabel: suhu udara luar- bohlam kering dan bohlam-basah, jam sehari dan jenis hari.

Jihui Yuan, Craig Farnham, *et al.* (2018) Mengkaji model jaringan syaraf tiruan (JST) untuk memperkirakan musiman Konsumsi listrik setiap jam untuk tiga area kampus universitas, Jepang. Total enam parameter termasuk hari dalam seminggu, jam dalam sehari, suhu bohlam kering per jam, relatif setiap jam kelembaban, radiasi global per jam, dan konsumsi listrik per jam sebelumnya digunakan sebagai variabel input. Model-model JST dikembangkan untuk memprakiraan musim mendatang konsumsi listrik untuk tiga area, mengingat Feed-forward JST dilatih algoritma propagasi balik Levenberg- Marquardt (LM). Koefisien korelasi (R^2) dan metrik akar kuadrat kesalahan (RMSE) diadopsi untuk mengevaluasi akurasi model JST yang diusulkan. Ini menunjukkan bahwa R^2 antara pengukuran aktual dan JST prakiraan model berkisar antara 0,96 dan 0,99 pada tahap pelatihan, dan antara 0,95 dan 0,99 pada tahap pengujian.

Saleh Seyedzadeh, Farzad Pour Rahimian *et al* (2018). Mengkaji bahwa model JST memiliki keunggulan dalam menganalisis prakiraan konsumsi energi di bangunan.

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Tahun	Tipe energi	Penerapan	Tipe prakiraan	Lokasi
Mathieu Bourdeaua , Xiao qiang Zhaia, , Elyes Nefzaouib, Xiaofeng Guob, Patrice Chatellier	2019	energy use	buildings	long- term	France
Heng-jie Li, Zhen Qiao, Wei Chen, Xian-qiang Zeng and Long Wui	2019	energy use	large public buildings	long- term	China
Soheil Fathi, Ravi Srinivasan, Robert Ries	2019	energy use	building	monthly	USA
A. D'Amico , G. Ciulla , E. Palumbo M. Traverso V. Lo Brano	2019	heating energy	building	short- time	Italy
Zhijian Liu , Di Wu, Yuanwei Liu, Zhonghe Han , Liyong Lun, Jun Gao, Guangya Jin, Guoqing Cao	2019	energy use	different types of buildings	different type of temporal granularity	China
B. Z. Sena, S. A.; Yakub, F.; Yusoff, N. M.; Ridwan, M.K	2018	electricity	household	real- time	Malaysia
Jihui Yuan, Craig Farnham, et.al	2018	Elektricity	Buildings campus	Short- time	Jepang
S. K. Saravanan, K	2018	electricity	agriculture sector	long- term	India
S. V. B. Oprea, A.; Reveiu, A	2018	energy	building	long- term	Romania
José Antonio Álvarez, Juan Ramón Rabuñal, Alberto Alvarelllos, Dolores García Vidaurrázaga and Alejandro Pazos	2018	energy consumption	buildings of different typologies	long-term	Spanyol
A. A. D. Z. Shojaie, A.; Vafaie, S	2017	fuel	fuel station	long-term	Iran
S. Ö. Tiryaki, Ş; Aydın, A.	2017	Energy use	machining of wood	short- time	Turkey

Penelitian-penelitian terkait model JST untuk prakiraan konsumsi energi listrik di bangunan kampus Universitas adalah sebagai berikut :

