

# Analisis Komparasi Performa Bohlam LED Berbagai Merk

Rahman Azis Prasajo <sup>\*a)</sup>, Hafiz Furqoni<sup>a)</sup>, Muhammad Fahmi Hakim<sup>a)</sup>, Hari Kurnia  
Safitri<sup>b)</sup>, Heri Sungkowo<sup>a)</sup>

(Artikel diterima: September 2020, direvisi: Oktober 2020)

**Abstract:** LED bulb are increasingly being adopted not only because of their good efficacy, but also because they are known to have high controllability. LED lighting has developed rapidly in recent years to achieve more efficient and reliable LED performance. Several studies have conducted experiments to obtain the characteristics and performance of LED lamps. However, study comparing the performance of LED bulbs with various manufacturer and considering the price factor has not been found. In this study, the performance comparison of six LED bulb manufacturers that are commonly found in the Indonesian market were conducted. Each brand is sampled from three rated powers. The results of this study show a weak correlation between the price and performance. Nonetheless, the performance of LED bulb from different manufacturers were observed.

**Keywords :** efficacy, LED lamp, luminate, efficiency

## 1. Pendahuluan

Lampu *Light Emitting Diode* (LED) merupakan salah satu sistem pencahayaan yang paling mutakhir untuk saat ini. Sebelum ditemukannya LED terdapat beberapa sistem pencahayaan yang pernah mutakhir di masanya, seperti halnya awal penggunaan dari lampu *Fluorescent*. Seiring berkembangnya teknologi, sistem pencahayaan juga ikut berkembang agar lebih efisien dari sebelumnya.

Bersumber pada studi bersama dengan beberapa pihak diantaranya *Japan International Cooperation Agency* (JICA) - Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), dicapai bahwa penggunaan energi untuk sektor rumah tangga dengan kontrak daya 450 VA - 900 VA (Golongan Tarif R1) didominasi oleh penggunaan untuk lampu penerangan 26% [1].

Salah satu langkah untuk mengurangi penggunaan sumber daya listrik adalah dengan menggunakan lampu hemat energi. Penggunaan lampu LED saat ini menjadi sangat efisien, karena perbandingan antara daya yang diserap dengan cahaya yang dihasilkan sangat baik. Untuk saat ini LED menjadi pilihan terbaik sebagai sumber penerangan bagi masyarakat, karena LED memiliki beberapa keunggulan seperti efisiensi yang sangat baik, umur pakai yang panjang, renderasi warna yang bagus, beragam pilihan warna, dan ramah lingkungan.

Lampu LED semakin banyak diadopsi selain karena efikasi yang baik, juga karena dikenal memiliki fleksibilitas pengontrolan yang tinggi [2]. Lampu LED berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir untuk mencapai kinerja LED lebih efisien, andal, dan fitur baru seperti pengontrolan kuat cahaya (*dimming*) [3].

Kini produk LED digunakan untuk mengganti teknologi pencahayaan konvensional. Pada tahun 2010 penggunaan LED sebagai iluminasi umum untuk mengganti teknologi terdahulu dapat menghemat sebanyak 0,38 *terawatthours* (TWh). Selain

untuk menghemat energi, LED juga memiliki umur pakai yang panjang. Dari penggunaan luar ruangan ini diperoleh data bahwa LED mampu menghemat 2,2 TWh listrik pada tahun 2010, dan diperkirakan akan dapat menghemat listrik 121 TWh per tahun jika semua pencahayaan di sektor ini diganti dengan LED [4].

Penggunaan lampu LED sebagai sarana penghematan energi telah dibahas oleh beberapa penelitian terdahulu. Artikel [5] membahas tentang peluang penghematan energi listrik dengan salah satunya menyarankan penggunaan lampu LED. Penelitian pada [6] mengusulkan lampu LED DC menggunakan sumber panel surya untuk efisiensi pemakaian energi listrik. Penelitian pada artikel [3] mengimplementasikan panel LED *dimnable* sebagai upaya pengurangan daya listrik pada ruang kantor. Penelitian pada [7] melakukan studi komparasi lampu pijar, LED, LHE, dan TL yang ada dipasaran terhadap energi yang terpakai. Artikel tersebut menyimpulkan bahwa LED merupakan yang paling efisien dibandingkan dengan jenis lampu lain.

