



Uji Efektivitas Prototype MABOA (*Magic Briket Oil Absorbent*) sebagai Mitigasi Pencemaran Minyak di Lingkungan Perairan

Nur Sakinah Junirahma^{1*}, Mauliddiana Nurul Ilyas², Muhammad Alfian Arifin³,
Romi Dwi Nanda⁴

¹ Program Pendidikan Vokasi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

^{2,3,4} Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat

Korespondensi penulis: sakinah.junirahma@unpad.ac.id

Abstract. Hydrocarbon pollution in marine waters, particularly around fishing ports, reached 6.44 million tons by 2003, largely due to port-related activities that disrupt coastal ecosystems. The financial burden of managing this pollution can cost governments between USD 1,000 to 33,000 per ton in each affected region. Existing mitigation efforts have proven insufficient. This program aims to develop an appropriate and effective technological solution to address hydrocarbon pollution in fishing ports. Through literature reviews, field studies, and equipment testing, a solution called MABOA (*Magic Briquette Oil Absorbent*) was designed. MABOA is an applied technology that consists of a circular net equipped with magic briquettes, an auto-spray system containing hydrocarbon-degrading bacteria, and a microcontroller to manage operations. The magic briquettes absorb oil, while the auto-spray releases *Pseudomonas putida* and *Bacillus* sp., which degrade hydrocarbons trapped within the briquettes. This combination allows both containment and biodegradation of oil spills, making the cleanup process more efficient and environmentally friendly. Experimental results showed that a 3-meter diameter MABOA unit can absorb up to 35,000 mL of hydrocarbons within 3–5 minutes. With a bacterial colony density of 3.5×10^9 , the system achieved 32% degradation of absorbed hydrocarbons within 3–7 days. These results represent the cumulative data from a series of component and system performance tests.

Keywords: Environment, Hydrocarbon Pollutant, Oil Adsorbant

Abstrak. Pencemaran hidrokarbon di perairan laut, terutama di sekitar pelabuhan perikanan, mencapai 6,44 juta ton pada tahun 2003, sebagian besar disebabkan oleh aktivitas terkait pelabuhan yang mengganggu ekosistem pesisir. Beban keuangan untuk mengelola pencemaran ini dapat membebani pemerintah antara USD 1.000 hingga 33.000 per ton di setiap wilayah yang terkena dampak. Upaya mitigasi yang ada terbukti tidak memadai. Program ini bertujuan untuk mengembangkan solusi teknologi yang tepat dan efektif untuk mengatasi pencemaran hidrokarbon di pelabuhan perikanan. Melalui tinjauan pustaka, studi lapangan, dan pengujian peralatan, solusi yang disebut MABOA (*Magic Briquette Oil Absorbent*) dirancang. MABOA adalah teknologi terapan yang terdiri dari jaring melingkar yang dilengkapi dengan briket ajaib, sistem penyemprot otomatis yang berisi bakteri pendegradasi hidrokarbon, dan mikrokontroler untuk mengelola operasi. Briket ajaib menyerap minyak, sementara penyemprot otomatis melepaskan *Pseudomonas putida* dan *Bacillus* sp., yang mendegradasi hidrokarbon yang terperangkap di dalam briket. Kombinasi ini memungkinkan penahanan dan biodegradasi tumpahan minyak, menjadikan proses pembersihan lebih efisien dan ramah lingkungan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa unit MABOA berdiameter 3 meter dapat menyerap hingga 35.000 mL hidrokarbon dalam waktu 3–5 menit. Dengan kepadatan koloni bakteri $3,5 \times 10^9$, sistem mencapai degradasi 32% hidrokarbon yang diserap dalam waktu 3–7 hari. Hasil ini merupakan data kumulatif dari serangkaian pengujian kinerja komponen dan sistem.

Kata kunci: Lingkungan, Polutan Hidrokarbon, Penyerap Minyak

1. LATAR BELAKANG

Laporan dari Badan Dunia *Group of Expert on Scientific Aspects of Marine Protection* (GESAMP) dalam Sulistyono (2012), hingga tahun 2003 mencatat sekitar 6,44 juta ton per tahun kandungan senyawa hidrokarbon masuk ke dalam perairan laut dunia.

