



PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN REKA BENTUK DAN PEMBINAAN TUKUN TIRUAN DI MALAYSIA (1975-2017)



**PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN REKA BENTUK
DAN PEMBINAAN TUKUN TIRUAN DI MALAYSIA
(1975-2017)**

AHMAD ALI

RAFEZI HAZIZI

NUR ISKANDAR TAJUDIN

NOR AZMAN ZAKARIA

MUHAMMAD AMIRULLAH AL AMIN BIN AYOB

MOHD SAKI BIN NOOR

JABATAN PERIKANAN MALAYSIA

2018

Copyright© Jabatan Perikanan Malaysia 2018

Hak Cipta Terpelihara. Tidak dibenarkan mengeluarkan ulang mana-mana bahagian artikel, ilustrasi, dan isi kandungan buku ini dalam apa jua bentuk dan dengan cara apa jua sama ada elektronik, fotokopi, mekanik, rakaman, atau cara lain sebelum mendapat izin bertulis daripada Ketua Pengarah Perikanan Malaysia.

Diterbitkan oleh:

Jabatan Perikanan Malaysia

Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia

Wisma Tani, Aras 1-6, Blok Menara 4G2, Presint 4,

62628 Putrajaya

Tel: 03-8870400

Fax: 03-88903794

Email: hqhelp@dof.gov.my

<http://www.dof.gov.my>

Buku ini hendaklah dirujuk seperti berikut:

Ahmad, A., Rafezi, H., Nur Iskandar, T., Nor Azman, Z., Muhammad Amirullah Al Amin, A. dan Mohd Saki, N. 2018. Penyelidikan dan Pembangunan Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Tiruan di Malaysia (1975-2017). SEAFDEC/SP/37. 63 ms

Ringkasan

Penyelidikan dan pembangunan (R&D) tukun tiruan di Malaysia adalah sebahagian daripada usaha kerajaan untuk meningkatkan sumber perikanan, mencegah pencerobohan nelayan pukat tunda haram, mengurangkan konflik antara nelayan komersial dan tradisional selain meningkatkan peluang kepada nelayan skala kecil untuk menambahkan pendapatan daripada hasil tangkapan ikan (Jothy, 1982). Pada peringkat awal, R&D hanya memberi fokus kepada reka bentuk dan pembinaan yang ringkas menggunakan tayar terbuang, vesel kayu, paip PVC, konkrit saluran pembentung dan paip seramik tandas. Namun, pada tahun 2006 Jabatan Perikanan Malaysia (JPM) telah membuat perubahan dasar dalam reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan negara. Dasar tersebut lebih menumpukan kepada pembinaan tukun tiruan yang bersaiz besar, berat dan kuat dengan menggunakan bahan yang tahan lama seperti konkrit dan besi. Pembinaan dan pembangunan tukun tiruan telah dibahagikan kepada tiga fasa iaitu fasa I (1975 - 1977), fasa II (1978 - 2005) dan fasa III (2006 - 2017).

Pada fasa I, pembinaan tukun hanya menggunakan tayar terbuang dan setiap modul hanya mempunyai 3 - 5 biji tayar (Jothy, 1982; Wong, 1991; Sukarno *et al.* 1994). Tayar-tayar tersebut diikat bersama menggunakan tali polyethylene untuk membentuk modul berbentuk segi empat kecil kemudian digabungkan bagi membina pelbagai reka bentuk seperti segi tiga, piramid, segi empat, pautan rangkaian dan lain-lain (Jothy, 1982). Ketika fasa II, jumlah tayar yang digunakan bagi setiap modul telah meningkat daripada 3 - 4 biji tayar kepada 42 biji tayar. Tayar tersebut diikat menjadi sebuah piramid dengan ketinggian hampir 2 meter dengan tapak seluas 3 m². Namun, pada tahun 1996, penggunaan tayar menurun dengan drastik dan kemudiannya diharamkan sepenuhnya oleh JPM. Selain tayar terbuang, JPM juga menggunakan vesel rampasan untuk dijadikan tukun. Sebanyak 2,000 buah vesel kayu nelayan yang dirampas dan juga vesel kayu pelarian Vietnam telah dilabuhkan sebagai tukun sehingga tahun 2015. Dalam fasa ini, JPM juga menjalankan beberapa inovasi baharu dalam pembinaan tukun tiruan menggunakan bahan yang berbeza seperti Tukun Konkrit Silinder, Tukun Konkrit Saliran Pembentung (Kulvat), Tukun Konkrit Udang Karang, Tukun Konkrit Sotong, Tukun Rekreasi Pulau Tioman, Tukun Konkrit Meja, Tukun Rekreasi SEAFDEC-MFRDMD, Tukun PVC, Tukun Seramik Udang Karang dan Tukun Pelantar Minyak menggunakan pelantar minyak yang telah dinyahtauliah oleh Petronas.