Beberapa penelitian telah melakukan pengujian untuk mendapatkan karakteristik dan performa lampu LED. Penelitian pada [8] menguji umur pakai lampu LED berbagai merk pada penerangan jalan umum. Penelitian pada [9] melakukan pengujian terhadap 18 buah lampu TL LED yang berbeda untuk menghitung efikasi lampu. Penelitian pada [10] melakukan eksperimen penuaan terhadap lampu LED dengan daya 5 dan 8 watt untuk mendapatkan penurunan performa lampu LED setelah dioperasikan selama 100 dan 480 jam.

Meskipun demikian, penelitian yang membandingkan performa bohlam LED berbagai merk dengan mempertimbangkan faktor harga belum ditemui. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian performa dari enam produsen bohlam LED yang banyak ditemukan di pasaran. Masing-masing merk diambil sampel dari tiga daya pengenalan yang setara. Diharapkan dari hasil pengujian, didapatkan karakteristik bohlam berbagai merk, dengan melihat aspek performa dan harga. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menunjukkan perbandingan performa dari berbagai bohlam, dilihat dari merk, harga, serta melihat hubungan diantara ketiganya.

## 2. Metodologi

Di dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah berbagai merk LED bulb yang beredar dipasaran. Enam nama

\* Korespondensi: rahmanazisp@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.  
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

b) Prodi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.

produsen yang digunakan selanjutnya ditulis sebagai merk A, B, C, D, E, dan F. Sampel LED yang digunakan memiliki tiga daya pengenalan, yaitu 11, 9, dan 7 watt. Semua sampel yang digunakan memiliki temperatur warna yang sama yaitu 6500 K. Index renderasi warna (CRI) yang tercantum pada masing-masing sampel adalah 80. Index renderasi warna dinyatakan dengan angka 0 sampai dengan 100, dimana yang tertinggi adalah 100 yang berarti sama dengan warna aslinya [11]. Dalam SNI 03-6575, renderasi warna 80 ada pada kelompok 2. Sudut penerangan dari 18 sampel tersebut rata-rata ada pada 230 derajat, selain lampu led merk F yang memiliki sudut penerangan 150 dan 160.

Pemilihan merk yang digunakan sebagai sampel adalah yang banyak tersedia di pasaran, dan memiliki daya pengenalan yang setara dan temperatur warna yang sama.

Tabel 1. Sampel Bohlam LED yang digunakan

| Nomor Sampel | MERK | Daya Pengenal | Temperatur Warna | Daya Tahan (Jam) | Index Renderasi Warna | Sudut Penerangan |
|--------------|------|---------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 1            | A    | 11            | 6500K            | 8000             | 80                    | 230              |
| 2            |      | 9             | 6500K            | 8000             | 80                    | 230              |
| 3            |      | 7             | 6500K            | 8000             | 80                    | 230              |
| 4            | B    | 11            | 6500K            | 15000            | 80                    | 230              |
| 5            |      | 9             | 6500K            | 15000            | 80                    | 230              |
| 6            |      | 7             | 6500K            | 25000            | 80                    | 270              |
| 7            | C    | 11            | 6500K            | 10000            | 80                    | 230              |
| 8            |      | 9             | 6500K            | 10000            | 80                    | 230              |
| 9            |      | 7             | 6500K            | 10000            | 80                    | 230              |
| 10           | D    | 11            | 6500K            | 25000            | 80                    | 230              |
| 11           |      | 9             | 6500K            | 15000            | 80                    | 230              |
| 12           |      | 7             | 6500K            | 15000            | 80                    | 230              |
| 13           | E    | 11            | 6500K            | 25000            | 80                    | 230              |
| 14           |      | 9             | 6500K            | 25000            | 80                    | 230              |
| 15           |      | 7             | 6500K            | 25000            | 80                    | 230              |
| 16           | F    | 11            | 6500K            | 8000             | 80                    | 160              |
| 17           |      | 9             | 6500K            | 8000             | 80                    | 150              |
| 18           |      | 7             | 6500K            | 8000             | 80                    | 160              |