Tabel 1.2 Penelitian terkait model JST

No	Peneliti, Tahun	Deskripsi penelitian	Keterangan
1	Jihui Yuan, Craig Farnham, <i>et al.</i> (2018)	Mengkaji model JST untuk prakiraan konsumsi listrik di 3 area kampus universitas di Jepang	6 parameter yg digunakan : hari dalam seminggu, jam dalam hari, suhu bohlam kering per jam, kelembaban per jam, radiasi matahari, dan konsumsi listrik per jam sebelumnya
2	Maya Arida, Nabil Nassif, <i>et al.</i> (2017)	pemodelan untuk membangun sistem energi menggunakan JST auto-regresi non-linear	Model yang diusulkan dapat memperkirakan konsumsi energi seluruh bangunan diberikan empat input variabel: suhu udara luar- bohlam kering dan bohlam-basah, jam sehari dan jenis hari
3	Jihoon Moon, Jinwoong Park, <i>et al.</i> (2017)	Mengkaji pemodelan JST untuk prakiraan konsumsi energi listrik di kampus	Variasi yg luas beban listrik bergantung pada parameter waktu dan lingkungan
4	Hamid R. Khosravani, María Del Mar Castilla, <i>et al.</i> (2016).	Meneliti model prakiraan konsumsi energi listrik menggunakan JST	Menggunakan parameter bio climate
5	Aowabin Rahman. (2017)	Meneliti model JST untuk prakiraan konsumsi energi listrik jangka menengah	Menggunakan parameter konsumsi listrik jangka waktu satu jam.
6.	Ashkan Nabavi Pelesaraei, Reza Abdi, <i>et al.</i> (2016).	Meneliti prediksi konsumsi energi dan gas rumah kaca di bidang pertanian menggunakan JST	Menggunakan variabel input benih dan tenaga manusia
7	Miriam Benedetti, Vittorio Cesarotti, <i>et al.</i> (2016).	Penelitian tentang energy consumption control automation using Artificial Neural Networks and adaptive algorithms	Variabel sebagai input JST: (1) Personal computers and other informatics devices. (2) Lighting; (3) Air conditioning; (4) Water pumps and boilers. (5) Lifts External conditions : (1) External temperature (°C). (2) Relative humidity (%); (3) Illuminance (lux).

8	Moon Keun Kim, Jelena Srebric, <i>et al.</i> (2020)	Menyimpulkan bahwa Model JST lebih akurat daripada metode regresi linier untuk memprediksi konsumsi listrik	tingkat hunian dan kondisi lingkungan lokal, seperti suhu, rasio kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kecepatan angin, berdampak pada konsumsi energi listrik aktual gedung kampus baik untuk hari kerja maupun tidak
9	Mansu Kim, Sungwon Jung, Joo-won Kang (2020)	model jaringan saraf tiruan (JST) dipilih untuk setiap periode, dan model prediksi konsumsi energi bangunan perumahan diimplementasikan berdasarkan konsumsi aktual.	enam elemen berpengaruh terhadap konsumsi energi listrik di semua musim: jumlah dinding luar, arah perumahan, luas perumahan, lama tinggal, jumlah anggota rumah tangga, dan pekerjaan kepala rumah tangga
10	Shahid Ali, Junrui Zhang, Aamir Azeem, Asif Mahmood. (2020)	Penelitian menggunakan pendekatan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) memperkirakan konsumsi listrik dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.	Penelitian ini menggunakan variabel time series PDRB per kapita, konsumsi listrik, dan pembangkitan listrik sebagai variabel endogen. Jaringan Syaraf Tiruan memprediksi konsumsi listrik dengan akurasi 99%, yang mewakili gambaran prediksi yang lebih pas dan residu yang terbatas.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu terkait model JST untuk memprakirakan besarnya konsumsi energi listrik di bangunan kampus maka terdapat perbedaan dengan penelitian ini yaitu pada variabel input model JST. Variabel input pada penelitian ini adalah : (1). okupansi (dosen, mahasiswa dan tenaga kependidikan), rata-rata per bulan tahun 2013-2020. (2) Iklim lokal Semarang (suhu, kelembaban, lamanya penyinaran matahari, radiasi matahari dan kecepatan angin) rata-rata per bulan tahun 2013-2020.