Sumber tersebut berasal dari transportasi laut sebesar 4,63 juta ton/tahun meliputi operasi

kapal tanker, perbaikan dan perawatan kapal (*docking*), *Scrapping* kapal dan kecelakaan tanker, selain itu berasal dari instalasi pengeboran lepas pantai sebesar 0,18 juta ton/tahun dan dari sumber lain termasuk industri dan pemukiman sebesar 1,38 juta ton/tahun. Dampak tumpahan minyak secara spesifik menunjukkan pengaruh negatif yang penting terhadap lingkungan pesisir dan perairan laut terutama melalui kontak langsung dengan organisme perairan, dampak langsung terhadap kegiatan perikanan termasuk pariwisata laut dan dampak tidak langsung melalui gangguan terhadap lingkungan. Dampak langsung terhadap organisme perairan meliputi dampak *lethal* (kematian), *sublethal*, plankton dan ikan migrasi.

Selain tumpahan minyak itu sendiri, masalah lain yang juga kompleks adalah pembersihan tumpahan minyak (*clean-up*) karena dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada komunitas lahan basah termasuk penurunan tingkat pertumbuhan tanaman dan penurunan populasi organisme bentik (Mauludiyah dan Mukhtasor, 2009). Penanggulangan pencemaran limbah minyak dilakukan secara kimia, fisika dan biologi. Salah satu contoh penanggulangan secara biologi adalah dengan memanfaatkan bakteri pendegradasi (Ristiati dan Mulyadiharja, 2014), eceng gondok (*Eichornia crassipes*) (Yatim, 2001 *dalam* Valentina *et al.*, 2013) dan sekam padi.

Eceng gondok yang selalu dianggap merugikan, ternyata memiliki berbagai manfaat diantaranya eceng gondok dapat digunakan sebagai agen pembersih bagi perairan yang tercemar oleh logam-logam berat dan mengurangi tingkat kekeruhan air. Eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik (Widianto, 1986 *dalam* Valentina, 2013). Kandungan kimia aktif pada eceng gondok adalah saponin, flavonoida dan polifenol. Selain itu eceng gondok juga mempunyai kandungan selulosa sebesar 18,2% dari total berat kering. Selulosa merupakan bahan penyusun serat pada tumbuhan (Valentina, 2013).

Sekam padi merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai adsorben. Sifat dari sekam padi ini adalah rendah gizinya, tahan terhadap pelapukan, memiliki kandungan abu yang tinggi, berdifat abrasif, menyerupai kandungan kayu, serta memiliki kandungan karbon cukup tinggi (Danarto, 2007 *dalam* Nurhasni *et al.*, 2014). Setyaningtyas (2005) *dalam* Nurhasni *et al.* (2014), menyatakan bahwa abu sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben karena mempunyai gugus aktif seperti Si-O-Si dan Si-OH.

Pseudomonas putida merupakan salah satu bakteri yang mampu mendegradasi senyawa *Poli Aromatic Hidrokarbon* (PAH) dan mampu memanfaatkan naftalen, phenantren dan BTEX sebagai substrat. Bakteri ini mampu menghasilkan biosurfaktan viscosin dan lipopeptida. *Bacillus* sp. mampu mendegradasi senyawa fenol terhalogenasi dan senyawa hidrokarbon bentuk parafin. Bakteri juga mampu menghasilkan biosurfaktan yang diekskresikan ke lingkungan untuk membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dalam senyawa organik dan meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam air melalui pelarutan ataupun emulsifikasi. Dengan teremulsifikasinya senyawa hidrokarbon akan meningkatkan kinerja bakteri dalam mendegradasi hidrokarbon (Hamme, 2003 dalam Sopiah *et al.*, 2011). Dengan demikian tujuan dari program ini adalah untuk menguji kemampuan dari komponen MABOA yang telah didesain meliputi daya degradasi bakteri dalam *auto-spray* dan kemampuan daya serap *magic briket* arang aktif eceng gondok dan sekam padi terhadap senyawa hidrokarbon. Sehingga nantinya didapatkan desain alat yang mampu memecahkan dan mengatasi permasalahan lingkungan berupa pencemaran senyawa hidrokarbon di perairan secara tepat guna, ramah lingkungan dan murah serta membantu mengatasi ledakan jumlah tanaman gulma dan sampah sekam padi hasil panen petani.