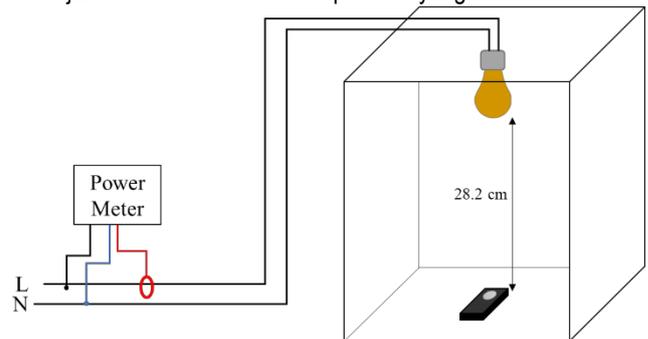
Untuk memperoleh hasil ukur konsisten, maka diperlukan sebuah tempat dimana tidak ada cahaya lain yang mengintervensi cahaya yang diukur. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dibuatlah chamber eksperimen yang diberi warna hitam di dalamnya untuk meminimalisir pantulan sinar lampu, dan memiliki bahan tidak tembus cahaya dari luar. Dengan mengasumsikan lampu berbentuk bulat sempurna, perhitungan jarak lampu dengan lux meter dilakukan dengan persamaan (1) dan (2). Luas permukaan bola yang digunakan dalam perhitungan jarak adalah 1 m<sup>2</sup>, dimana secara matematis dapat dinyatakan bahwa 1 lux = 1

lumen/m<sup>2</sup>.

$$Luas\ Permukaan\ Bola = 4 \times \pi \times r^2 \tag{1}$$

$$r = \sqrt{\frac{1}{4 \times \pi}} = 28.2\ cm \tag{2}$$

Ukuran dari chamber tersebut disesuaikan dengan dimensi lampu ditambah dimensi fitting dan juga lux meter. Pastikan jarak antara lux meter dan lampu berjarak 28,2 cm. Terdapat lubang kecil untuk melihat hasil dari alat ukur yang ada didalam dengan meminimalisir cahaya masuk dari luar saat pengukuran. Gambar 1 menunjukkan skema chamber eksperimen yang direncanakan.



Gambar 1. Skema chamber eksperimen

Semua sampel merk lampu yang ada diuji dengan metode yang sama menggunakan lux meter sebagai alat ukurnya. Sebelum mengukur, dipastikan bahwa jarak antara objek yang diukur dengan alat ukur harus berjarak 28.2 cm karena di alat ukur hanya menunjukkan lux. Untuk mendapat kuat cahaya dari lampu maka diperlukan cara untuk melakukan pendekatan pengukuran lux menjadi lumen. Lumen merupakan satuan dari kuat cahaya dan lumen adalah lux dalam setiap meter persegi. Untuk mendapatkan lumen maka diperlukan jarak sebanyak 28.2 cm sebagai jari jari dari luas cahaya yang menyebar dalam 1 m<sup>2</sup>. Karena tidak tersedianya pengukuran lumen menggunakan *integrating sphere* untuk validasi pengukuran, maka selanjutnya besaran lux terukur yang disebutkan di artikel ini adalah lux yang diukur dalam chamber eksperimen pada jarak 28.2 cm. Gambar 2 adalah realisasi chamber eksperimen



Gambar 2. Gambar percobaan didalam chamber

Pengukuran efikasi lampu juga tidak bisa dilakukan, dikarenakan tidak adanya pengukuran lumen. Dimana efikasi adalah berapa lumen yang dihasilkan dari setiap satu watt daya yang dibutuhkan. Maka, selanjutnya besaran performa lampu LED yang digunakan adalah lux/watt terukur, yaitu berapa lux yang terukur dari setiap satu watt daya yang dibutuhkan pada jarak 28.2 cm. Pengukuran dilakukan didalam chamber eksperimen tersebut

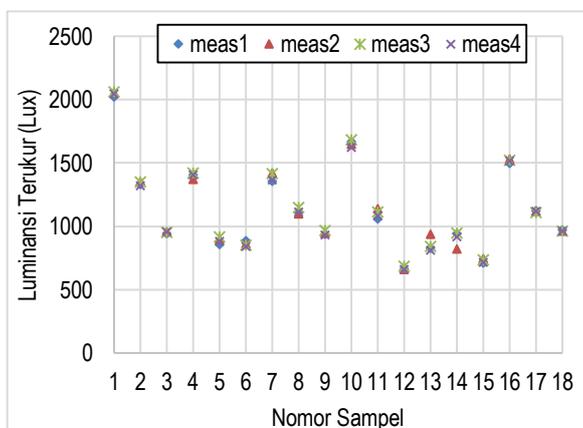
setelah lampu terpasang dan menyala selama minimum 15 menit untuk mencapai suhu kerja optimal [8], [9]. Lampu yang diuji tidak dilakukan penuaan terlebih dahulu. Kemudian dilakukan beberapa pengukuran penguasaan seperti menggunakan lux meter untuk mengetahui berapa lux terukur dari lampu tersebut; power meter untuk mengetahui daya, tegangan, serta faktor daya; dan thermometer untuk mengetahui suhu dan kelembapan didalam *chamber* tersebut. Pengujian diulang sebanyak empat kali, dengan perlakuan yang sama dan kondisi sekitar seperti suhu dan kelembapan dijaga konstan. Konsistensi pengukuran diuji menggunakan rata-rata, deviasi standar, dan koefisien variasi. Karakteristik yang dieksplorasi dari penelitian ini adalah pengaruh antara merk, harga, dan daya pengenalan terhadap performa berbagai lampu LED yang tersedia di pasaran.



