

AUDIT ENERGI DAN ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA RUANG KULIAH KAMPUS I IST AKPRIND YOGYAKARTA DALAM UPAYA MENUJU KAMPUS BERWAWASAN LINGKUNGAN

Paramita Dwi Sukmawati¹, Purnawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: ¹mita@akprind.ac.id, ²purnawan@akprind.ac.id

Masuk: 25 November 2020, Revisi masuk: 5 Desember 2020, Diterima: 6 Desember 2020

ABSTRACT

Electrical energy is one of the most important human needs and cannot be released from daily needs. Almost all human work requires electrical energy, the use of electrical energy is usually more widely used in large buildings such as office buildings, factories, hotels, and also includes universities that use large-capacity electrical energy. However, the source of energy for electricity generation is conventional energy sources derived from petroleum and coal which if used in excess will be able to endanger and damage the surrounding environment. Steam Power Plant (PLTU), as the largest electricity supplier that has produced electricity through coal burning, contributes to the phenomenon of global warming. In addition, it can also cause depletion of oil and coal reserves due to the non-renewable nature of oil and coal. So, indirectly our consumptive nature of electricity increases the supply of electricity and in the process of producing electricity can damage the environment. Because it has to do with saving electrical energy from households to industries. One method that is often used to make efficient use of electrical energy is the Energy Conservation method. Energy Conservation is an increase in energy efficiency that is used or commonly called the energy saving process, in this method there is an Energy Audit. The energy audit in this study was conducted in the Lecture Room of Campus I IST AKPRIND Yogyakarta in an effort to go to an environmentally friendly campus. The Value of Energy Consumption Intensity (IKE) in the lecture room at Campus I of IST AKPRIND Yogyakarta is very efficient. But for the value of intensity of the lighting in all of the classes do not meet the value of the average lighting levels based on SNI 03-6197-2000, so the lecture room comfort level has not been reached. For this reason, it is necessary to add lighting in the lecture room at Campus I of IST AKPRIND Yogyakarta.

Keywords: Energy audit, Energy conservation, Energy efficiency.

INTISARI

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang penting dan tidak dapat dilepaskan dari kebutuhan sehari-hari. Hampir semua pekerjaan manusia membutuhkan energi listrik, penggunaan energi listrik tersebut biasanya lebih banyak digunakan di gedung-gedung besar seperti gedung kantor, pabrik, hotel, dan juga termasuk universitas-universitas yang menggunakan energi listrik berkapasitas besar. Sumber energi pembangkit listrik saat ini adalah sumber energi konvensional yang berasal dari minyak bumi dan batubara yang jika digunakan berlebihan akan membahayakan dan merusak lingkungan. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai pemasok listrik terbesar yang menghasilkan listrik melalui pembakaran batu bara turut andil dalam fenomena pemanasan global dan menyebabkan penipisan cadangan minyak bumi dan batubara karena sifat dari minyak bumi dan batubara yang tidak terbarukan. Sifat konsumtif terhadap listrik juga meningkatkan pasokan energi listrik, sehingga perlu dilakukan penghematan. Salah satu metode untuk mengefisienkan pemakaian energi listrik adalah konservasi energi. Audit energi merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk konservasi energi. Audit energi dalam penelitian ini dilakukan di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta sangat efisien, namun nilai intensitas pencahayaannya belum memenuhi SNI 03-6197-2000. Untuk itu perlu dilakukan penambahan pencahayaan di Ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta.

Kata-kata kunci: Audit energi, Efisiensi energi, Konservasi energi.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan tidak dapat dilepaskan dari kebutuhan sehari-hari. Hampir semua pekerjaan manusia membutuhkan energi listrik, penggunaan energi listrik tersebut biasanya lebih banyak digunakan di gedung-gedung besar seperti gedung kantor, pabrik, hotel, dan juga termasuk universitas-universitas yang menggunakan energi listrik berkapasitas besar. Akibatnya semakin meningkat pula kebutuhan energi listrik, namun sumber energi pembangkit listrik saat ini adalah sumber energi konvensional yang berasal dari minyak bumi dan batu bara yang jika digunakan berlebihan akan dapat membahayakan dan merusak lingkungan sekitar.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), sebagai pemasok listrik terbesar yang telah menghasilkan listrik melalui pembakaran batu bara, turut andil dalam fenomena pemanasan global. Pembakaran batu bara menghasilkan karbondioksida yang menimbulkan polusi. Jumlah polusi yang berlimpah akhirnya menciptakan suatu efek rumah kaca, sehingga panas dari luar bumi terperangkap dan menjadi pemanasan global.