Memasuki fasa III, pengalaman dan pengetahuan yang diperolehi sejak 1975 menjadikan penyelidik JPM semakin matang terutama dalam perkara yang berkaitan dengan reka bentuk, pembinaan dan kerja-kerja melabuh tukun tiruan. Teknologi sonar dan video bawah air yang berkembang pesat selepas tahun 2000 banyak membantu penyelidik JPM memahami keadaan fizikal dasar laut terutama sedimen yang sesuai untuk sesuatu jenis tukun. Antara tahun 2006 – 2017, sebanyak 29 reka bentuk tukun tiruan telah dihasilkan dan dilabuhkan oleh JPM di 195 kawasan di seluruh Malaysia yang terdiri daripada Tukun Dasar Lempung, Tukun Kuboid, Tukun Rekreasi, Tukun Kiub, Tukun Udang Karang, Tukun Tetrapod, Tukun Keluli, Tukun Paip Air Labuan dan Tukun Pelantar Minyak (Rig To Reef). Hasilnya, beberapa siri pemantauan mendapati pembinaan tukun tiruan telah berjaya menyediakan habitat baharu kepada pelbagai spesies ikan selain menghasilkan fenomena julang air (Upwelling). Kenyataan ini telah dibuktikan melalui dokumentasi beberapa siri pemantauan oleh penyelidik JPM dengan merakam gambar dan video dasar laut di sekitar kawasan tukun tiruan setelah beberapa tahun dilabuhkan.



Kata Aluan Pengarah ISMAT

Assalamualaikum dan Salam Sejahtera

Terlebih dahulu sukacita saya mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan jutaan terima kasih kepada Y. Bhg. Dato' Haji Munir bin Hj Mohd Nawawi, Ketua Pengarah Perikanan Malaysia kerana sokongan dan dorongan beliau dalam program penyelidikan dan pembangunan (R&D) tukun tiruan. ISMAT memberikan tumpuan dalam R&D sejak tahun 2006 untuk menghasilkan pelbagai reka bentuk tukun baharu supaya tukun tiruan yang dihasilkan oleh Jabatan Perikanan Malaysia akan memberikan impak yang besar kepada peningkatan sumber perikanan dan boleh berfungsi dengan cekap melebihi 50 tahun. Sebelum itu beberapa orang penyelidik yang bertugas di ISMAT telah menghasilkan banyak reka bentuk tukun tiruan termasuk menggunakan bahan dari PVC dan juga seramik. Walau bagaimanapun bahan tersebut tidak tahan lama dan tidak memberi impak yang signifikan kepada peningkatan sumber ikan pantai.

Usaha untuk membukukan maklumat berkaitan reka bentuk tukun tiruan dari tahun 1975 hingga 2017 memerlukan banyak tenaga, masa dan tumpuan kerana banyak maklumat yang perlu dicari dari laporan-laporan dan gambar-gambar yang tersimpan di merata tempat. Usaha penulis-penulis ini wajar diberi penghargaan kerana jika tidak dibukukan, maklumat perkembangan reka bentuk tukun tiruan tidak diketahui oleh generasi baharu.