Gambar 3. Tampilan watt meter selama pengukuran

### 3. Hasil dan Pembahasan

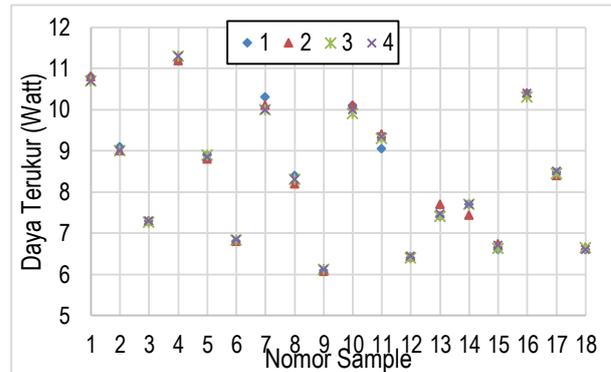
Telah dilakukan 72 pengujian terhadap 18 sampel masing-masing 4 kali dengan perlakuan yang sama dan kondisi sekitar yang dijaga tetap. Dari empat pengukuran illuminasi masing-masing sampel, didapatkan repeatability yang tinggi. Repeatability didefinisikan sebagai kesamaan antara hasil uji independen, yang diperoleh dengan metode yang sama, pada bahan uji yang sama, di laboratorium yang sama, oleh operator yang sama, dan menggunakan peralatan yang sama dalam interval waktu yang berdekatan [12]. Ukuran repeatability dan konsistensi yang digunakan adalah deviasi standar dan koefisien variasi (CV). Didapatkan standard deviasi 22.7 dengan CV 0.022. Umumnya, koefisien variasi dibawah 10 dianggap sangat baik. Gambar 4 menunjukkan pengukuran luminansi pada 18 sampel dengan pengulangan sebanyak empat kali.



Gambar 4. Pengukuran luminansi pada 18 sampel dengan pengulangan sebanyak empat kali.

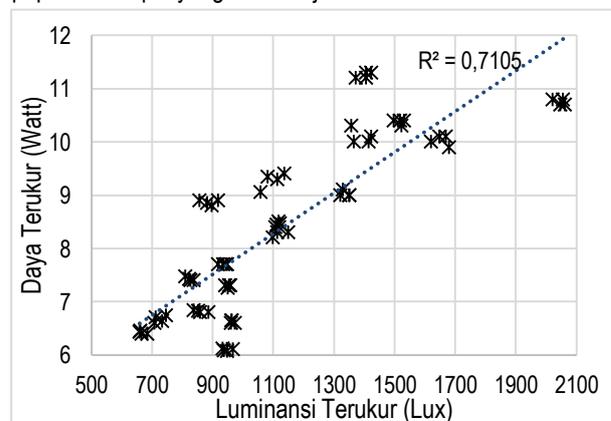
Selain pengukuran luminansi, dilakukan pula pengukuran daya terukur, faktor daya, dan tegangan. Gambar 5 menunjukkan 4

pengukuran daya dari masing-masing 18 sampel. Dari grafik daya terukur menunjukkan bahwa daya lampu pada setiap eksperimen relatif stabil atau sama. Itu menunjukkan bahwa, pada saat pengukuran daya lampu dalam kondisi stabil dan tidak fluktuatif. Gambar 5 tersebut menunjukkan bahwa kuatnya cahaya per watt pada lampu cenderung stabil selama eksperimen dilakukan, meskipun dilakukan berulang kali. Terdapat sedikit deviasi yang dipengaruhi oleh antara lain: tegangan suplai serta suhu dan kelembapan di dalam *chamber* eksperimen.