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data untuk Menganalisis Permasalahan

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari segala hal yang berhubungan dengan:

- a. Teori mengenai sistem kerja dari daya absorbansi formula briket eceng gondok dan sekam padi terhadap tumpahan minyak di pelabuhan.
- b. Teori mengenai pengaruh kehadiran bakteri *Pseudomonas putida* dan *Bacillus* sp. dalam proses pembersihan/degradasi tumpahan minyak.
- c. Teori mengenai dampak tumpahan minyak terhadap perairan disekitar pelabuhan.

Pengumpulan data lapang dilakukan untuk mengkomparansi data pada tinjauan pustaka, mengetahui secara langsung permasalahan sekitar pelabuhan terkait tumpahan minyak dan untuk mengetahui sejauh mana nilai kemanfaatan dari pengaplikasian alat penyerap dan pendegradasi minyak di perairan.

Perancangan Prototype MABOA

Dalam perancangan MABOA (*Magic briket Oil Absorbnet*) ada 4 bagian, yaitu:

a. Perancangan elektrik

Dalam perancangan elektrik MABOA dilakukan beberapa tahapan antara lain:

- 1) Pembuatan blok diagram sistem elektrik.
- 2) Pembuatan rancangan dari rangkaian sistem elektrik.

b. Pembuatan rancangan *auto-spray*

Dalam Proses pembuatan rancangan *auto-spray* dilakukan beberapa tahapan antara lain:

- 1) Pembuatan blog diagram mekanisme kerja *auto-spray* dan desain *casing auto-spray*.
- 2) Pembuatan desain *auto-spray* dan *casing auto-spray*.

c. Pembuatan desain magic briket

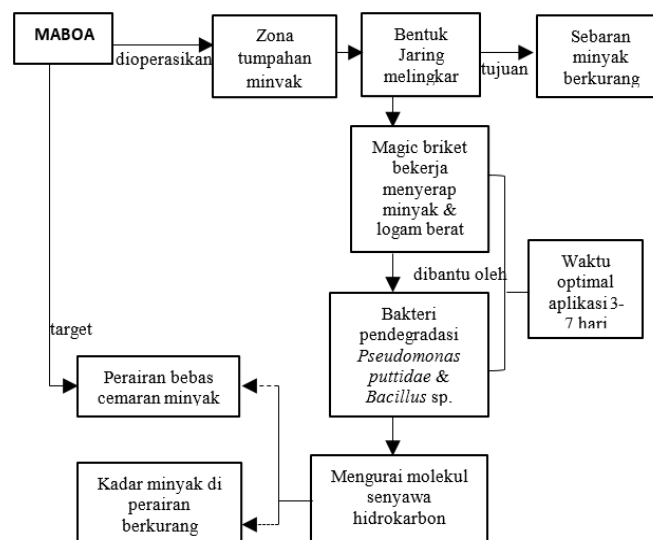
Dalam Proses pembuatan rancangan *magic briket* dilakukan beberapa tahapan antara lain:

- 1) Pembuatan diagram desain *magic briket*.
- 2) Pembuatan desain *magic briket*.

d. Perancangan Pemrograman *Blueprint*

Dalam perancangan perangkat lunak (*software*) dari sebuah alat, terdapat langkah sebagai berikut:

- 1) Pembuatan algoritma (*flowchart*) dari sistem pada alat.
- 2) Pembuatan program dari alat.



Gambar 1. Diagram desain mekanisme kerja MABOA (*Magic briket Oil Absorbent*)

Keterangan :

————→ : Alur Tahap

-----→ : Alur Efek

Adapun desain mekanisme dari MABOA dalam menyerap dan mendegradasi tumpahan minyak di perairan sekitar pelabuhan adalah sebagai berikut. Ketika MABOA ditebar dengan bentuk melingkar pada zona perairan yang tercemar, rangkaian jarring dengan komponen *magic briket* berisi arang aktif eceng gondok dan sekam padi akan menyerap minyak dan akan terakumulasi dalam badan *magic briket* serta mencegah perluasan zona pencemaran tumpahan minyak tersebut semakin melebar. Komponen *auto-spray* akan secara otomatis menyemprotkan cairan yang berisikan bakteri pendegradasi *Pseudomonas puttidiae* dan *Bacillus* sp. diatas permukaan perairan yang terkena tumpahan minyak setiap 30menit. Bakteri digunakan untuk mempercepat proses penguraian hidrokarbon sehingga proses pembersihan menjadi lebih efektif.

