

## KARAKTERISTIK RANCANG BANGUN LAMPU CUMI-CUMI SEBAGAI ATRAKTOR MENGGUNAKAN LAMPU LIGHT EMITTING DIODE (LED)

### *Characteristic Design of Squid Lamp as Attractor Using Light Emitting Diode (LED)*

Oleh:

Muhammad Johar Rudin<sup>1\*</sup>, Mochammad Riyanto<sup>2</sup>, Ari Purbayanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Ilmu  
Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji,  
Kepulauan Riau, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas  
Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor,  
Indonesia

\*Korespondensi penulis: johar.rudin@umrah.ac.id

### ABSTRAK

Perikanan cumi-cumi (*squid jigging fisheries*) di Indonesia berkembang sangat pesat. Peningkatan jumlah alat tangkap cumi (*squid jig*) telah menyebabkan pemakaian energi yang cukup besar. Umumnya, alat tangkap cumi menggunakan lampu metal halide (MH) dengan daya listrik sebesar 24–30 kW. Tujuan penelitian ini untuk merancang lampu LED sebagai alat pemikat cumi-cumi dengan karakteristik pendaran cahaya yang mirip lampu MH, serta menganalisis konsumsi bahan bakar. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan dan pembuatan lampu LED untuk penangkapan cumi, serta pengukuran intensitas cahaya di udara dan konsumsi bahan bakar pada lampu LED dan MH di laboratorium. Intensitas cahaya di dalam air diukur di perairan Teluk Banten pada bulan April 2021. Rangkaian elektronik yang digunakan terdiri dari bahan dan komponen dengan daya 450 watt LED. Rata-rata intensitas lampu LED cumi-cumi mengalami attenuasi 10,57% dibandingkan lampu MH. Rentang hasil *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada lampu MH adalah 0,00162–0,00176 kg/hp.jam, pada lampu LED sebesar 0,00109–0,00119 kg/hp.jam. Lampu LED cumi-cumi dilakukan uji konsumsi bahan bakar dengan nilai efisiensi sebesar 40,54%, pada lampu MH menunjukkan perbedaan sebesar 59,46%, berarti nilai efisiensinya 19,03%. Uji skala lapangan masih diperlukan untuk membuktikan efisiensi penangkapan cumi-cumi secara lebih nyata.

**Kata kunci:** cahaya, cumi-cumi, intensitas, pengukuran

### ABSTRACT

*Squid jigging fisheries in Indonesia have developed rapidly, leading to a substantial increase in energy consumption due to the growing number of squid jigging units. Traditionally, metal halide (MH) lamps with electrical power ranging from 24 to 30 kW are used as light attractors. This study aimed to design a LED (light-emitting diode) lamp for squid fishing with a light distribution pattern comparable to that of MH lamps and to evaluate its fuel consumption. The research involved the design and construction of an LED-based squid lamp, measurement of light intensity in air, and comparison of fuel consumption between LED and MH lamps under laboratory conditions. Underwater light intensity was measured in the waters of Banten Bay. The electronic system employed components with total LED power of 450 watts. Results showed that the average light intensity of the LED lamp decreased by only 10.57% compared to the MH lamp. The Specific Fuel Consumption (SFC) of MH lamps ranged from 0.00162–0.00176 kg/hp-h, while that of LED lamps ranged from 0.00109–0.00119 kg/hp-h. The LED system achieved a fuel efficiency of 40.54%, indicating a 19.03% improvement*

*compared MH lamps. Further field-scale experiments are required to validate effectiveness in actual squid fishing operations.*

**Key words:** *intensity, light, measurement, squid*

## PENDAHULUAN

*Squid jigging* mulai mengalami peningkatan yang sangat signifikan di wilayah Asia. Aktivitas penangkapan cumi-cumi dengan *squid jig* telah berkembang di berbagai negara seperti Jepang (Jung *et al.*, 2014), China (Chen *et al.*, 2008), Taiwan (Shen *et al.*, 2014) dan Korea Selatan (An, 2013; Jung *et al.*, 2014) serta beberapa negara di Asia Tenggara (Yamashita *et al.*, 2012). Aktivitas penangkapan cumi-cumi juga telah menunjukkan tren perkembangan yang signifikan di Indonesia. Perkembangannya dibuktikan dengan banyaknya alat tangkap yang mengalami perubahan terhadap spesifikasi metode penangkapan ikan terhadap respon proses penangkapan (Purbayanto *et al.*, 2010). Beberapa jenis alat penangkapan ikan yang digunakan untuk kegiatan penangkapan cumi-cumi diantaranya adalah *bouke ami*, bagan perahu, jala jatuh (*cast nets*), dan kapal pancing cumi-cumi (*squid jigging boat*) (Kepmen KP No.86 2016). Salah satunya, kapal pancing cumi-cumi yang mengalami peningkatan hingga 288% mulai akhir tahun 2015 hingga akhir pertengahan 2018 (Christianto, 2019).

Bertambahnya jumlah kapal pancing cumi-cumi berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan lampu bantu, seperti lampu merkuri dan *metal halide* (MH), yang berfungsi menarik perhatian cumi-cumi dan biasanya berjumlah 16–20 lampu (total daya 24–30 kW). Lampu yang terus digunakan, membutuhkan konsumsi bahan bakar yang tinggi dan akan berdampak pada peningkatan biaya operasional (Matsushita *et al.*, 2012; Jung *et al.*, 2014). Apabila pada musim puncak masih memakai lampu MH, maka tingkat efisiensi bahan bakar minyak masih rendah walaupun produktivitasnya cukup tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan teknologi alternatif pada alat bantu penangkapan ikan yang lebih efisien energi dan dapat menekan konsumsi bahan bakar minyak (Takahashi, 2016). Salah satu caranya adalah dengan pengembangan lampu alternatif dengan karakteristik yang mampu menyebar pada *catchable area* dengan tingkat iluminasi, daya tembus yang tinggi dan sifat pendaran yang hampir sama dengan lampu MH. Alternatif alat bantu penangkapan ikan tersebut adalah lampu LED (*Light Emitting Diode*).

Perkembangan LED diimplementasikan pada perikanan lampu (*light fishing*) belum dimanfaatkan oleh industri perikanan tangkap dan nelayan kapal pancing cumi-cumi. Hua & Xing (2013) menyatakan bahwa spektrum cahaya LED menyorot pada satu titik dibandingkan lampu MH arah pendaran yang luas. Kontruksi lampu LED (selanjutnya disebut *LED cumi-cumi*) diawali dengan proses pemilihan *chip* yang tepat dengan bentuk pendaran cahaya, penentuan luas casing lampu, serta perumusan model iluminasi yang disesuaikan dengan bentuk kapal dan distribusi cahaya di area sampling kapal (Kuo & Shen, 2018; Shen *et al.*, 2013).