Pemanasan global menimbulkan banyak efek negatif, mulai dari naiknya suhu bumi, berkurangnya keanekaragaman hayati, serta cuaca yang sulit di prediksi. Selain itu, juga dapat menyebabkan penipisan cadangan minyak bumi dan batu bara karena sifat dari minyak bumi dan batubara yang tidak terbarukan. Jadi, secara tidak langsung sifat konsumtif terhadap listrik meningkatkan pasokan energi listrik dan dalam proses menghasilkan energi listrik tersebut dapat merusak lingkungan. Karena hal itu harus dilakukannya upaya penghematan energi listrik mulai dari rumah tangga, perkantoran hingga industri.

Salah satu penghematan energi listrik yang dapat dilakukan adalah penghematan sistem pencahayaan. Pencahayaan dapat berasal dari pencahayaan alami dan buatan, Pencahayaan terutama yang alami pada pagi hingga siang hari dapat mengurangi atau bahkan meniadakan pencahayaan buatan, sehingga dapat mengurangi penggunaan listrik.

Ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta digunakan selama kurang lebih 10 jam per hari dan sudah ada

pencahayaan alami, tetapi belum diketahui apakah sudah memenuhi standart atau belum. Untuk itu di dalam penelitian ini akan dilakukan audit energi tentang sistem pencahayaan pada ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta.

Audit energi merupakan langkah awal dalam melaksanakan pencatatan data-data pemakaian energi, mengidentifikasi sumber-sumber pemborosan energi dan analisis kemungkinan yang dapat dilakukan dalam pengamatan energi, serta pembuatan perhitungan atas langkah-langkah yang diperlukan. Audit energi bertujuan mengetahui seberapa besar penggunaan energi yang digunakan dan mencari upaya peningkatan efisiensi energi. Hasil dari audit adalah laporan tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan penggunaan energi, terutama tentang bagian yang mengalami pemborosan energi (Malik, 2013).

Audit energi ini meliputi analisis profil penggunaan energi, mengidentifikasi pemborosan energi dan menyusun langkah pencegahan. Dengan audit energi, dapat diperkirakan energi yang akan dikonsumsi sehingga dapat diketahui penghematan yang bisa dilakukan (Hilmawan, 2009).. Beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam sebuah audit energi adalah dimana energi digunakan, bagaimana energi itu digunakan, bagaimana biaya dapat direduksi, menghitung penghematan dan bagaimana karakteristik sistem yang mengkonsumsi energi (Malik, 2013).

Proses audit energi terdiri dari dua bagian yaitu audit energi awal dan audit energi rinci (SNI 03-6196-2000). Audit energi awal dapat dilakukan berdasarkan data rekening pembayaran energi yang dikeluarkan dan luas gedung, sedangkan audit energi terinci dilakukan apabila:

1. Audit energi rinci perlu dilakukan bila audit energi awal memberikan gambaran nilai IKE listrik lebih dari nilai target yang ditentukan.
2. Audit energi rinci perlu dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan pengguna energi apa saja yang pemakaian energinya cukup besar.
3. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian energi adalah mengumpulkan dan meneliti sejumlah masukan yang dapat mempengaruhi besarnya kebutuhan energi bangunan gedung, dan

dari hasil penelitian dan pengukuran energi dibuat profil penggunaan energi bangunan gedung.

Salah satu tahapan dalam pelaksanaan audit energi adalah perhitungan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE). IKE merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui tingkat pemakaian energi pada suatu bangunan. Energi yang dimaksudkan disini adalah energi listrik (Raharjo dan Riadi, 2016). Nilai IKE dalam proses audit energi digunakan sebagai nilai acuan untuk mengetahui potensi efisiensi energi yang mungkin diterapkan pada suatu bangunan. Nilai IKE ini diperoleh dari audit awal energi listrik pada suatu fasilitas instansi yang bersangkutan dan untuk menghitung nilai IKE menggunakan rumus (1) berikut:

$$IKE = \frac{TKL}{TL} \quad (1)$$

dengan:

IKE: Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m²/th)

TKL: Total Konsumsi Energi Listrik (kWh/th)

TL: Total Luas Bangunan (m²)

IKE dijadikan acuan untuk melihat seberapa besar konservasi energi yang dilakukan gedung tersebut. Bila di industri/pabrik, istilah yang digunakan dan serupa tujuannya adalah konsumsi energi spesifik (*Specific Energy Consumption*) yaitu besar penggunaan energi untuk satuan produk yang dihasilkan (Biantoro dan Perma, 2017).