Pengujian Komponen MABOA**a. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan antara lain, tungku pembakaran, toples bening, pembakar spiritus, timbangan digital-analitik, gelas ukur, beaker glass, pipet volume, pipet serologis, Baskom, tungku pembakaran, Corong Pisah, Tabung reaksi, kotak sterilisasi dan Erlenmeyer.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah *Pseudomonas puttidiae* dan *Bacillus* sp., Air laut, Eceng gondok, Sekam padi, KAYu bakar, oli, Ayakan, Media TSA, Alkohol, spiritus, kapas.

b. Pengujian komponen magic briket

Uji coba komponen magic briket berisi arang aktif dilakukan untuk mengetahui daya serap dan kecepatan serap terhadap senyawa hidrokarbon. Uji coba dilakukan dalam skala kecil di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Arang aktif yang telah ditimbang berat awalnya ditebarkan di atas permukaan media air laut yang diberi larutan senyawa hidrokarbon dan diamati lama proses penyerapannya dengan menggunakan stopwatch serta kenampakan visualisasinya. Kemudian arang aktif ditimbang pada timbangan digital dan dianalisa dengan menggunakan rumus :

$$\text{Daya serap} = \frac{\text{Berat Akhir} - \text{Berat awal Arang Aktif}}{\text{Berat akhir Arang Aktif}} \times 100\%$$

c. Pengujian daya degradasi bakteri dalam *Auto-spray*

Uji coba komponen *auto-spray* yang berisikan bakteri pendegradasi bertujuan mengetahui kemampuan degradasi bakteri terhadap senyawa hidrokarbon yang dilakukan dalam skala kecil di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya sehingga didapatkan gambaran secara keseluruhan kemampuan komponen *auto-spray*. Data diperoleh dengan mengamati dan menganalisa kepadatan bakteri dan sisa senyawa hidrokarbon yang ada. Indukan bakteri yang telah didapat dari hasil kultur dengan media TSA sebelumnya dimasukkan dalam wadah beaker glass berisi air laut 100mL yang telah disterilisasi dengan penambahan larutan senyawa hidrokarbon sebanyak 1 mL. Wadah kemudian ditutup dengan plastik warp dan dimasukkan pada etalase bersuhu 36°C. Sampel didiamkan selama 5 hari. Pada hari ke-3 dan ke-5 diambil sampel sebanyak 1mL dan dilakukan analisa kepadatan koloni bakteri dengan metode tanam pada media TSA. Kepadatan bakteri diukur dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n1) + (0,1 \times n2)] \times (d)}$$

Keterangan :

N : jumlah koloni produk per mL
atau per gr

$\sum C$: koloni dalam cawan yang
terhitung

n1 : jumlah cawan pada pengenceran
pertama yang dihitung

n2 : jumlah cawan pada pengenceran
kedua yang dihitung

d: pengenceran pertama yang dihitung

Sisa senyawa hidrokarbon yang ada setelah proses degradasi dilakukan pengukuran dengan cara mengambil beaker glass berisi sampel, kemudian dimasukkan kedalam corong pisah. Ditunggu hingga terbentuk lapisan diantara sampel air laut dan senyawa hidrokarbon. Kemudian di buang sampel air laut dan diukur sisa minyak yang ada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Efisiensi Daya Serap Arang Aktif dalam *Magic Briket* Terhadap Minyak Bumi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan komposisi arang aktif eceng gondok dan sekam padi dengan perbandingan berat 50:50 dan didapatkan hasil seperti yang tersaji dalam tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi daya serap karbon aktif terhadap senyawa hidrokarbon

No.	Volume senyawa hidrokarbon (oli) yang terserap	Berat Awal Arang Aktif (Berat Kering)	Berat Akhir Arang Aktif (Berat Kering)	Waktu Penyerapan arang aktif	Persentase Daya Serap Arang Aktif
1	5 mL	10 gram	12.7 gram	36 s	21.25%
2	15 mL	10 gram	16.4 gram	110 s	39.02%
3	25 mL	10 gram	19.3 gram	173 s	48.18%



Gambar 2. Proses penimbangan *Magic Briket* setelah uji Efisiensi Daya Serap Arang Aktif