Kapal cumi-cumi masih banyak menggunakan lampu MH dalam pengoperasiannya. Tingkat penyebaran cahaya lampu MH menyebar dan terpendar pada *catchable area* (Yamashita *et al.*, 2012). Namun, lampu MH mempunyai tingkat daya yang besar serta kemampuan daya tembus cahaya yang pendek pada perairan walaupun lampu MH memiliki tingkat iluminasi yang tinggi di medium udara (Sofijanto *et al.*, 2019) dikarenakan lampu MH berwarna putih *warm*. Lampu LED sebagai lampu alternatif sangat diperlukan karena dapat menghemat penggunaan bahan bakar minyak. Penggunaan daya lampu LED sangat kecil sehingga menurunkan daya input dari mesin generator. Penggunaan lampu LED lebih efisien sebagai lampu pengganti lampu MH karena menurunkan biaya penggunaan bahan bakar minyak (Susanto *et al.*, 2017).

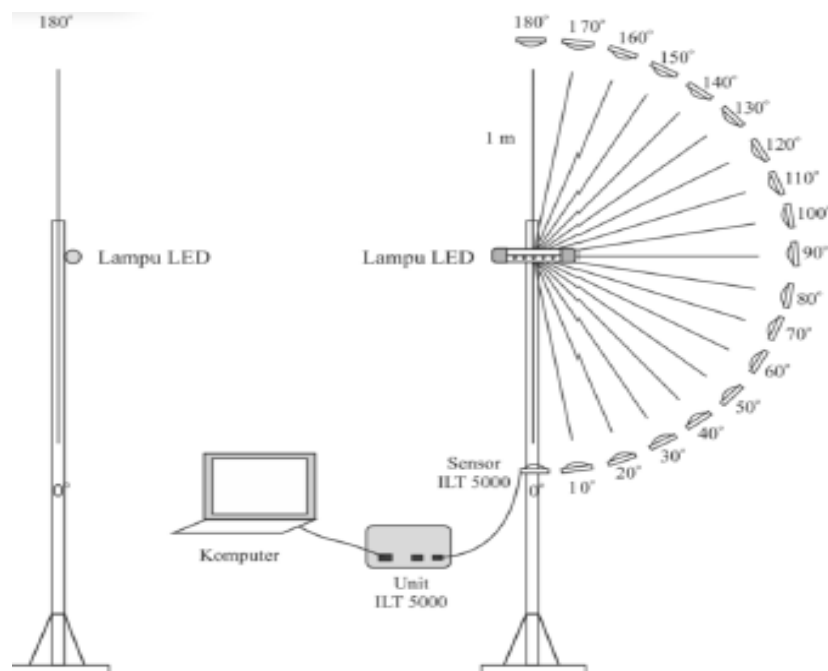
Beberapa hasil penelitian dan uji coba LED telah diterapkan pada berbagai macam alat tangkap dalam operasi penangkapan. Namun, pada kapal cumi-cumi belum diterapkan penggunaan LED sebagai alat bantu penangkapan. Hal ini dikarenakan belum adanya lampu LED yang memiliki tingkat

intensitas dan sifat pendaran lampunya seperti lampu MH. Lampu LED ini dirancang dengan menggunakan cahaya warna biru, umumnya sangat efektif untuk merespon cumi-cumi dan memiliki intensitas tinggi dengan konsumsi energi yang rendah. Lampu LED juga sebagai lampu alternatif sangat diperlukan karena dapat menghemat penggunaan bahan bakar minyak. Penggunaan daya lampu LED sangat kecil sehingga menurunkan daya input dari mesin generator. Penggunaan lampu LED lebih efisien sebagai lampu pengganti lampu MH karena menurunkan biaya penggunaan bahan bakar minyak (Susanto *et al.* 2017). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dan efektivitas penyebaran serta intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi dan lampu MH pada medium udara dan perairan, serta menganalisis bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk pengoperasian skala laboratorium.

## METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian meliputi perancangan konseptual, perancangan fisik (rancang bangun), dan pengujian teknis lampu LED cumi-cumi di laboratorium. Berdasarkan hasil uji, lampu LED cumi-cumi menunjukkan kinerja operasional yang baik, sehingga penelitian dilanjutkan dengan pengukuran karakteristik iluminasi pada lampu *Metal Halide* (MH) dan LED cumi-cumi di udara dan di air, serta evaluasi konsumsi bahan bakar untuk masing-masing sistem pencahayaan.

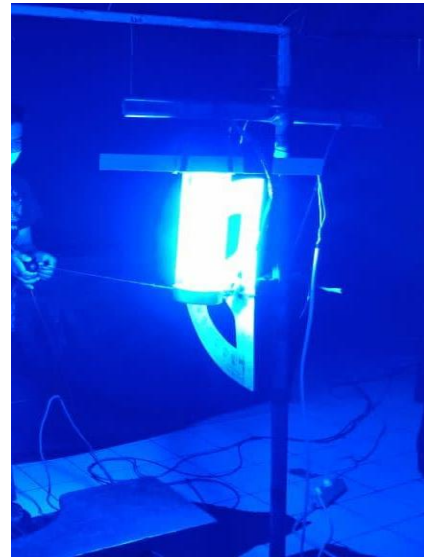
Uji karakteristik cahaya lampu LED cumi-cumi dan Metal Halide (MH) dilakukan pada medium udara. Pengujian ini dilaksanakan di ruang gelap berukuran 2 x 2 meter menggunakan *ILT 5000 Research Radiometer*, sebagaimana diterapkan dalam penelitian Susanto (2019). Masing-masing lampu hasil rancang bangun diuji sebanyak satu unit dengan jarak antara sumber cahaya dan sensor sebesar 1 meter. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada rentang sudut 0° hingga 180° dengan interval setiap 10° untuk memperoleh distribusi intensitas dan pola sebaran cahaya.