Gambar 5. Pengukuran daya pada 18 sampel dengan pengulangan sebanyak empat kali.

Dari konsistensi pengujian yang dilakukan, daya lampu yang konsisten ditunjukkan pada gambar 5 menghasilkan keluaran luminansi yang stabil seperti di gambar 4. Dari kedua data tersebut yang dikombinasikan, selanjutnya dapat dianalisis performa dari lampu led berbagai merk. Analisis performa dilakukan dengan membandingkan kuat cahaya (lux) dengan daya yang terukur. Gambar 6 menunjukkan grafik luminansi terhadap daya terukur. Berdasarkan 72 pengujian yang telah dilakukan didapatkan hubungan yang positif antara daya dan luminansi terukur, dengan koefisien korelasi  $R^2$  0.71. Grafik pada gambar 6 juga bisa diartikan untuk mendapatkan karakteristik generalisasi dari populasi sampel yang digunakan. Untuk sampel yang berada diatas garis biru (garis regresi), dapat dinyatakan bahwa performa sampel lampu tersebut baik dan diatas rata-rata. Sementara apabila dibawah dari garis regresi, performanya kurang baik dan berada dibawah rata-rata populasi sampel yang telah diuji.



Gambar 6. Grafik luminansi terhadap daya terukur.

Dari 72 pengujian yang telah dilakukan terhadap 18 sampel lampu, diambil besara rata-rata dari masing-masing 4 pengujian. Rangkuman data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

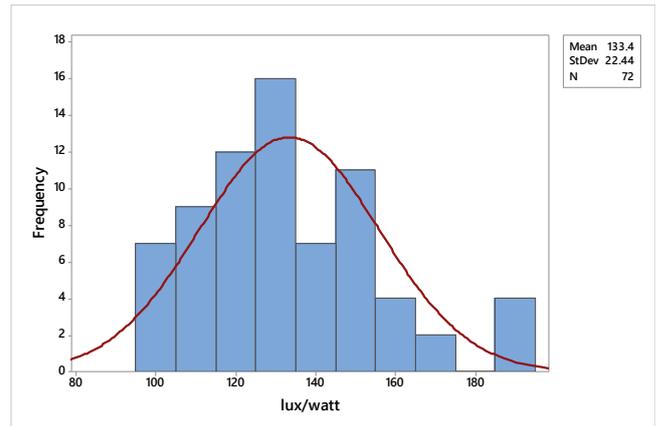
Tabel 2. Hasil pengujian

| No. | Daya Pengenal (Pr) | Lux Terukur (Lt) | Daya Terukur (Pm) | Faktor Daya | Lux/Watt |
|-----|--------------------|------------------|-------------------|-------------|----------|
| 1   | 11                 | 2047.25          | 10.75             | 0.645       | 190.4    |
| 2   | 9                  | 1338.5           | 9.025             | 0.65        | 148.3    |
| 3   | 7                  | 951.5            | 7.29              | 0.66        | 130.5    |
| 4   | 11                 | 1402.25          | 11.25             | 0.665       | 124.6    |
| 5   | 9                  | 889.25           | 8.8625            | 0.655       | 100.3    |
| 6   | 7                  | 859.75           | 6.8175            | 0.63        | 126.1    |
| 7   | 11                 | 1390.5           | 10.1              | 0.673       | 137.7    |
| 8   | 9                  | 1118             | 8.3               | 0.68        | 134.7    |
| 9   | 7                  | 946.25           | 6.095             | 0.63        | 155.3    |
| 10  | 11                 | 1654.75          | 10.025            | 0.625       | 165.1    |
| 11  | 9                  | 1098             | 9.2725            | 0.648       | 118.4    |
| 12  | 7                  | 668.25           | 6.42              | 0.653       | 104.1    |
| 13  | 11                 | 853.5            | 7.4925            | 0.608       | 113.9    |
| 14  | 9                  | 908.5            | 7.6325            | 0.603       | 119      |
| 15  | 7                  | 725              | 6.6675            | 0.625       | 108.7    |
| 16  | 11                 | 1518             | 10.375            | 0.653       | 146.3    |
| 17  | 9                  | 1118             | 8.455             | 0.71        | 132.2    |
| 18  | 7                  | 965.5            | 6.625             | 0.64        | 145.7    |

Suhu ruangan pada saat pengujian juga berpengaruh kepada hasil pengukuran nilai kuat cahaya, karena pada beberapa percobaan dengan suhu yang berbeda menghasilkan nilai kuat cahaya yang berbeda. Semakin rendah suhu ruangan tersebut semakin menambah nilai kuat cahaya yang didapatkan. Begitu juga dengan suhu dari lampu, semakin lama lampu menyala maka nilai kuat cahaya akan menurun hingga mencapai kestabilan suhu di kisaran 15 menit.

