

# PENDEKATAN BIOMIMICRY PADA DESAIN SARANA SEARCH AND RESCUE DENGAN TEKNOLOGI ADDITIVE MANUFACTURING

Bismo Jelantik Joyodiharjo<sup>1</sup>, Yasraf Amir Piliang<sup>2</sup>, Dwinita Larasati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Seni Rupa dan Desain, Institut Teknologi Bandung  
email: bismojo@itb.ac.id

<sup>2</sup>Fakultas Seni Rupa dan Desain, Institut Teknologi Bandung  
email: ya\_piliang@yahoo.com

<sup>3</sup>Fakultas Seni Rupa dan Desain, Institut Teknologi Bandung  
email: titalarasati@gmail.com

## ABSTRACT

*As a young species of 200.000 years, human is part of earth ecosystem. For 3.8 billion years, other living beings have evolved, adapting and selected by nature, until we came and disrupt the balance. Population growth and climate change impact all of earth's ecosystem. Urbanization and deforestation resulted in flooding in parts of Indonesia. Flooding is worse in urban areas as more risks involved. The Search and Rescue operation can benefit from remote controlled unmanned vehicles to help save people. Conventional propulsion uses propeller, however in urban flooding condition, there are lots of debris in the water and the propeller can get stuck. Biomimicry uses nature's genius to solve problem with emphasis on sustainability. This approach seeks nature's advice in designing an alternative solution to the propeller problem in certain condition. Mobuliform swimmers, such as Manta Rays, present a model of efficient and debris-proof propulsion that can be used in the search and rescue unmanned vehicles. This paper will highlight the Biomimicry process in designing a Search and Rescue vehicle, called RCM3D-SAR that uses inspiration from Manta Ray's pectoral fins. The design is based on additive manufacturing technology and form follows function approach.*

**Keywords:** additive manufacturing, biomimicry, mobuliform, 3D print.

## I. PENDAHULUAN

Kejadian banjir di Indonesia telah terjadi 187 kali sepanjang awal 2019, dengan 177431 manusia terdampak dan mengungsi, 60 ribu rumah rusak dan tenggelam, serta 96 korban jiwa dan 80 luka-luka (BNPB, 10 Maret 2019). Sesuai dengan UU No. 29 tahun 2014 pencarian dan pertolongan adalah segala usaha dan kegiatan mencari, menolong, menyelamatkan, dan mengevakuasi manusia yang menghadapi keadaan darurat dalam kecelakaan, bencana, atau kondisi membahayakan manusia.

Badan SAR Nasional mengatakan korban tenggelam membutuhkan respon atau penanganan yang cepat dengan tidak melupakan faktor keselamatan penyelam saat melakukan pencarian, misalnya hipotermia. Peralatan berupa robot atau *unmanned vehicle* yang digunakan untuk penyelenggaraan pencarian dan pertolongan di air dapat membantu meringankan tugas tim SAR yang berpengaruh terhadap proses pencarian dan pertolongan di air.

Permukaan air pada banjir di daerah perkotaan, memiliki banyak material apung, sampah plastik atau daun yang dapat menghambat propulsi konvensional yang menggunakan baling-baling, sehingga membutuhkan pendekatan lain. Metode Biomimicry menggunakan bentuk, susunan, fungsi dan pengalaman alam yang telah berevolusi selama 3.8 milyar tahun, untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi oleh manusia. Dengan mempelajari hewan atau tanaman yang terdapat di alam Indonesia (khususnya ikan pari manta) maka karakteristik gerakan badan ikan tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sistem penggerak pada sarana SAR, serta dapat mengatasi permasalahan yang diakibatkan kotoran pada permukaan air. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) pada awal tahun 2014 ini telah menetapkan pari manta sebagai jenis ikan yang dilindungi penuh melalui Kepmen KP No 4 Tahun 2014 tentang Penetapan Status Perlindungan Penuh Pari Manta, sehingga pemanfaatan dalam sudut pandang desain produk diharapkan juga dapat membantu pelestarian dan pengertian masyarakat atas perlindungan dan pelestarian habitatnya.

## II. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBARAN HIPOTESIS

Sistem penggerak konvensional pada perahu atau sarana yang digunakan di air sudah berkembang dan bekerja baik pada kondisi normal. Penggunaan baling-baling efektif dan efisien karena memanfaatkan putaran dari mesin bakar atau elektrik secara langsung atau direduksi dengan transmisi, dengan output berupa putaran juga. Pada saat tertentu, terdapat permasalahan dalam fungsi propulsi yang menggunakan baling-baling. Ketika banjir, kawasan yang sebelumnya kering menjadi terendam air, sehingga banyak kotoran yang tercampur. Kotoran tersebut dapat terhisap pada arus yang dihasilkan oleh baling-baling dan kemudian menyangkut.