Penelitian-penelitian emisi CO₂ di bangunan kampus Universitas

Tabel 1.3 Penelitian terkait dengan emisi CO₂ di bangunan kampus

No	Peneliti, Tahun	Deskripsi penelitian	Keterangan
1	Nuria Gómez María-Ángeles Cadarso Fabio Monsalve.(2016)	tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung jejak karbon untuk Universitas Castilla-La Mancha untuk periode 2005–2013. Perhitungan jejak karbon universitas dilakukan melalui model input-output yang diperluas secara lingkungan dalam kerangka multiregional.	Perhitungan jejak karbon didasarkan emisi energi dari peralatan listrik dan optik, manufaktur serta jasa.
2	Raeanne Clabeaux, Michael Carbajales-Dale, David Ladner, Terry Walker. (2020)	Meneliti efek antropogenik pada sistem iklim global, lembaga pendidikan tinggi menilai dan bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengevaluasi jejak karbon kampus Universitas Clemson menggunakan pendekatan penilaian siklus hidup di Universitas Clemson	sumber emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari pembangkit listrik (41%), komuter otomotif (18%), dan pembangkit uap (16%). Pembangkit listrik dari batu bara adalah 29% dari campuran sumber daya pembangkit listrik dan menyumbang tiga perempat dari emisi GRK Universitas Clemson yang terkait dengan listrik.
3	Betanti Ridhosari, Ari Rahman (2020)	Meneliti jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh anggota di Universitas Pertamina. Inisiatif penghitungan emisi karbon dihasilkan di universitas dari lingkup listrik, transportasi, dan timbulan sampah	Penyumbang emisi karbon yaitu konsumsi listrik sebesar 92,3%, diikuti oleh transportasi sebesar 6,66% dan timbulan sampah sebesar 1,04%.
4	Pablo Yañez, Arijit Sinha and Marcia Vásquez (2020)	University of Talca (UT), sejak 2012, setiap tahun melacak jejak karbon (CF) berdasarkan Protokol Gas Rumah Kaca (GRK) untuk kelima kampusnya. Tujuannya adalah untuk menggambarkan carbon footprint di kampus dan mengidentifikasi stresor	transportasi mahasiswa dari fakultas ke dan dari kampus merupakan salah satu pemicu utama, menghasilkan kontribusi tertinggi 0,41 tCO ₂ e per orang
5	Gabriel Legorburua, Amanda D.Smithab. (2020)	mengusulkan kerangka kerja optimasi multi-diskrit untuk memilih sistem HVAC yang optimal untuk setiap bangunan untuk meminimalkan biaya siklus hidup dan emisi CO ₂ studi kasus untuk kampus Universitas Utah	untuk mengurangi emisi karbon keseluruhan bangunan sebesar 15% sementara hanya meningkatkan biaya siklus hidup sebesar 2,4% dengan mempertimbangkan kombinasi sistem daripada tipe sistem HVAC tunggal.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu terkait jumlah emisi CO₂ di kampus tersebut besarnya jumlah emisi CO₂ dihitung berdasarkan emisi energi dari peralatan listrik dan optik, manufaktur, pembangkit listrik, konsumsi listrik, transportasi mahasiswa, dan sistem (*Heat Ventilation, Air Condition*) atau HVAC di gedung kampus. Sedangkan pada penelitian ini untuk mengetahui jumlah emisi CO₂ di kampus sebagai hasil prakiraan konsumsi energi listrik dilakukan dengan mempertimbangkan faktor emisi berdasarkan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN Jawa-Bali, tahun 2020 -2025.

1.5 Tujuan Penelitian

1.5.1 Tujuan umum

Tujuan umum dari penelitian ini ialah membangun model prakiraan penggunaan energi listrik di masa datang di bangunan gedung kampus UNNES sebagai penunjang pengembangan kampus hijau menggunakan model JST *backpropagation*.

1.5.2 Tujuan Khusus

- a. Mengimplementasikan model JST *backpropagation* untuk memprakiraan penggunaan energi listrik di bangunan kampus hijau.UNNES.
- b. Memperoleh besar emisi CO₂ di masa datang yang dihasilkan dari hasil prakiraan konsumsi energi listrik di kampus hijau UNNES.

1.6 Manfaat Penelitian

Kajian mengenai analisis model prakiraan konsumsi energi listrik di bangunan gedung kampus sebagai penunjang pengembangan kampus hijau diharapkan memberi manfaat sebagai berikut:

1.6.1 Bagi Ilmu Pengetahuan

Kajian ini diharapkan memberikan informasi faktor-faktor yang berpengaruh dan akurasi serta hasil prakiraan kebutuhan energi listrik di kampus hijau UNNES.

1.6.2 Untuk Lembaga Perguruan Tinggi

Melalui kajian model prakiraan konsumsi energi listrik di bangunan kampus selanjutnya sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan kebijakan dalam pengelolaan energi listrik di kampus hijau UNNES.

SEKOLAH PASCASARJANA