Gambar 1. Pengukuran intensitas cahaya di medium udara



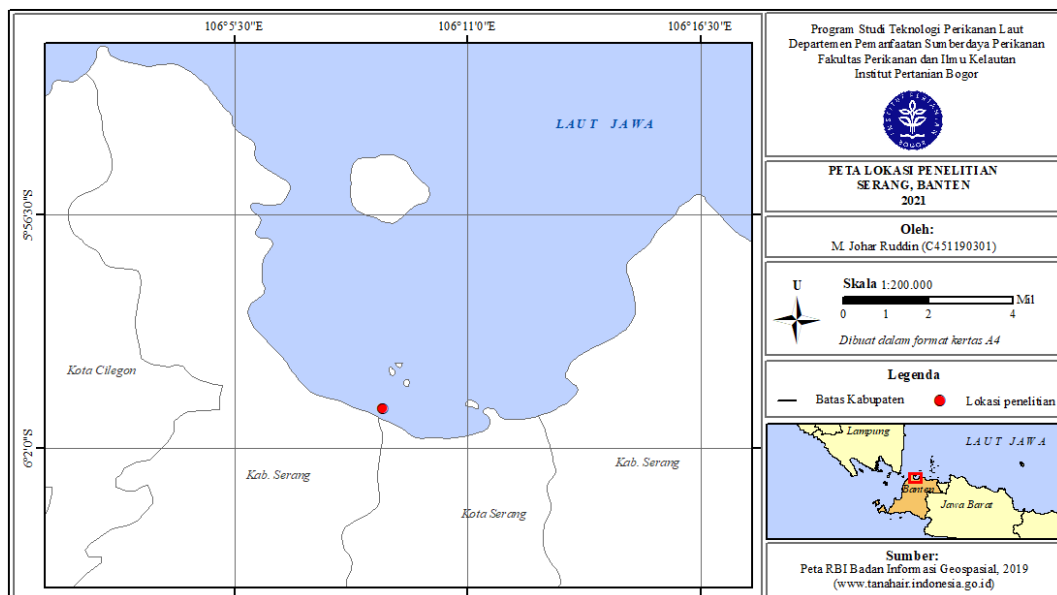
2a. Lampu MH



2b. Lampu LED cumi-cumi

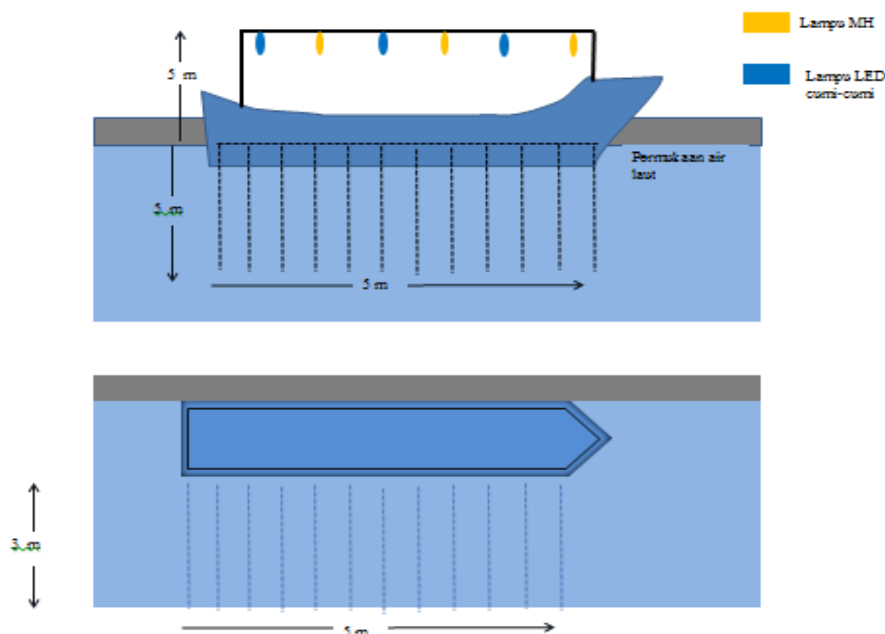
Gambar 2. Pengukuran intensitas cahaya di medium udara

Intensitas cahaya Lampu MH dan LED cumi-cumi diukur pada perairan dan dilakukan pada bagan tancap yang disimulasikan seperti kapal pancing cumi yang berlokasi di perairan Teluk Banten (Gambar 3). Bagian sisi bagan tancap ditutupi kain hitam atau benda yang menyerupai kapal cumi sehingga cahaya yang menyebar hanya pada bagian sisi bagan tancap. Pengukuran dilakukan pada bagian sisi depan bagan tancap (Gambar 3). Bagan tancap yang digunakan pada saat pengukuran berukuran 14 m x 14 m. Lampu MH dan LED cumi-cumi yang dipasang pada bagan tancap disesuaikan dengan umumnya lampu MH dipasang pada kapal cumi, yaitu dengan jarak 5 m dari permukaan air laut. Pengukuran intensitas cahaya lampu diukur pada medium air dengan menggunakan *ILT 5000 Research Radiometer* pada lampu MH dan LED cumi-cumi. Pengambilan data intensitas cahaya diukur dari kedalaman perairan 5 m, panjang bagan tancap atau jarak horizontal 5 m dan jarak pada samping kapal 3 m (Gambar 3).



Gambar 3. Peta lokasi penelitian pengukuran intensitas cahaya di perairan

Analisis distribusi intensitas cahaya pada medium udara dilakukan menggunakan *Microsoft Excel 2010* dengan pilihan *radar chart* untuk memvisualisasikan pola penyebaran cahaya pada setiap sudut pengukuran. Data distribusi intensitas cahaya lampu *Metal Halide* (MH) dan LED cumi-cumi pada medium perairan diolah menggunakan grafik XY (*Scatter*). Nilai estimasi intensitas cahaya tersebut kemudian digunakan untuk membentuk kontur distribusi cahaya di perairan menggunakan *Surfer Map versi 13*, sehingga diperoleh gambaran sebaran cahaya di bawah kapal cumi-cumi secara spasial. Hasil pengukuran dan olahan data distribusi intensitas yang didapatkan pada medium udara akan dilakukan analisis data secara *deskriptif komparatif* berdasarkan grafik distribusi intensitas cahaya pada lampu MH dan LED cumi-cumi.



Gambar 4. Simulasi pengukuran intensitas cahaya pada medium air

Menurut Arif *et al.* (2015) pengukuran massa bahan bakar dilakukan sebelum pengujian konsumsi bahan bakar kemudian sisa bahan bakar dalam tangki *genset* dikuras sampai habis untuk diukur kembali. Pengujian tingkat konsumsi bahan bakar minyak dilakukan dengan menggunakan generator 4 tak dengan daya 3 kW yang diberi beban 1 unit lampu LED 450 *watt* dan 1 lampu MH 1500 *watt* secara bergantian.