Terlihat dari hasil penelitian bahwa arang aktif eceng gondok dan sekam padi mampu menyerap senyawa hidrokarbon yang ditunjukkan dengan penurunan jumlah volume yang ada. Hal tersebut terjadi karena setelah mengalami proses aktivasi secara fisis dimana mengalami proses karbonasi dengan suhu tinggi dalam waktu tertentu, terbentuklah pori-pori baru yang semakin banyak sehingga menambah luasan serapan arang aktif eceng gondok dan sekam padi. Efisiensi penyerapan tertinggi terlihat hingga 48.18% dimana

arang aktif dalam magic briket dengan bobot 10gram mampu secara optimal menyerap 25mL senyawa hidrokarbon/miyak bumi dalam jangka waktu ± 5 menit. Sehingga dalam prototype MABOA apabila berat arang aktif dan jumlah magic briket ditambah maka mampu menyerap lebih banyak senyawa hidrokarbon yang ada. Desain MABOA menempatkan magic briket berisikan arang aktif masing-masing sebesar 100 gram, sehingga dapat diakumulasi bahwa 1 komponen magic briket dapat menyerap minyak sebesar 250mL. Serapan minyak akan bertambah sesuai jumlah magic briket yang ada dan berat arang aktif dalam magic briket.

Analisa Efisiensi Daya Degradasi Bakteri Pengurai dalam Auto-spray

Hasil serangkaian uji coba yang dilakukan dalam skala kecil dalam Laboratorium dimana variabel yang diamati adalah laju pertumbuhan bakteri dan senyawa hidrokarbon yang tersisa pada hari ke-0, ke-3 dan ke-5 disajikan dalam tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kepadatan bakteri pada media dengan penambahan senyawa hidrokarbon

No	Jenis Bakteri	Hari ke-	Kepadatan (CFUE/mL)	Sisa senyawa hidrokarbon	Daya degradasi (%)
1	<i>Pseudomonas putridae</i>	0	4.8×10^6	1 mL	0%
		3	5.1×10^8	0.75 mL	25%
		5	6.3×10^6	0.67 mL	33%
2	<i>Bacillus sp.</i>	0	1.19×10^7	1 mL	0%
		3	2.3×10^{10}	0.83 mL	17%
		5	4.1×10^8	0.72 mL	28%



Gambar 3. Koloni bakteri yang tumbuh pada uji Efisiensi Daya Degradasi Bakteri Pengurai

Pertumbuhan bakteri terlihat memiliki fase yang hampir sama dimana pada hari ke-3 sama-sama mengalami kenaikan jumlah koloni sedangkan pada hari ke-5 mengalami penurunan jumlah koloni. Secara umum fase hidup bakteri melewati fase lag, fase log

(eksponensial), fase stasioner dan fase kematian. Sesuai dengan pernyataan Hajar (2012), Fase lag adalah fase adaptasi fisiologis sel pada kondisi pemeliharaan yang digunakan oleh mikroorganisme untuk melakukan pembesaran sel, sintesis DNA, enzim dan ribosom. Fase eksponensial dicirikan sebagai periode pembelahan sel maksimum yang berlangsung selama sel mendapat nutrisi yang cukup dan kondisi lingkungan yang mendukung. Fase stasioner ditandai dengan tidak adanya kenaikan atau penurunan jumlah sel yang disebabkan oleh jumlah sel seimbang dengan jumlah sel yang mati. Kematian sel dapat disebabkan oleh jumlah nutrisi dan oksigen yang menipis serta penumpukan asam organik dan senyawa biokimia yang bersifat toksik bagi sel akibat peningkatan sel. Fase kematian dengan laju yang cepat karena jumlah nutrisi semakin menipis dan pembentukan sisa metabolisme yang semakin terakumulasi.