Mulai tahun 2006, hasil kerjasama erat di antara Bahagian Kejuruteraan Ibu Pejabat Perikanan dan penyelidik ISMAT telah menghasilkan 29 inovasi baharu tukun tiruan yang diperbuat menggunakan konkrit dan juga besi. Tumpuan kajian ialah untuk menghasilkan tukun bersaiz besar bukan sahaja untuk meningkatkan sumber ikan tetapi juga bagi menghalang pencerobohan pukat tunda. Semua tukun konkrit dibina mengikut piawai British Standard 8110 (BS8110) di mana kerangka besi yang digunakan amat kuat dan boleh bertahan sehingga melebihi 50 tahun.

Saya mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan tahniah dan syabas kepada semua penulis iaitu Dr. Ahmad Ali, Encik Muhammad Amirullah Al Amin bin Ayob, Encik Nor Azman Zakaria dan Encik Mohd Saki bin Noor dari ISMAT; Ir. Rafezi Hazizi dan Encik Nur Iskandar Tajudin dari Bahagian Kejuruteraan, Ibu Pejabat Perikanan Malaysia yang telah memerah keringat untuk menyiapkan buku ini. Terima kasih.

RAJA BIDIN BIN RAJA HASSAN
Pengarah
Institut Sumber Marin Asia Tenggara
Kuala Terengganu

Penghargaan

Banyak pihak telah terlibat dalam menjayakan program penyelidikan dan pembangunan reka bentuk tukun tiruan di Jabatan Perikanan Malaysia. Penghargaan yang tinggi kami ucapkan kepada Y. Bhg. Dato' Haji Munir bin Haji Mohd Nawawi Ketua Pengarah Perikanan Malaysia; Y.M. Raja Bidin bin Raja Hassan Pengarah ISMAT dan En. Ahmad Tarmidzi bin Ramly Pengarah Bahagian Kejuruteraan, Ibu Pejabat Perikanan Malaysia yang sentiasa memberi sokongan kuat bagi menjalankan penyelidikan ini.

Selain itu kami merakamkan penghargaan kepada penyelidik-penyelidik tukun tiruan yang mula-mula memperkenalkan tukun tiruan di Malaysia pada tahun 1970an di Institut Penyelidikan Perikanan, Gelugor Pulau Pinang di mana sebahagiannya sudah meninggal dunia, sudah bersara dari perkhidmatan kerajaan atau sudah berkhidmat dengan agensi lain selepas meninggalkan perkhidmatan dengan Jabatan Perikanan Malaysia. Mereka yang pernah terlibat dengan aktif dalam menghasilkan reka bentuk tukun tiruan pada peringkat awal adalah En. Alexander A. Jothy, En. Edward Wong, Prof. Dr. Mohd. Kushairi bin Mohd Rajuddin (sekarang bertugas di UNISEL), Dato Dr. Sukarno bin Wagiman (pesara dan mantan Ketua Pengarah Jabatan Taman Laut Malaysia), Y.M. Raja Mohammad Noordin bin Raja Omar (pesara), En. Mohd Pauzi bin Abdullah (pesara) dan En. Abdul Razak bin Latun.

Di antara tahun 2006 hingga 2017 ramai kakitangan Jabatan Perikanan Malaysia dan Jabatan Perikanan Sabah terlibat dalam menjayakan penyelidikan dan pembangunan reka bentuk tukun tiruan tetapi tidak semuanya dapat disenaraikan dalam ruangan yang terhad ini. Sebahagian daripada mereka adalah seperti berikut.