Selain nilai IKE ada yang perlu diperhatikan dalam merencanakan dan melakukan penelitian tentang audit energi dan analisis peluang penghematan energi suatu ruangan, yaitu nilai tingkat pencahayaan. Penerangan yang buruk dapat mengakibatkan kelelahan mata dengan berkurangnya daya efisiensi kerja, kelelahan mental, keluhan-keluhan pegal di daerah mata dan sakit kepala sekitar mata, kerusakan alat penglihatan dan meningkatnya kecelakaan (Suma'mur, 2009).

Dalam kualitas pencahayaan harus diperhatikan beberapa kriteria dasar agar didapatkan tingkat pencahayaan yang baik dan mata dapat melihat dengan jelas dan nyaman. Terdapat sejumlah istilah teknis yang digunakan untuk menggambarkan sifat sumber cahaya dan efek yang dihasilkan (Ganslandt dan Harald, 1992) yaitu:

1. Fluks cahaya, lumen (*luminous flux*)

Lumen adalah jumlah cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Lambang fluks cahaya adalah F atau Φ

dan satuannya dalam lumen (lm). Satu lumen adalah fluks cahaya yang dipancarkan dalam 1 steradian dari sebuah sumber cahaya 1 cd pada permukaan bola dengan jari-jari (R) = 1m. Jika fluks cahaya dikaitkan dengan daya listrik maka, satu watt cahaya dengan panjang gelombang 555nm sama nilainya dengan 680 lumen. Jadi dengan λ 555nm, maka 1 watt cahaya = 680 lumen.

2. Perbandingan antara fluks cahaya dengan daya lampu (*luminous efficacy*)

Efikasi (H) adalah efisiensi lampu, merupakan perbandingan antara fluks cahaya (Φ) yang dihasilkan lampu dengan daya lampu (P), dengan nilai satuannya adalah lumen/watt. Makin tinggi efikasi lampu makin dengan besar daya listrik yang sama, makin tinggi fluks cahaya dan intensitas cahayanya. Artinya lampu tersebut makin hemat energi.

3. Kuantitas pencahayaan (*quantity of light*)

Kuantitas cahaya (Q) adalah energi yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Yang mana merupakan hasil dari fluks cahaya (Φ) yang dipancarkan dikalikan waktu (t), dengan nilai satuan lumen.second (lm.s)

4. Intensitas cahaya atau lilin (*luminous intensity*)

Intensitas cahaya (I) adalah arus cahaya yang dipancarkan per satuan sudut ruang (ω : omega). intensitas cahaya dalam suatu arah dari satu sumber, memancarkan radiasi monokromatik dengan frekuensi 540x10¹² Hertz dan yang mempunyai intensitas radian di arah 1683 watt per steradian.

5. Kuat penerangan (*illuminance*)

Kuat penerangan (E) merupakan cara mengevaluasi kepadatan fluks cahaya. Hal ini menunjukkan jumlah fluks dari sumber cahaya jatuh pada daerah tertentu. Yang nantinya dapat diukur pada setiap titik dalam sebuah ruang. Artinya, kuat penerangan (E) merupakan fluks (Φ) cahaya yang diterima bidang permukaan seluas (A).

6. Luminasi (*luminance*)

Luminasi (L) adalah Intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan atau diteruskan oleh bidang permukaan seluas (A). Jika bidang seluas 1 m² memancarkan cahaya berintensitas 1 cd ke arah garis normal bidang, maka bidang tersebut memiliki luminasi sebesar 1 cd/m².

7. Eksposur (*exposure*)

Eksposur digambarkan sebagai hasil dari penerangan dan waktu paparan. Eksposur merupakan masalah penting, misalnya mengenai perhitungan paparan cahaya pada pameran di museum.

Pencahayaan dibagi menjadi dua yaitu pencahayaan alami dan pencahayaan buatan (Santoso, dkk., 2014)

1. Pencahayaan alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain menghemat energi listrik juga dapat membunuh kuman. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar atau dinding kaca sekurang-kurangnya 1/6 dari luas lantai. Sumber pencahayaan alami kadang dirasa kurang efektif dibanding dengan penggunaan pencahayaan buatan, selain karena intensitas cahaya yang tidak tetap, juga menghasilkan panas terutama saat siang hari. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar penggunaan sinar alami mendapat keuntungan, yaitu:

- a. Variasi intensitas cahaya matahari.
- b. Distribusi dari terangnya cahaya.
- c. Efek dari lokasi, pemantulan cahaya, jarak antar bangunan.
- d. Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung.