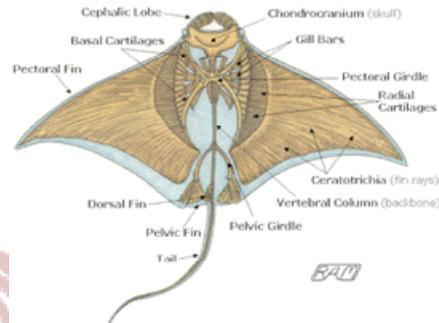


Gambar 1. Baling-baling yang tersangkut kotoran. Sumber: Emrhys Barrell, April 14, 2015, diunduh dari <https://www.yachtingmonthly.com/gear/propeller-rope-cutter-test-30012>

Permasalahan baling-baling yang menyangkut pada kotoran dapat diatasi dengan alternatif sistem penggerak berbasis inspirasi dari alam yang dapat dipergunakan pada kondisi air kotor dan berisiko tinggi. Hal ini memungkinkan penggunaan sarana yang didesain pada saat banjir, di mana banyak kotoran yang semula berada di dasar permukaan kering menjadi naik dan tercampur oleh air. Kotoran yang tercampur ini memiliki densitas yang beragam, sehingga berada dalam banyak tingkat kedalaman permukaan air. Sampah dengan densitas ringan, misalnya plastik dan daun-daunan akan mengapung atau berada pada kedalaman yang dangkal sehingga menjadi risiko ketika menggunakan baling-baling.

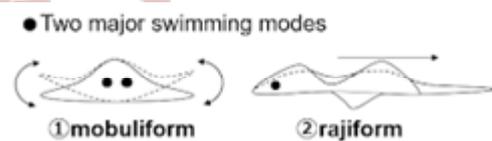
Biomimicry menggunakan pendekatan alam untuk menyelesaikan masalah. Dengan mempelajari sistem, susunan, pola dan fungsi dari alam, kemudian mengabstraksi dan menggabungkan dengan inovasi desain dan teknologi, kita dapat mencari solusi pada permasalahan baling-baling yang menyangkut pada

kotoran. Tahap pertama adalah mengamati bagaimana alam bergerak pada kondisi air yang banyak kotoran, misalnya ikan yang dapat bermanuver dengan baik padahal airnya bercampur dengan kotoran nabati maupun hewani.



Gambar 2. Kerangka dari ikan Pari Manta. Sumber: Petrel (2009) diunduh dari <http://www.elasmo-research.com>

Ikan pari manta merupakan makhluk alam yang memiliki sistem penggerak alami yang unik. Termasuk keluarga hiu, ikan ini beradaptasi dan berevolusi baik dari fungsi dan bentuk. Dengan sirip penggerak horizontal dan bentuk yang mendatar, hewan ini berbeda dengan ikan pada umumnya. Dengan menggerakkan sirip yang menyatu dengan tubuhnya, ikan pari manta memiliki layout yang dapat dipergunakan sebagai inspirasi untuk sarana air. Sebagai bagian dari ikan-ikan *batoidea*, ikan pari manta bergerak dengan mengepak sirip dada (*pectoral fins*) yang sangat besar. Mereka adalah perenang yang sangat efisien dan dapat bergerak cepat dengan jarak yang jauh.



Gambar 3. Dua mode gerakan renang ikan pari manta. Sumber: Urai, K. Ishiguro Lab, 2015, diunduh dari <http://member.irl.sys.es.osaka-u.ac.jp/urai-1/research-interests>

Ada dua gerakan utama renang yang menjadi karakteristik ikan ini, yaitu *mobuliform* dan *rajiform*. *Mobuliform* adalah mengepaskan sirip dada ke atas dan ke bawah, menyerupai gerakan sayap pada burung. Sedangkan gerakan *rajiform* adalah penggunaan lebih dari satu gelombang pada sirip disaat yang bersamaan, sehingga dapat menghasilkan kemampuan manuver yang gesit.



Gambar 4. Urutan gerakan mobuliform pada sirip dada ikan Pari Manta yang menghasilkan propulsi. Sumber: Morton, J. dalam Fish, F.E., 2016.