Pengolahan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel 2010*, yang dimanfaatkan untuk analisis regresi guna menghasilkan persamaan empiris hubungan antara daya lampu dan konsumsi bahan bakar. Model ini digunakan sebagai dasar dalam memperkirakan kebutuhan bahan bakar pada berbagai kondisi pengoperasian lampu. Salah satu parameter terpenting dalam mempertimbangkan penggunaan genset pada kapal cumi adalah perhitungan kebutuhan bahan bakar. Menurut Wiratmaja (2010) jika SFC (*Specific Fuel Consumption*) ditentukan dengan memperhitungkan besarnya BHP, maka akan memperoleh SFC yang jumlahnya dapat dihitung diketahui dengan persamaan berikut:

$$SFC = \frac{Wf}{BHP} (kg/HP \text{ jam}) \quad (1)$$

Keterangan:

$Wf$  = Kebutuhan bahan bakar (kg/jam)

$BHP$  = Daya output (HP)

Data *Specific Fuel Consumption* (SFC) dianalisis menggunakan pendekatan regresi statistik dengan tujuan menemukan korelasi antarvariabel yang relevan. Hasil analisis ini digunakan untuk mengembangkan model estimasi yang merepresentasikan hubungan fungsional antarvariabel penelitian (Wibisono & Baheramsyah 2016).

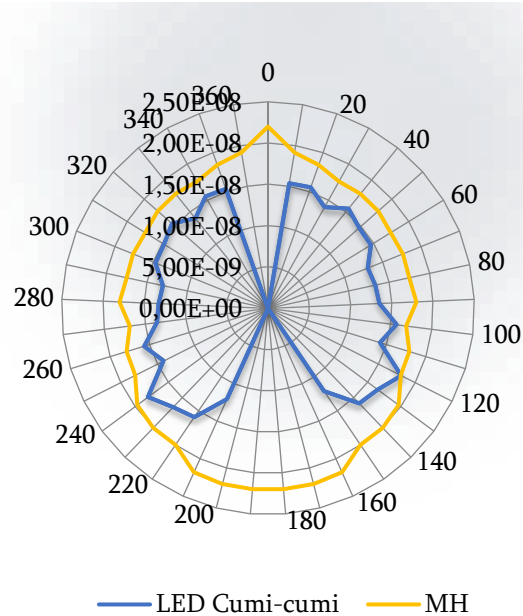
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Distribusi Intensitas Cahaya Lampu LED Cumi-Cumi dan Metal Halide (MH)

Intensitas cahaya diukur pada posisi vertikal dengan menggunakan busur dengan skala 0 - 180°. Berdasarkan hasil analisis intensitas cahaya pada lampu LED cumi-cumi dan MH bahwa intensitas tertinggi pada sudut 0°, 170° dan 180° masing-masing memiliki nilai yang sama yaitu  $2.20\text{E}-08$  watt/cm<sup>2</sup> (Gambar 4). Dilihat dari segi pola sebaran dari lampu LED cumi-cumi memiliki bentuk yang seperti hampir mirip dengan lampu MH (lihat Gambar 20). Namun, lampu LED cumi-cumi belum memiliki bentuk pola yang sama dengan lampu MH walaupun pola sebarannya hampir mendekati bentuk dari lampu MH. Lampu LED cumi-cumi pada sudut 0°, 160°, 170° dan 180° memiliki intensitas sebesar nol. Intensitas cahaya tertinggi pada sudut 120° sebesar  $1.81\text{E}-08$  watt/cm<sup>2</sup>.

Data pengukuran lampu memperlihatkan pola sebaran lampu LED cumi-cumi dan MH memiliki pola yang hampir mirip. Bentuk lampu MH yang menyerupai tabung berbentuk elips membentuk pola sebaran yang menyebar ke segala arah. Lampu LED cumi-cumi juga yang membentuk pola sebaran cahaya menyebar ke segala arah dengan bentuk sebaran yang tidak beraturan. Bentuk konstruksi lampu mempengaruhi bentuk pola pendaran cahaya. Hal ini sesuai dengan penelitian Ahmad *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa bentuk konstruksi lampu sangat mempengaruhi sebaran cahaya lampu. Pada medium udara, intensitas cahaya yang diukur tidak membuktikan pada setiap sudut pengamatan memiliki beda nilai yang signifikan (Wahju *et al.*, 2019) karena lampu yang berbentuk tabung. Lampu LED cumi-cumi berbentuk tabung dengan penutup pada bagian bawah dan atas sehingga pola sebaran intensitas cahaya berkisaran pada daerah sudut 10°-150° dan 210°-350°. Penelitian ini telah dibuktikan Wahju *et al.*, (2019) bahwa daerah sorotan intensitas cahaya berada pada daerah yang tidak terkena penutup bentuk lampu.

Sebaran intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi dan MH memiliki perbedaan nilai intensitas cahaya yang telah diukur. Lampu MH memiliki nilai intensitas cahaya yang cukup tinggi pada saat pengukuran. Kemungkinan bentuk lampu MH yang memiliki transparansi dari keseluruhan bentuk lampunya. Lampu LED cumi-cumi nilai intensitasnya menjadi kurang 10,57% dari nilai intensitas lampu MH. Lampu yang berbentuk tabung memang menghasilkan nilai iluminasi yang menyebar keseluruh penjuru lampu.

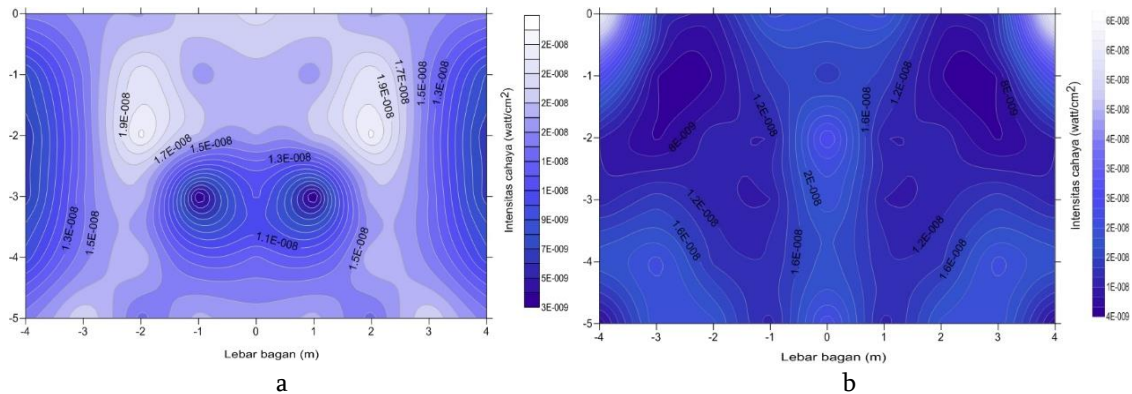


Gambar 5. Komparasi intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi dan MH pada medium udara