Pencahayaan alami dalam sebuah bangunan akan mengurangi penggunaan cahaya buatan, sehingga dapat menghemat konsumsi energi dan mengurangi tingkat polusi. Tujuan digunakannya pencahayaan alami yaitu untuk menghasilkan cahaya berkualitas yang efisien serta meminimalkan silau dan berlebihnya rasio tingkat terang. Cahaya alami dalam sebuah bangunan juga dapat memberikan suasana yang lebih menyenangkan dan membawa efek positif lainnya dalam psikologi manusia. (Trimunandar, 2015).

2. Pencahayaan buatan

Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat pencahayaan alami tidak mencukupi. Fungsi pokok pencahayaan buatan baik yang diterapkan secara tersendiri

maupun yang dikombinasikan dengan pencahayaan alami adalah:

- a. Menciptakan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat secara detail serta terlaksananya tugas serta kegiatan visual secara mudah dan tepat.
- b. Memungkinkan penghuni berjalan dan bergerak secara mudah dan aman.
- c. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
- d. Memberikan pencahayaan dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan, dan tidak menimbulkan bayang-bayang.
- e. Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pencahayaan di suatu bangunan maupun ruangan adalah penggunaan energi dalam sistem pencahayaan. Sistem pencahayaan yang baik, selain berusaha mewujudkan kenyamanan dan keindahan dalam ruang, namun juga meminimalkan penggunaan energi dan biaya pemeliharannya.

Dalam pemasangan instalasi sistem pencahayaan terdapat suatu acuan standar dalam pemasangannya. Untuk di Indonesia hal tersebut telah tercantum dalam SNI 03-6197-2000. Standar ini memuat ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

METODE

Penelitian ini bersifat kajian dengan variasi kebutuhan penggunaan energi listrik untuk pencahayaan di ruang kuliah kampus I IST AKPRIND Yogyakarta. Hasil dari kajian ini adalah mengetahui apakah nilai IKE termasuk ke dalam kategori sangat efisien, efisien, cukup efisien atau boros. Selain itu juga untuk mengetahui apakah nilai intensitas pencahayaan sudah memenuhi standar SNI 03-6197-2000.

Audit energi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penggunaan energi listrik untuk pencahayaan untuk ruang kuliah di Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta. Tahapan dalam audit energi adalah:

- a. Pengukuran intensitas pencahayaan buatan dengan alat lux meter.
- b. Perhitungan daya listrik.
- c. Perhitungan IKE kondisi awal.
- d. Perancangan sistem pencahayaan buatan.
- e. Perhitungan IKE hasil rancangan.

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan, langkah selanjutnya adalah identifikasi masalah yaitu membandingkan data konsumsi energi listrik untuk pencahayaan di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta yang diambil dari lapangan dengan nilai standar efisiensi intensitas konsumsi energi IKE. Jika nilai IKE pencahayaan kondisi awal lebih besar dari nilai standar IKE maka gedung tersebut mengalami permasalahan efisiensi energi maka perlu dilakukan rekomendasi peluang penghematan energi.

Jika nilai IKE masuk ke dalam kategori efisien perlu dilakukan pengecekan untuk nilai intensitas pencahayaannya apakah memenuhi standar minimum dari nilai tingkat pencahayaan rata-rata berdasarkan SNI 03-6197-2000. Jika nilai intensitas pencahayaannya tidak memenuhi standar minimum maka perlu dilakukan penambahan pencahayaan di dalam ruang kuliah tersebut supaya penggunaan energi dapat efisien tanpa harus mengurangi dan atau mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya.

PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari penelitian ini berupa nilai IKE dan nilai intensitas pencahayaan pada ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta. Pengukuran intensitas pencahayaan dilakukan pada saat siang, sore, dan malam dengan pertimbangan adanya factor dari pencahayaan alami. Tabel 1 menampilkan data nilai IKE, sedangkan Tabel 2 menampilkan nilai Intensitas Pencahayaan.

Berdasarkan Tabel 1 didapat nilai rata-rata IKE untuk enam kelas adalah sebesar 1,75 kWh/m²/bulan. Jika dibandingkan dengan nilai standar IKE yang telah ditetapkan oleh Per Men ESDM No.13 Tahun 2012 tentang kriteria penggunaan energi di gedung perkantoran ber-AC dimana jika nilai IKE untuk ruangan yang ber ac sebesar kurang dari 8 kWh/m²/bulan maka dikatakan sangat efisien.