Biomimicry adalah emulasi secara sadar dari kepintaran alam. Dengan intensi aktif dalam mencari prinsip dan strategi alam sebelum mendesain sesuatu (Benyus, J). Lebih mendalam lagi, emulasi adalah meniru pelajaran desain secara cermat dalam hal yang kita pelajari dari dunia natural di alam, dengan pertimbangan utama yaitu keberlanjutan. Selama 3,8 milyar tahun alam telah berevolusi, adaptasi dan bertahan, jauh melebihi *research and development* dari produk industri yang telah diciptakan oleh manusia sampai era 4.0 ini. Bentuk, proses dan sistem merupakan alat inovasi dalam melihat alam sebagai sumber inspirasi.

10 pola pemersatu alam:

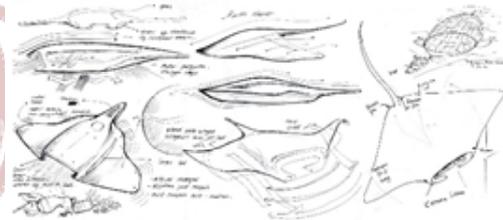
1. Alam hanya menggunakan energi bebas secara secukupnya.
2. Alam mendaur ulang semua materialnya.
3. Alam bertahan terhadap gangguan.
4. Alam cenderung mengoptimalkan daripada memaksimalkan.
5. Alam menyediakan keuntungan bersama.
6. Alam bekerja berdasarkan informasi.
7. Alam menggunakan bahan dan material yang aman bagi makhluk hidup.
8. Alam dibangun menggunakan sumber daya yang melimpah, menggabungkan sumber daya langka secara hemat.
9. Alam bersifat selaras dan responsif pada lingkungan sekitarnya.
10. Alam menggunakan dan memanfaatkan bentuk untuk menentukan fungsionalitas.

Alam memanfaatkan material dan sumber daya yang tersedia secara optimal dan efisien. Dalam proses kehidupannya tidak menciptakan polusi atau zat kimia yang tidak dapat didaur ulang. Secara garis

besar, alam memanfaatkan reinkarnasi dan *upcycle*. Contohnya dimulai dari pohon, jamur, tikus, elang, bakteri, kompos, kembali menjadi kayu dan berputar kembali.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap desain dimulai dengan proses pencarian ide dan visual brainstorming. Tujuan utama dari proses ini adalah desain yang inovatif namun dapat diproduksi. Pendekatan konseptual digabung dengan praktikal. Konsep biomimicry yang memanfaatkan kemampuan alam dalam memecahkan permasalahan, diabstraksi untuk kemudian diproses menjadi desain yang solutif serta mampu diproduksi.



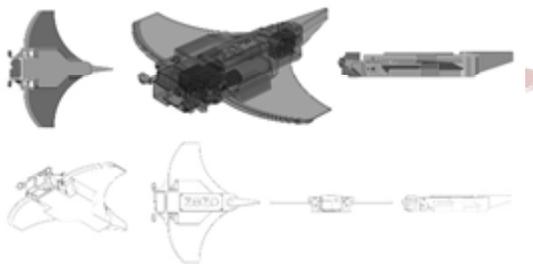
Gambar 5. Sketsa brainstorming biomimicry alternatif fungsi dari ikan Pari Manta. Sumber: Catatan kuliah DP3007, Mahasiswa: Lintang, R dan Baras, M.A., Dosen: Joyodiharjo, B.J., 2019.

Proses *brainstorming* tersebut dilanjutkan dengan analisa struktur dan fungsi (gambar X) untuk menghasilkan batasan desain. Batasan desain tersebut kemudian dikembangkan secara digital untuk menghasilkan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa komponen sesuai fungsinya.

General biomimetic design process	The structural biomimetic design method (ray method)	Tools, templates and guidelines
Biological systems: Encounter a biological system	1. Batoides, ikan dengan sirip dada besar	Ikan Pari Manta
Bridging to technology: Identify analogical application	2. Sirip dada besar untuk propulsi yang efisien dan optimal di air yang kotor	
Abstraction: Biological solution abstraction	3. Penggerak, pengarah	Gerakan naik turun sirip
	4. Sirip dada, badan pipih, ekor	Sirip keras dan lembut
	5. Sumber daya gerak dan manuver	Model rapid prototype
	6. Bergerak mobuliform	Dua sirip utama
Transfer: Transfer the solution to the biomimetic application	7. Aplikasi gerak ideal	Manuver seperti tank
	8. Propulsi mobuliform	
	9. Sarana gerak dengan sirip dada ikan Pari Manta	
	10. Dapat bergerak di air yang banyak kotoran	Desain 3D dengan propulsi mobuliform