Faktor daya yang terukur dari 18 lampu LED berada pada kisaran 0.603 hingga 0.71. Faktor daya demikian kecenderungannya rendah, dimana faktor daya yang baik berada pada kisaran di atas 0.85.

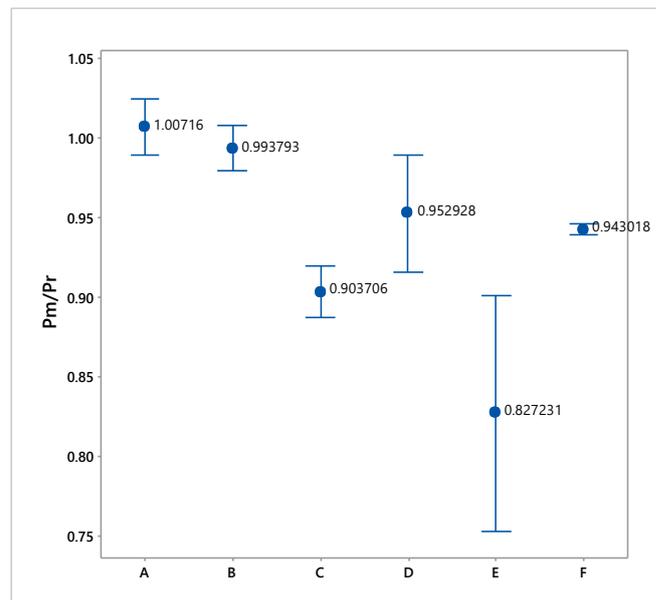
Performa dari berbagai sampel LED diukur dengan membandingkan lux dengan watt yang terukur. Lux/Watt maksimal yang didapatkan adalah pada sampel 1, yaitu sebesar 190.4. Sementara lux/watt yang paling rendah adalah pada sampel 5, yaitu sebesar 100.3. Secara keseluruhan, hasil pengukuran lux/watt dari 72 pengujian ditunjukkan pada gambar 7. Rata-rata didapatkan 133.4 lux/watt terukur, dengan deviasi standar 22.44.



Gambar 7. Histogram lux/watt dari 72 pengujian

Selanjutnya adalah membandingkan daya terukur disbanding dengan daya pengenal. Daya pengenal adalah besaran daya yang tertulis di box lampu, atau di badan lampu. Sementara daya terukur adalah daya yang diukur berdasarkan empat kali pengujian pada sampel bohlam LED. Gambar 8 menunjukkan interval plot dari daya terukur disbanding daya pengenal pada merk yang berbeda. Nilai yang paling tinggi adalah 1, dimana daya terukur sama dengan daya pengenal. Sementara nilai dibawah 1 berarti daya yang terukur lebih rendah dari daya pengenal lampu.

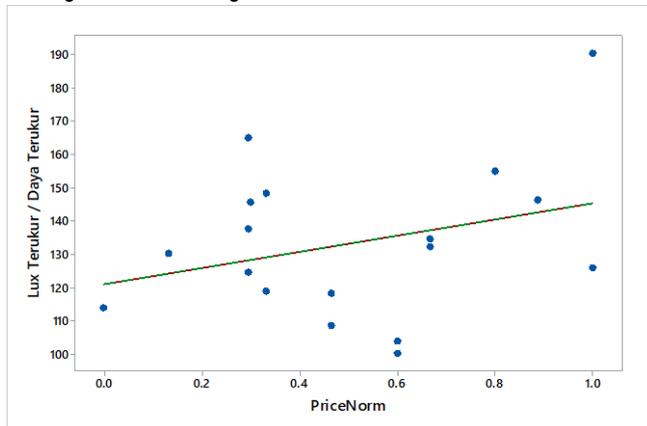
Didapatkan bahwa dari enam merk yang digunakan dalam penelitian ini, lampu A memiliki rata-rata Pm/Pr yang tinggi, hingga mencapai 1. Begitu pula dengan lampu B, yang mencapai nilai 0.99. Sementara Procycon mendapatkan rata-rata nilai Pm/Pr yang paling rendah, yaitu 0.827.