Tabel 1. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Ruang Kelas	Total Lampu Setiap Ruangan			
	Jenis Lampu	Daya (Watt)	Lampu Hidup	Nilai IKE (KWH/bulan/luas)
S.107	Philips LED	36 watt	6	1,68
S.206	Philips LED	36 watt	6	1,67
B.202	Philips LED	36 watt	6	1,75
S.203	Philips LED	36 watt	6	1,67
B.216	Philips LED	36 watt	5	1,94
B.110	Philips LED	36 watt	9	1,78

Tabel 2. Nilai Intensitas Pencahayaan

Ruang Kelas	Siang	Sore	Malam
S.107	104,33	71,3	50,2
S.206	108,967	85,067	51,567
B.202	102,63	78,1	52,43
S.203	76,267	68,9	42,367
B.216	85,9	109,167	50,467
B.110	57,33	52,367	47,133

Berdasarkan Tabel 2, nilai intensitas pencahayaan di semua kelas bernilai antara 47-109 lux, artinya belum memenuhi SNI 03-6197-2000, yang menyatakan bahwa nilai intensitas pencahayaan di ruang kelas adalah 250 lux. Tingkat kenyamanan ruang kuliah belum tercapai. Kurangnya pencahayaan dapat mengakibatkan kelelahan mata dengan berkurangnya daya efisiensi kerja, kelelahan mental, keluhan-keluhan pegal di daerah mata dan sakit sekitar mata, kerusakan alat penglihatan, dan risiko meningkatnya kecelakaan.

Untuk itu perlu dilakukan penambahan pencahayaan di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta. Penambahan pencahayaan dapat dilakukan dengan penambahan lampu untuk masing-masing kelas dan akan dilakukan pengamatan untuk berapa kebutuhan lampu yang perlu ditambahkan di masing-masing kelas agar pencahayaannya memenuhi nilai minimum tingkat pencahayaan rata-rata berdasarkan SNI 03-6197-2000.

KESIMPULAN

Nilai IKE di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta termasuk dalam kategori sangat efisien, tetapi nilai intensitas pencahayaannya di semua kelas masih belum memenuhi nilai tingkat pencahayaan rata-rata berdasarkan SNI 03-6197-2000, sehingga tingkat nyaman ruang kuliah tersebut belum tercapai. Perlu dilakukan penambahan pencahayaan di ruang kuliah Kampus I IST AKPRIND Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-6196-2000, *Prosedur Audit Energi pada Bangunan*.
- Biantoro, W.A. dan Perma, S.P., 2017, *Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Ganslandt, R. and Harald, H., 1992, *Handbook of Lighting Design*, The Vieweg Publishing Company is A Bertelsmann International Group Company, Germany.
- Hilmawan, E., 2009, *Energy Efficiency Standard dan Labelling In Indonesia*, International Cooperation for Energy Efficiency Standard and Labelling Policy, Tokyo, Japan.
- Malik, A., 2013, Audit Energi Pada Gedung IV Kantor PT PLN (PERSERO) Wilayah Kalimantan Barat, *Jurnal ELKHA*, Vol.5, No 2, Hal 36-41.
- Raharjo, M.A. dan Riadi, S., 2016, *Audit Konsumsi Energi untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Pada Gedung PT Indonesia Caps and Closures*, Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Santoso, M. I., Gusmedi, H., dan Despa, D., 2014, Optimasi Penggunaan Energi pada Sistem Pencahayaan Gedung Rektorat Universitas Lampung dalam Rangka Konservasi Energi, *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, Vol. 2, No. 3.
- Suma'mur, P.K., 2009, *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, Sagung Seto, Jakarta.
- Trimunandar, C., Sawitri, D.R., dan Suprijono, H., 2015, *Audit Energi untuk*

Efisiensi Listrik di Gedung B Universitas Dian Nuswantoro Semarang, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IST AKPRIND Yogyakarta yang telah mendukung dan membiaya penelitian ini.

BIODATA PENULIS

Paramita Dwi Sukmawati, S.T., M.Eng., lahir di Klaten pada tanggal 28 September 1987, menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2009, dan S2 Jurusan Teknik Kimia dari Universitas Gadjah Mada tahun 2011 dengan konsentrasi bidang pengendalian pencemaran lingkungan. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat pengendalian pencemaran industri.

Purnawan, S.T., M.Eng., lahir di Yogyakarta pada tanggal 8 Oktober 1962, menyelesaikan pada jurusan Teknik Lingkungan di Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan "YLH" Yogyakarta dan Magister Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan tahun 2010 di Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta dengan Jabatan Akademik Lektor pada bidang minat pengendalian pencemaran lingkungan dan teknik penyediaan air bersih.