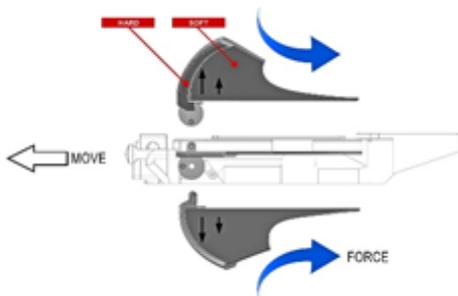
Gambar 6. Penerapan struktur fungsi ikan Pari Manta untuk aplikasi Propulsi, pada biomimetic design flow, Cohen, Y. H. dan Reich, Y., Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability, hal. 123

Desain yang dibuat diberi nama RCM3D-SAR yang merupakan singkatan dari *Remote Controlled Manta Ray 3D Search and Rescue*. Penggunaan metode digital dibutuhkan untuk menghasilkan desain yang presisi dan mudah untuk disesuaikan dengan komponen penggerak yang tersedia di pasaran. Desain komponen yang akan diprint 3D juga mempertimbangkan kemudahan dalam proses produksi, dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu efisiensi material. Pendekatan *form follows function* digunakan untuk mendukung konsep desain yang ramah lingkungan. Desain RCM3D-SAR ini menghindari kompleksitas, baik dalam tahap produksi, penggunaan maupun pemeliharaan.



Gambar 7. Gambar tampak dan isometri, desain rapid prototype RCM3D-SAR, Sumber: Joyodiharjo, B.J., 2019.

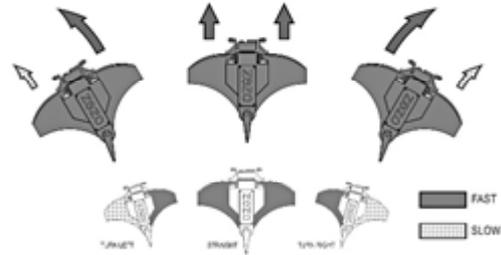
Propulsi diperoleh dari putaran motor listrik yang ditransmisikan melalui poros engkol dan *link-age* sehingga menghasilkan gerakan tarik dan dorong. Gerakan tersebut disambung dengan sirip dengan material sirip keras yang bergerak naik turun. Sirip tersebut disambung dengan material sirip lembek, sehingga menghasilkan dorongan air ke belakang, seperti gerakan *mobuliform* pada ikan Pari Manta.



Gambar 8. Mekanisme gerak mobuliform dari RCM3D-SAR. Sumber: Joyodiharjo, B.J., 2019.

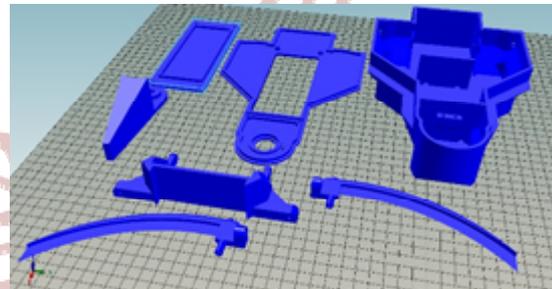
Manuver RCM3D-SAR ini menggunakan prinsip sederhana seperti yang digunakan pada banyak kendaraan dengan *dual propulsion*. Perahu

katamaran dan tank menggunakan perbedaan daya atau kecepatan pada salah satu bagiannya untuk berbelok. Gerakan *mobuliform* dapat diatur independen pada sirip kiri dan kanan (gambar 9).



Gambar 9. Mekanisme manuver dari RCM3D-SAR. Sumber: Joyodiharjo, B.J., 2019.

Optimasi pada desain komponen dalam sistem penggerak dan badan dari RCM3D-SAR ini dilakukan sejak awal untuk mendukung metode produksinya. Pendekatan *additive manufacturing*, khususnya FDM (*Fused Deposition Modeling*) yang hemat energi dan material, menghindari penggunaan support material dalam jembatan atau bentuk yang menggantung. Desain setiap komponen mempertimbangkan kekuatan dan fungsi utama yang dioptimalkan dengan sudut dan ketebalan yang sesuai.



Gambar 10. Komponen RCM3D-SAR menggunakan pendekatan metode Additive Manufacturing, tidak membutuhkan support material. Sumber: Joyodiharjo, B. J., 2019.