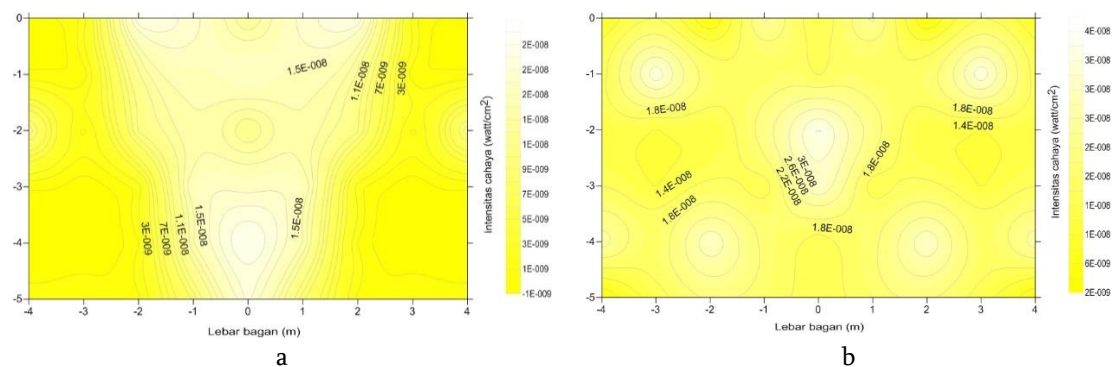
Intensitas cahaya yang diukur di dalam air pada lampu LED cumi-cumi dan MH diambil dari bagan berukuran 10 x 10 meter dengan kedalaman air mencapai 5 meter dari permukaan air laut. Sebaran intensitas cahaya yang diambil dilakukan dari sisi pertama, kedua dan ketiga dengan selisih antar sisi berjarak 1 meter dari lampu LED cumi-cumi dan MH (lihat Gambar 6). Lampu LED cumi-cumi memiliki nilai yang lebih kecil intensitasnya dari lampu MH. Nilai intensitas cahaya tertinggi lampu LED cumi-cumi mulai dari sisi pertama, kedua dan ketiga berturut-turut dengan nilai 2,27E-08 watt/cm<sup>2</sup>, 1,93E-08 watt/cm<sup>2</sup> dan 2,11E-08 watt/cm<sup>2</sup> (Lampiran 5, 6 dan 7). Nilai intensitas cahaya tertinggi lampu MH mulai dari sisi pertama, kedua dan ketiga berturut-turut dengan nilai 6,54E-08 watt/cm<sup>2</sup>, 3,66E-08 watt/cm<sup>2</sup> dan 4,9E-08 watt/cm<sup>2</sup> (Lampiran 8, 9 dan 10).

Nilai intensitas pada lampu LED cumi-cumi nilainya relatif tidak seragam pada sisi pertama, kedua dan ketiga pengukuran (lihat Gambar 5, 6, dan 7). Sorotan intensitas cahaya lampu LED pada sisi pertama pengukuran memiliki nilai paling tinggi dan merata hingga mencapai kedalaman 2 meter. Berbeda dengan pada sisi kedua dan ketiga pengukuran (Gambar 5). Nilai intensitas tertinggi pada sisi kedua pengukuran memperlihatkan mengerucut dari posisi lebar 4 meter hingga menjadi 2 meter pada kedalaman paling bawah. Sebaran intensitas cahaya tertinggi pada sisi ketiga pengukuran memiliki area yang lebih sempit dengan lebar kurang dari 2 meter sampai kedalaman 3-4 meter. Kisaran intensitas cahaya dalam air lampu LED cumi-cumi di sisi pertama, kedua dan ketiga pengukuran mencapai 0–2,27E-08 watt/cm<sup>2</sup>, 0–1,93E-08 watt/cm<sup>2</sup> dan 0–2,11E-08 watt/cm<sup>2</sup>.

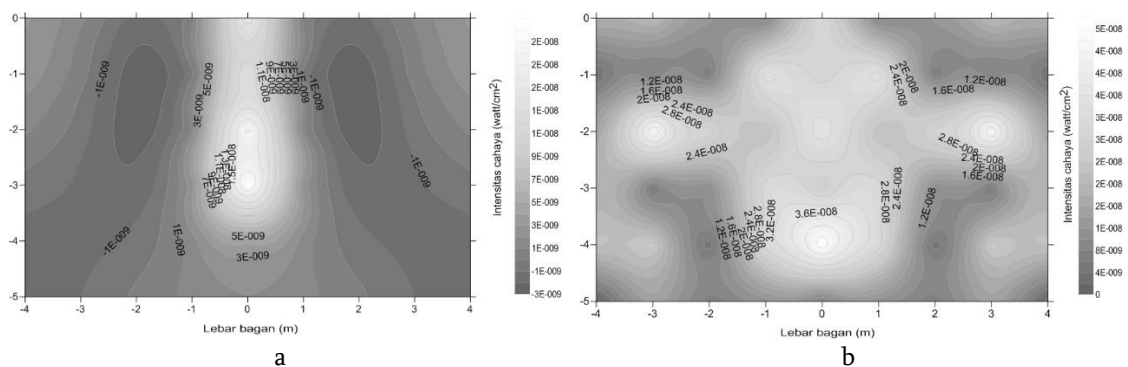
Sorotan intensitas cahaya lampu MH memiliki nilai terang yang relatif sama dari sisi pertama, kedua dan ketiga pengukuran. Sebaran intensitas tertinggi pada lampu MH di sisi pertama pengukuran terdapat pada area permukaan diposisi lebar 4 meter dari kanan dan kiri. Nilai intensitas cahaya pada sisi kedua dan ketiga pengukuran memiliki area sebaran cahaya yang relatif mirip. Kisaran intensitas cahaya dalam air lampu MH pada sisi pertama, kedua dan ketiga pengukuran mencapai 5,41E-08–6,54E-08 watt/cm<sup>2</sup>, 1,28E-09–3,66E-08 watt/cm<sup>2</sup> dan 6,69E-010–4,9E-08 watt/cm<sup>2</sup>.