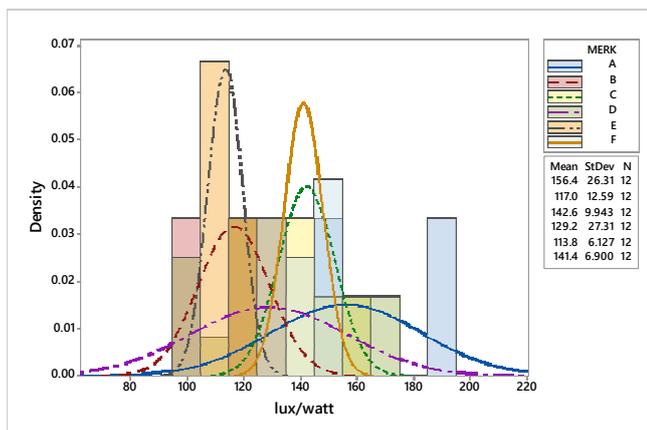
Gambar 8. Interval plot daya terukur dibanding daya pengenal (Pm/Pr) pada merk yang berbeda

Gambar 9 menunjukkan perbandingan harga lampu dan lux/daya terukur yang didapatkan dari eksperimen. Harga lampu dilakukan normalisasi dari masing-masing kelompok sampel dengan daya pengenal sama. Ditunjukkan bahwa ada korelasi positif dari harga dengan lux/watt yang terukur, dimana koefisien korelasi pearson yang didapatkan adalah 0.306 dengan p-value 0.216. Korelasi yang ditunjukkan cenderung lemah, dengan

persebaran data seperti ditunjukkan pada gambar. Hal ini berarti dari sampel yang didapat, hubungan antara harga lampu yang mahal dan performa yang baik tidak terlalu kuat. Temuan ini cukup menarik untuk dilanjutkan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian daya tahan atau usia pakai dari lampu dengan berbagai merk dan harga.



Gambar 9. Hubungan antara lux/daya terukur dan harga

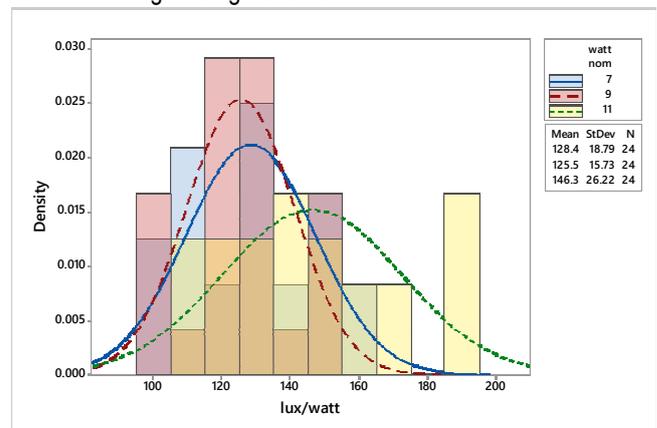


Gambar 10. Hubungan antara lux/watt dan merk

Gambar 10 menunjukkan histogram dengan plot density antara besaran performa lampu (lux/watt) pada merk yang berbeda. Ditunjukkan bahwa pada sampel yang diuji, lampu LED A mendapatkan hasil pengukuran lux/watt yang paling tinggi dengan rata-rata 156.4, tetapi memiliki variansi yang juga tinggi yang ditunjukkan oleh deviasi standar 26.31. Dua merk lainnya yaitu lampu F dan C mendapatkan rata-rata lux/watt yang juga relatif tinggi dibanding merk lainnya, yaitu masing-masing 141.4 dan 142.6. Sementara itu lampu E memiliki rata-rata lux/watt terukur yang paling rendah dan konsisten di semua sampel, yaitu 113.8 dengan deviasi standar 6.13.