Kenaikan jumlah koloni pada hari ke-3 mengindikasikan adanya fase pembelahan sel maksimal bakteri sebagai akibat pemanfaatan senyawa hidrokarbon untuk sumber energi hidup. Hal tersebut juga terlihat pada senyawa hidrokarbon yang mengalami penurunan volume secara signifikan yang terjadi akibat proses penguraian/pemotongan rantai panjang hidrokarbon oleh bakteri. *Pseudomonas* sp. merupakan bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon. *Pseudomonas putida* merupakan salah satu bakteri yang mampu mendegradasi senyawa *Poli Aromatic Hidrokarbon* (PAH), mampu memanfaatkan naftalen, phenantren dan BTEX sebagai substrat. *Bacillus* sp. mampu mendegradasi senyawa fenol terhalogenasi (Sopiah *et al.*, 2011) dan senyawa hidrokarbon bentuk parafin (Herdiyantoro, 2005). Selain itu bakteri mampu menghasilkan biosurfaktan yang diekskresikan ke lingkungan untuk membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dalam senyawa organik dan meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dan berpotensi untuk digunakan dalam upaya bioremediasi lingkungan akibat pencemaran hidrokarbon. Penurunan jumlah koloni bakteri pada hari ke-5 diasumsikan sebagai akibat akumulasi sisa metabolik bakteri yang bersifat toksik atau substrat hidrokarbon yang dapat dimanfaatkan oleh bakteri telah berkurang.

Dari data yang diperoleh dapat dianalisa bahwa setiap 1mL mampu berisi koloni bakteri rata-rata sebesar 3.5×10^9 CFU/mL dengan daya degradasi sebesar 32% dari 1mL senyawa hidrokarbon yang ada selama kurang dari 7hari. Komponen *Auto-spray* dalam prototype MABOA sendiri memiliki kemampuan menyemprotkan cairan sebanyak 3-5mL. Dalam 1 rangkaian jaring MABOA berisi 4 auto-spray yang secara otomatis setiap 30menit akan menyemprotkan cairan berisi bakteri secara terus menerus selama 7 hari. Bakteri akan

terus berkembang dan memanfaatkan senyawa hidrokarbon yang ada dan akan berkurang jumlahnya ketika senyawa hidrokarbon dalam perairan telah menurun jumlahnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Komponen *Auto-spray* dalam rangkaian MABOA dengan kemampuan menyemburkan cairan berisi bakteri pendegradasi sebesar 3-5mL dapat berisikan koloni bakteri dengan kepadatan 3.5×10^9 CFUE/mL dan mampu mendegradasi 32% dari 1mL senyawa hidrokarbon yang ada. Sedangkan untuk komponen *magic briket*, dalam 10gram arang aktif mampu menyerap senyawa hidrokarbon hingga 25mL selama ± 5 menit dengan efisiensi daya serap sama dengan 48.18%. Sehingga data tersebut dapat menjadi titik acuan kemampuan masing-masing komponen untuk desain MABOA sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak DIKTI yang telah memberikan bantuan dana sehingga dapat terlaksanannya serangkaian penelitian dan uji coba desain prototype alat pendegradasi minyak bumi yakni MABOA dan pihak dosen yang telah membimbing, kawan-kawan yang telah membantu proses pelaksanaan, serta dukungan moral keluarga team pelaksana.

DAFTAR REFERENSI

- Hajar, D. (2012). *Isolasi, identifikasi dan analisis kemampuan degradasi hidrokarbon bakteri tanah sampel B, Cilegon, Banten* (Skripsi, Universitas Indonesia). Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia.
- Herdiantoro, D. (2005). *Biodegradasi hidrokarbon minyak bumi oleh Bacillus sp. galur ICBB 7859 dan ICBB 7865 dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah dengan penambahan surfaktan* (Tesis, Institut Pertanian Bogor). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mauludiyah, & Mukhtasor. (2009). Perhitungan skala biaya akibat tumpahan minyak: Relevansi untuk perairan Indonesia. *Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*, 119–128.
- Nurhasni, Hendrawati, & Saniyyah, N. (2014). Sekam padi untuk menyerap ion logam tembaga dan timbal dalam air limbah. *Valensi*, 4(1), 36–44.
- Ristiati, N. P., & Mulyadiharja, S. (2014). Pengembangan briket jerami padi (*Oryza sativa*) yang mengandung isolat bakteri pendegradasi minyak bumi sebagai upaya mengatasi pencemaran di perairan laut. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(1), 324–334.

- Sopiah, N., Oktaviani, A. N., Sulistia, S., & Aviantara, D. B. (2011). Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi hidrokarbon yang berasal dari tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(3), 291–298.
- Sulistyono. (2012). Dampak tumpahan minyak (*oil spill*) di perairan laut pada kegiatan industri migas dan metode penanggulangannya. *Forum Teknologi*, 3(1), 49–57.
- Valentina, A. E., Miswadi, M., Sudarni, S., & Latifah, L. (2013). Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 1–10.