Gambar 6. Sebaran intensitas cahaya sisi pertama pengukuran di medium air (a) lampu LED cumi-cumi; (b) Lampu MH



Gambar 7. Sebaran intensitas cahaya sisi kedua pengukuran di medium air (a) lampu LED cumi-cumi; (b) Lampu MH



Gambar 8. Sebaran intensitas cahaya sisi ketiga pengukuran di medium air (a) lampu LED cumi-cumi; (b) Lampu MH

Sebaran intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi dan MH dalam air memiliki perbedaan nilai intensitas cahaya. Nilai intensitas cahaya yang dihasilkan masing-masing lampu memberikan gambaran penetrasi cahaya dalam air yang sama dan merata walaupun nilainya berbeda. Nilai intensitas cahaya pada masing-masing memiliki nilai yang tinggi juga pada kedalaman 0 meter (permukaan laut) pada saat pengukuran. Susanto *et al.*, (2017) menyatakan bahwa bentuk lampu sangat mempengaruhi tingkat penetrasi cahaya dalam air. Lampu LED cumi-cumi yang dirancang disesuaikan dengan bentuk lampu MH. Sebaran lampu LED cumi-cumi memiliki nilai intensitas yang merata walaupun nilainya lebih kecil dibandingkan lampu MH. Hal ini dikarenakan lampu LED cumi-cumi komponen utamanya *chip* LED warna biru.

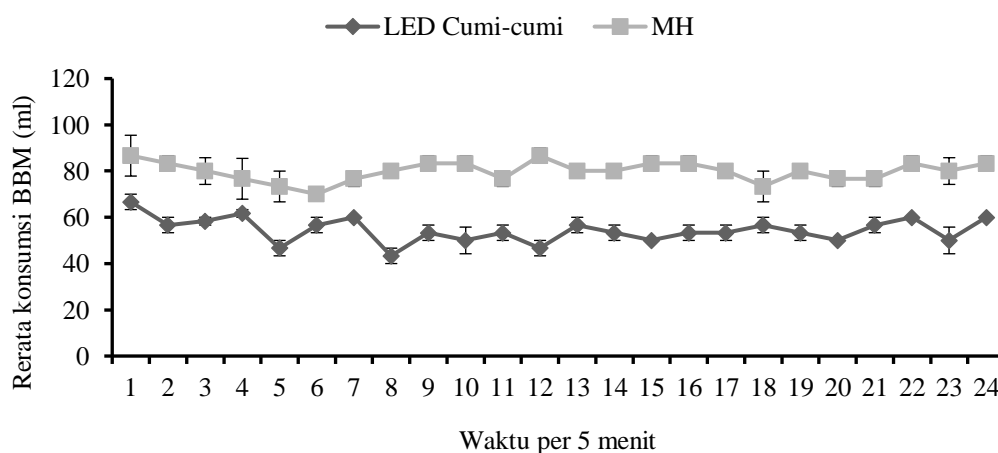


Gelombang cahaya pendek dan spektrum cahayanya lebih panjang serta jangkauannya lebih luas pada cahaya warna biru (Sudirman & Mallawa 2004). Pancaran cahaya lampu LED cumi-cumi dengan intensitas tertinggi masih ke arah bawah sampai kedalaman 0-5 meter. Hal senada menurut Shen *et al.*, (2013) bahwa cahaya lampu LED cukup tinggi dan mengarah ke bawah area dasar perairan, dikarenakan posisi lampu yang dipasang pada saat pengukuran (Takahashi *et al.*, 2016). Spektrum, intensitas dan sebaran cahaya lampu memiliki karakteristik cahaya yang berbeda tergantung dari bentuk dan tujuan pembuatan lampu (Susanto, 2019). Sebaran intensitas cahaya dari lampu LED cumi-cumi dan MH semakin menurun juga dengan bertambahnya kedalaman pada perairan pada saat pengukuran. Pancaran intensitas cahaya juga sangat dipengaruhi oleh bentuk dari sudut lampu dan absorpsi cahaya dalam air (Shen *et al.*, 2013; Jung *et al.*, 2014).

Sebaran intensitas cahaya lampu MH cenderung lebih merata dibandingkan lampu LED cumi-cumi karena sifat dasar lampu MH yang berspektrum luas dan memiliki sumber cahaya omnidirectional. Cahaya yang dihasilkan lampu MH tersebar ke segala arah secara homogen dari tabung busur sehingga penetrasi dan distribusi horizontalnya lebih luas. Selain itu, lampu MH didukung reflektor besar yang menyebabkan pemantulan cahaya terjadi berulang sehingga cahaya yang keluar menjadi lebih merata di kolom air (Shen *et al.*, 2013). Hal ini berbeda dengan lampu LED cumi-cumi yang menggunakan chip LED biru berspektrum sempit dan bersifat *directional* sehingga sebaran cahaya lebih fokus pada area tertentu (Sudirman & Mallawa, 2004). Intensitas puncak MH yang lebih tinggi juga memperluas wilayah iluminasi sehingga intensitas pada berbagai kedalaman tampak lebih stabil. Fenomena ini sesuai dengan pendapat Narendran & Deng (2002) yang menjelaskan bahwa lampu MH secara alami memiliki distribusi cahaya yang lebih merata dibandingkan sumber cahaya LED.

#### Penggunaan Bahan Bakar Minyak pada Lampu LED Cumi-cumi dan MH

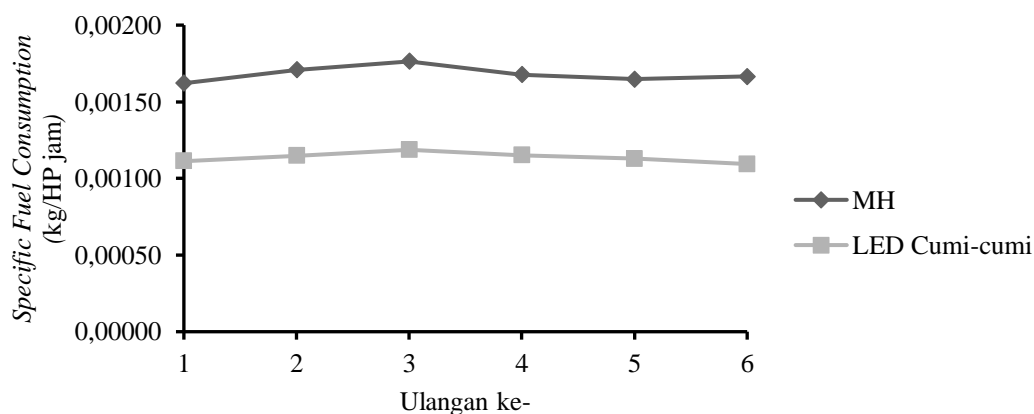
Pengukuran bahan bakar menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar selama pengujian dua jam dari lampu LED cumi-cumi lebih rendah dibandingkan dengan lampu MH. Hasil rerata pengukuran bahan bakar yang dilakukan sebanyak 3 kali ulangan membuktikan kisaran penggunaan lampu MH sebesar  $70 - 86,67 \pm 8,82$  ml dan lampu LED cumi-cumi sebesar  $43,33 \pm 3,33 - 66,67 \pm 3,33$  ml. Pengukuran penggunaan BBM tertinggi pada lampu LED cumi-cumi terjadi pada menit pertama sebesar  $66,67 \pm 3,33$  ml sedangkan pada lampu MH terjadi pada menit pertama sebesar  $86,67 \pm 8,82$  ml. Keberagaman penggunaan BBM pada lampu LED cumi-cumi paling tinggi terjadi pada ulangan ke-10 dan ke-23 dengan selisih rata-rata sebesar 5,77. Kisaran nilai sebaran rerata pengukuran BBM tidak jauh dari setiap pengulangan. Persentase penghematan konsumsi BBM pada lampu LED cumi-cumi sebesar 19,03% dari lampu MH.