Material yang digunakan adalah filamen bioplastik PLA (*Polylactic Acid*) yang mudah didapat dan tidak membutuhkan temperatur yang tinggi. Material PLA berasal dari tebu atau jagung, merupakan material yang lebih ramah lingkungan dibandingkan filamen lain. Penggunaan material lain juga dimungkinkan, khususnya filamen ramah lingkungan dan daur ulang yang terus berkembang. Temperatur yang digunakan pada proses *printing prototype* ini adalah 220°C untuk *nozzle hot end* dan 55°C untuk *heated bed*, sedangkan untuk *infill* menggunakan set-

ting 20-80% dengan pattern honeycomb. Kerapatan lubang untuk baut, bearing dan seal juga menjadi pertimbangan, dengan toleransi 0.25mm diantara sambungan. Baut menggunakan ukuran M3 (3 milimeter) dengan panjang yang disesuaikan kebutuhan. *Bearing* untuk *linkage* dan sirip menggunakan ukuran 3x6x2.5mm (MR63ZZ) yang banyak tersedia di pasaran. Motor penggerak menggunakan dua buah *worm geared high torque 12V DC motor*, dengan spesifikasi 25 RPM (*Revolution per minnute*). Motor penggerak ini menggunakan *output shaft* 6 mm. Untuk menjaga kedap air, maka terdapat dudukan untuk *oil seal* pada poros tersebut, dengan ukuran I.D. (*Internal diameter*) 6 mm, O.D. (*Outer diameter*) 12 mm dan ketebalan 2 mm. Sumber daya listrik DC (*Direct current*) dihasilkan oleh sebuah baterai *Lithium Polymer* 2000 mAh, 2S (atau 3S) dan ESC (*Electronic Speed Controller*) tipe *brushed*, 1060 WP dari Hobbywing yang berjumlah dua buah. *Transmitter* dengan mode *mixing* dibutuhkan untuk dapat mengontrol gerakan *tank mode* di mana untuk berbelok dibutuhkan kecepatan yang berbeda diantara dua motor listrik. Dua *channel* pada transmitter digunakan untuk motor penggerak, sedangkan sebuah *channel* lagi digunakan untuk mengontrol servo pada sirip belakang.

RCM3D-SAR yang digunakan untuk pencarian korban banjir atau keperluan SAR lain nya, memiliki sepasang lampu LED (*Light emitting diode*) pada bagian depannya untuk mendukung penggunaan kamera *GoPro* atau sejenisnya. Dudukan kamera juga menjadi pertimbangan, dengan ketebalan material dan distribusi berat yang sesuai dengan penggunaan. Tutup atas dapat dibuka dengan mudah untuk penggantian baterai, dan pemeliharaan part lainnya. Komponen yang digunakan adalah komponen standar yang banyak tersedia di pasaran, sehingga apabila terjadi kerusakan dapat mudah diganti. Dengan metode *additive manufacturing*, komponen yang rusak dapat di *3D print* kembali dan *file* digitalnya pun dapat *dishare* melalui *platform online*.

#### IV. KESIMPULAN

Metode biomimicry dapat digunakan untuk mencari desain alternatif pada sistem propulsi konvensional yang dapat terjangkau dan menjangkut

pada kondisi banjir dengan air yang banyak kotoran. Pada pengembangan desain RCM3D-SAR, baling-baling dapat digantikan dengan sirip yang terinspirasi dari susunan, pola dan fungsi perenang mobuliform, yaitu ikan Pari Manta. Strategi desain digital tanpa support material dalam metode produksi *additive manufacturing* dapat menghemat bahan dan waktu, sesuai dengan prinsip keberlanjutan dalam pendekatan Biomimicry.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Benyus, J. M. (1997), *Biomimicry, Innovation Inspired by Nature*, HarperCollins e-books
- Cohen, Y. H., Reich, Y. (2016), *Biomimetic Design Method for Innovation and Sustainability*, Springer.
- Christopher Williams (2013), *Origins of Form, the Shape of Natural and Man-made Things*, Taylor Trade Publishing. Erwinatu. (2002), *Saba Baduy: Sebuah Perjalanan Wisata Budaya Inspiratif*, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Fish, F.E., *Hydrodynamic Performance Of Aquatic Flapping: Efficiency Of Underwater Flight In The Manta*, *Biomechanics Commons*, 9-2016.
- Krippendorff, K. (2006), *The Semantic Turn, a New Foundation for Design*, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Moored, K. W. dkk (2011), *Bioinspired Propulsion Mechanisms Based on Manta Ray Locomotion*, *Marine Technology Society Journal*, Vol. 45, No. 4.
- Sugiharto, B. (2018). *SD7004 Filsafat Kebudayaan* [Discussion group].
- Urai, K. *Ishiguro Laboratorium, Research Interest*, online <http://member.irl.sys.es.osaka-u.ac.jp/urai-1/research-interests>, 2015.