Selanjutnya adalah dilakukan pengujian untuk menentukan apakah ditemukan pengaruh antara daya pengenal dari lampu LED dan performa yang dihasilkan. Gambar 11 menunjukkan histogram antara lux/watt dan daya pengenal. Tidak ditemukan pengaruh signifikan antara daya pengenal lampu yang tercantum di kotak dengan lux/watt yang terukur pada sampel lampu 7 dan 9 watt. Tetapi, terdapat perbedaan yang nampak pada sampel lampu 11 watt. Rata-rata lux/watt yang terukur pada lampu 11 watt adalah 146.3 dengan deviasi standar 26.22. Hal ini menunjukkan bahwa kecenderungannya lux/watt pada lampu 11 watt pada pengujian ini

lebih tinggi dibandingkan dengan lampu dengan daya pengenal dibawahnya. Pada kelompok sampel lampu 7 dan 9 watt, didapatkan rata-rata 128.4 dan 125.5 lux/watt, dengan deviasi standar masing-masing 18.79 dan 15.73.



Gambar 11. Hubungan antara lux/watt dan daya pengenal

#### 4. Kesimpulan

Telah dilakukan eksperimen performa lampu LED *bulb* berbagai merk yang ditemukan di pasaran. Sebanyak 18 sampel digunakan, dengan 3 daya pengenal, dan 6 merk yang berbeda. Dari sampel yang diuji, beberapa merk menunjukkan performa yang lebih baik yang ditunjukkan pada beberapa pengujian yang berbeda seperti pada lux/watt terukur serta pada daya terukur/daya pengenal. Hasil eksperimen menunjukkan tidak didapatkan hubungan yang signifikan antara harga lampu yang mahal dan performa yang baik. Temuan ini cukup menarik untuk dilanjutkan pada penelitian selanjutnya. Kedepannya, dapat dilakukan pengujian daya tahan atau usia pakai ekspektasi dari lampu dari berbagai merk dan harga.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai dengan dana Dana DIPA Swadana Riset Terapan Politeknik Negeri Malang tahun 2020.

#### Daftar Pustaka

- [1] Balai Besar Teknologi Energi BPPT, Perencanaan efisiensi dan elastisitas energi 2012. 2012.
- [2] A. Farahat, A. Florea, J. L. M. Lastra, C. Brañas, and F. J. A. Sánchez, "Energy Efficiency Considerations for LED-Based Lighting of Multipurpose Outdoor Environments," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 3, no. 3, pp. 599–608, 2015.
- [3] A. Parastiwi, R. A. Prasajo, M. N. . Adzani, and H. K. Safitri, "Development of Smart Energy Meter to Measure Energy Saving of Dimmable LED Panel Light," in Presented in ATASEC 2020.
- [4] Navigant Consulting Inc, "Energy Savings Estimates of Light Emitting Diodes in Niche Lighting Applications Department of Energy Energy Savings Estimates of Light Emitting Diodes in Niche Lighting Applications," no. September. Building Technologies Program, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, 2008.

- [5] S. S. Wiwaha, "Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Pelanggan Rumah Tangga," *J. ELTEK*, vol. 15, no. 1, 2017.
- [6] I. Ridzki and H. Sucipto, "Analisis Instalasi Penerangan dengan Pemakaian Panel Surya untuk Beban Lampu LED DC," *J. ELTEK*, vol. 15, no. 1, 2017.
- [7] M. Faridha and Ifan, "Studi Komparasi Lampu Pijar, LED, LHE dan TL Yang Ada Dipasaran Terhadap Energi yang Terpakai," *J. Tek. Mesin UNISKA*, vol. 02, no. 01, pp. 24–29, 2016.
- [8] S. Palaloi, "Pengujian Dan Analisis Umur Pakai Lampu Light Emitting Diode (Led) Swabalast Untuk Pencahayaan Umum," *J. Energi dan Lingkung.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–22, 2015.
- [9] S. Palaloi, E. Nurdiana, and A. Wibowo, "Pengujian Dan Analisis Kinerja Lampu TI Led Untuk Pencahayaan Umum," *J. Stand.*, vol. 20, no. 1, p. 77, 2018.
- [10] Vica Avianto Artha Dina, M. Khosyi'in, and N. A. Adhi, "Analisa Pengujian Lampu LED dengan Menggunakan Metode Penuaan dan Metode Pemeliharaan Lumen," in *Seminar Nasional FORTEI*, 2015, no. 1, pp. 23–28.
- [11] Badan Standar Nasional Indonesia, "SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung," pp. 1–32, 2001.
- [12] M. Jones and S. Marengo, "Laboratory validation, verification, and accreditation of molecular methods," in *Molecular Microbial Diagnostic Methods*, 2016, pp. 107–133.