Gambar 9. Grafik rata-rata pemakaian bahan bakar minyak lampu LED cumi-cumi dan *metal halide* (MH)

Pengujian nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) menunjukkan bahwa penggunaan lampu MH memerlukan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan lampu LED cumi-cumi. Rata-rata nilai SFC lampu MH mencapai 0,00168 kg/HP·jam, sedangkan lampu LED cumi-cumi hanya 0,00114 kg/HP·jam. Selisih ini menunjukkan efisiensi energi yang lebih baik pada sistem pencahayaan LED, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh perbedaan daya listrik dan efisiensi konversi energi cahaya dari masing-masing lampu. Namun, pada masing-masing lampu tidak ada perubahan yang signifikan selama pengujian yang diulang sebanyak 6 kali. Kisaran nilai SFC pada lampu MH antara 0,00162-0,00176 kg/HP jam sedangkan pada lampu LED cumi-cumi 0,00109-0,00119 kg/HP jam (Gambar 8). Nilai tertinggi SFC terjadi pada waktu pengulangan ke-3 yaitu lampu MH sebesar 0,00176 kg/HP jam sedangkan lampu LED cumi-cumi sebesar 0,00119 kg/HP jam.

Berdasarkan analisis regresi yang dilakukan bahwa volume konsumsi bahan bakar lampu LED cumi-cumi berpengaruh signifikan terhadap nilai SFC karena nilai  $r^2$  sebesar 96,43% dan nilai *sign.* < 0,05 sebesar 0,00031. Konsumsi bahan bakar pada lampu MH nilai  $r^2$  sebesar 94,27% dan nilai *sign.* < 0,05 yaitu sebesar 0,00126, artinya volume konsumsi bahan bakar yang digunakan pada lampu MH berpengaruh terhadap nilai SFC.



Gambar 10. Grafik nilai *specific fuel consumption* dari lampu LED Cumi-cumi dan MH

Pengujian konsumsi BBM membuktikan bahwa lampu LED cumi-cumi lebih hemat dibandingkan dengan lampu MH. LED cumi-cumi memang menunjukkan performa yang tinggi dibandingkan dengan lampu MH, kaitan akan hal ini pada kekuatan elektronik dan penggunaan konsumsi BBM yang relatif optimum (Yamashita *et al.*, 2012). Pada kapal cumi biasanya penggunaan lampu LED mampu menghemat konsumsi BBM dibandingkan dengan penggunaan lampu MH tanpa mengurangi hasil tangkapan dan biasanya separuh biaya berasal pada penggunaan BBM (Yamashita *et al.*, 2012).

Penggunaan lampu dalam kapasitas besar berdampak pada tingkat konsumsi pada bahan bakar yang semakin tinggi. Adanya lampu LED warna biru mampu menghemat bahan bakar minyak sebesar 23,53% (Kairul, 2017). Lampu LED membutuhkan daya listrik yang rendah, maka konsumsi bahan bakar juga menjadi lebih kecil. Secara umum, semakin besar daya listrik yang digunakan oleh lampu, semakin tinggi pula kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan energi tersebut (Arif *et al.*, 2015). Dalam kegiatan penangkapan cumi-cumi, konsumsi bahan bakar untuk kebutuhan sumber cahaya bahkan dapat mencapai sekitar 50% dari total penggunaan BBM.

Penelitian Wibisono & Baheramsyah (2016) membuktikan bahwa penggunaan lampu LED berpotensi menghemat BBM dengan persentase sebesar 2,58% dari daya lampu LED sebesar 2500 watt dan lampu MH sebesar 1500 watt. Pengujian bahan bakar ini menggunakan generator 4 tak. Efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi pada generator 4 tak disebabkan oleh proses pembakaran yang lebih sempurna dan stabil. Kondisi ini menjadikan generator 4 tak lebih ekonomis dalam penggunaan BBM

dan menjadi pertimbangan utama bagi nelayan dalam upaya penghematan biaya operasional. (Arif *et al.*, 2015).

Meskipun penghematan BBM menjadi indikator penting, analisis lanjutan berbasis hasil tangkapan cumi-cumi (*catch performance*) perlu dilakukan untuk memastikan bahwa efisiensi energi tidak menurunkan efektivitas penangkapan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa efektivitas lampu LED tidak hanya bergantung pada efisiensi energi, tetapi juga pada kemampuan spektrum cahayanya dalam menarik cumi-cumi ke sekitar kapal. Penelitian Nguyen *et al.* (2019) mencatat bahwa penggunaan LED biru meningkatkan *catch per unit effort (CPUE)* cumi-cumi secara signifikan dibandingkan lampu merkuri dan MH pada beberapa jenis perikanan cumi di perairan Vietnam.

Temuan serupa ditunjukkan oleh Sato *et al.* (2018), bahwa pemilihan spektrum cahaya berperan besar dalam respon tingkah laku cumi, sehingga LED dengan panjang gelombang tertentu dapat mempertahankan tingkat hasil tangkapan meskipun menggunakan daya yang lebih rendah. Oleh karena itu, integrasi antara efisiensi bahan bakar dan hasil tangkapan perlu dianalisis secara komprehensif sehingga penghematan BBM dapat berjalan sejalan dengan peningkatan produktivitas dan keberlanjutan operasi penangkapan cumi-cumi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan penelitian ini yaitu sebaran intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi hasil rancang bangun berkisar  $1,21\text{E}-08$ – $1,81\text{E}-08$  watt/cm<sup>2</sup> sedangkan pada lampu MH berkisar  $1,69\text{E}-08$ – $2,20\text{E}-08$  watt/cm<sup>2</sup> pada medium udara. Sebaran nilai intensitas cahaya lampu LED berkisar  $0$ – $2,27\text{E}-008$  watt/cm<sup>2</sup> sedangkan lampu MH berkisar  $6,69\text{E}-010$ – $6,54\text{E}-008$  watt/cm<sup>2</sup> pada medium air. Nilai intensitas cahaya lampu LED cumi-cumi hanya berkurang 10,57% dari lampu MH. Penggunaan BBM pada lampu LED cumi-cumi dan MH memiliki rerata nilai SFC, masing-masing sebesar 0,00168 kg/HP.jam dan 0,00114 kg/HP.jam. Analisa konsumsi BBM pada lampu LED cumi-cumi memiliki efisiensi 40,54% dan lampu MH memiliki selisih 59,46% dengan selisih efisiensi sebesar 19,03%.

Penelitian ini merekomendasikan agar bagian tutup atas dan bawah lampu LED cumi-cumi dibuat dari bahan transparan untuk mengoptimalkan distribusi cahaya, mengingat pada beberapa sudut (0°, 160°, 170°, dan 180°) intensitas terukur bernilai 0 W/cm<sup>2</sup>. Uji lanjutan berupa *uji goncangan*, *uji daya tahan*, dan uji lapangan juga disarankan guna memastikan kinerja lampu dalam kondisi operasional yang sesungguhnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad S., Ari A., Sofiti T., Pina J.E. 2020. Efektifitas Pencahayaan Menggunakan Light Emitting Diode (LED) pada Perikanan Pancing Ulur untuk Menangkap Selar Kuning (*Selaroides leptolepis*) di Perairan Pulau Morotai. Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan. 3(1): 106-118.
- An YII. 2013. Fishing Efficiency of LED. Fishing Lamp for Squid Jigging Vessels. Journal Korea Society Fisheries Technology. 49(4):385-394.
- Arif A.M., Susanto A., Irnawati R. 2015. Konsumsi Bahan Bakar Lampu Tabung dan Lampu LED pada Generator Set Skala Laboratorium. Jurnal Perikanan dan Kelautan. 5(1): 25-32.
- Chen X., Liu B., Chen Y. 2008. A Review of The Development of Chinese Distant-Water Squid Jigging Fisheries. Fisheries Research. 89(2): 211-221.
- Christianto K. 2019. Dampak Peralihan Armada Penangkapan Cast Nets ke Squid Jigging dari Aspek Teknologi Ekonomi dan Sosial [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hua L.T., Xing J. 2013. Research on LED Fishing Light. Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology. 5(16):4138-4141.

- Jung M.S., Lee K.D., Ko J.S., Bae J.H. 2014. Irradiance Distribution Analysis of a Squid Jigging Vessel Using an LED Plus Metal Halide Fishing Lamp Combination Under Optimized Conditions. *Korean Journal of Optics and Photonics*. 25(6): 315-325.
- Kairul. 2017. Penggunaan Lampu Light Emitting Diode (LED) Biru terhadap Hasil Tangkapan Bagan Apung di Kabupaten Aceh Jaya.[Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kuo C.Y., Shen S.C. 2018. Design of Secondary Lens for LED Fishing Lamps to Evaluation Catches Energy Efficiency in Saury Fishing. *IEEE Access*. 6(1): 66664-66673.
- Matsushita Y., Azuno T., Yamashita Y. 2012. Fuel Reduction in Coastal Squid Jigging Boats Equipped with Various Combinations of Conventional Metal Halide Lamps dan Low-Energy LED Panels. *Fisheries Research*. 125-125:14-19.
- Narendran, N., & Deng, L. (2002). Color Rendering Properties of LED Light Sources. *SPIE Proceedings*, 4776, 61–67.
- Nguyen, V. T., Shimoda, K., & Shimatani, Y. (2019). Effects of LED Fishing Lights on Catch Efficiency of Squid Jigging Fisheries in Vietnam. *Fisheries Research*, 217, 84–92.
- Purbayanto A., Riyanto M., dan Fitri A.D.P. 2010. Fisiologi dan Tingkah Laku Ikan pada Perikanan Tangkap. Bogor (ID): IPB Press. Bogor.
- Sato, M., Yamashita, Y., & Nakamura, M. (2018). Behavioral Responses of Squid to Different LED Light Colors and Intensities Under Experimental Fishing Conditions. *Marine Fisheries Review*, 80(3), 27–36.
- Shen S.C., Kuo C.Y., Fang M.C. 2013. Design and Analysis of an Underwater White LED Fish-Attracting Lamp and Its Light Propagation. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 10(183):1-10.
- Shen S.C., Li J.S., Huang M.C. 2014. Design a Light Pattern of Multiple Concentric Circles for LED Fishing Lamps Using Fourier Series and an Energy Mapping Method. *Optics Express*. 22(11): 1-12.
- Sofijanto M.A., Arfiati D., Lelono T.D., Muntaha A. 2019. Efficiency Comparison of LED and MH Lamps in Purse Seine Fisheries. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 19(2): 131-139.
- Sudirman, & Mallawa A. 2004. Teknik Penangkapan Ikan. Jakarta (ID): Rineka Cipta. Jakarta.
- Susanto A. 2019. Pengembangan Teknologi Pencahayaan untuk Perikanan Lift Net yang Hemat Energi dan Ramah Lingkungan [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Susanto A., Irnawati R., Mustahal, Syabana M.A. 2017. Fishing Efficiency of LED Lamps for Fixed Lift Net Fisheries in Banten Bay Indonesia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 17(1):283-291.
- Takahashi K., Abo J., Sadayasu K., Taniguchi M., Hirano M., Takayama G., Yamashita H. 2016. Understanding and Optimization of Squid Jigging Fishing Light Distribution. *Fisheries Engineering*. 52(3): 209-215.
- Wahju R.I., Riyanto M., Sasmita S., Syahlevi R.S., Purwangka F. 2019. Pengukuran Intensitas dan Penetrasi Cahaya Lampu LED (Light Emitting Diode) Bawah Air dan TL (Tubular Lamp) pada Bagan Rakit. *Albacore*. 3(2): 145-153.
- Wibisono S., dan Baheramasyah A. 2016. Analisa Teknis Pemakaian Kombinasi Lampu Metal Halide dan Led sebagai Pemikat Ikan Pada Kapal Pukat Cincin (Purse Seine) dan Pengaruhnya terhadap Konsumsi Bahan Bakar Genset. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5(2):371-376

- Wiratmaja I.G. 2010. Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian Biogasoline. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M. 4(1):16-25.
- Yamashita Y., Matsushita Y., Azuno T. 2012. Catch Performance of Coastal Squid Jigging Boats Using LED Panels in Combination with Metal Halide Lamps. Fisheries Research. 113(1): 182-189.