Dato' Adnan bin Hussain, Tn. Hj. Azlisha bin Ab. Aziz, En. Bohari bin Leng, Tn. Hj. Zawawi bin Ali, Pn. Liza binti Hj. Long, En. Fairol Tajuddin bin Suhaili, En. Faizal Ibrahim bin Suhaili, En. Abdul Halim bin Marzuki, Pn. Hajah Maznah binti Othman (pesara), En. Pauzi bin Abdul Rahman (pesara), Dr. Safari bin Mat Desa (sekarang bertugas di NAHRIM), En. Zaidil Abdilla bin Ahmad Sallehuddin, En. Hasbullah bin Harun, En. Norazli bin Ismail, Pn. Rosmawati binti Ghazali, En. Ahmad Zuwairi bin Zainudin, En. Jephrein Wong (pesara Jabatan Perikanan Negeri Sabah), En. Zainudin bin Hj. Abd. Wahab, En. Wan Muhammad Aznan bin Abdullah (sekarang bertugas di Jabatan Taman Laut Malaysia), Pn. Norlizawati binti Ibrahim, Pn. Anis Mazidah binti Abd. Samad, Pn. Noraziah binti Abdullah @ Aziz, En. Daud bin Awang, En. Jackson Clive Jusak, En. Daud bin Awang, En. Muhamad Saini bin Suliansa, En. Zaidnudin bin Ilias, En. Mohamed Ridzuan bin Mohamed Alias (sekarang bertugas di Jabatan Taman Laut Malaysia), En. Khairuddin bin Mokhtar, Tn. Syed Bakar bin Syed Hashin (pesara), En. Zakri bin Mohammad, Cik Noor Asma binti Mohammad, Pn. Nurhaslinda binti Husin, En. Suhaimi bin Hashim, Tn. Hj. Ahmad bin Hj. Mahmud, Tn. Hj. Hashim bin Mohd Noor, En. Abdul Rauf bin Musleh, En. Mior Walid bin Mior Lop, En. Azizan bin Ahmad, En. Zafray bin Muhammad, En. Haselan bin Harun, En. Shafie bin Mohammad, En. Kamarudin bin Salleh, En. Ropa bin Othman dan En. Mohd Shah bin Mohd Sin.

En. Abu Hassan bin Ali, En. Mohd Khalil bin Mohamad, En. Robert Leong Ho Fook (pesara), En. Che Omar bin Mat Hussin, En. Zainuddin bin Ali, En. Mat Jusoh bin Deraman, En. Harun bin Duin (Jabatan Perikanan Sabah), En. Abdul Rahman bin Othman (Jabatan Perikanan Sabah), En. Mohamad Zabawi bin Saat, En. Abdul Aziz bin Yusof, En. Wahad bin Daud, Allahyarham En. Ruzelan bin Jusuh, En. Mohd Nasir bin Muhammad Kasni, En. Mushidi bin Hassan, En. Nik Nasaruddin bin Nik Ismail.

En. Dokanaer Kasto Ak Muning, En. Mohammad Gazali bin Abdullah, En. Mohd. Sabry bin Saidin, En. Johnny Kuntel, En. Mohammad Ismail bin Arbi, En. Asrudi Hartono bin Aziz, En. Abdul Rahman bin Hj. Ali, En. Abg. Zawawi bbin Abg. Ismail, En. Yusuf bin Sejeli, En. Raden bin Khalid, Wan Marzuki bin Wan Taraie, En. Jakba bin Saat, En. Ahmad Fadillah bin Bonhok, En. Sahlan bin Bonon, En. Simon Anak Julius Nanta, En. Awg. Taib bin Awg. Lai, En. Johan bin Ag. Bongsu, En. Mohd. Ismadi bin Abg. Ismail dan En. Joseph Ak Lory.

Penghargaan khas ditujukan kepada En. Mohammad Faiz bin Ahmad pelajar tahun akhir B.Sc (Biologi Marin) dan En Muhamad Faris Daniel pelajar tahun akhir Diploma Perikanan dari UMT kerana terlibat dalam mengumpulkan bahan-bahan bagi penerbitan buku ini semasa tempoh menjalani latihan industri di ISMAT pada tahun 2018.

KANDUNGAN

| | | | | |
|--|-----|--------|---|----|
| Ringkasan | iii | 3.6 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Sotong | 16 |
| Kata Aluan Pengarah ISMAT | iv | 3.7 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Rekreasi Pulau Tioman | 18 |
| Penghargaan | v | 3.8 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Meja | 19 |
| Kandungan | vii | 3.9 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Rekreasi SEAFDEC-MFRDMD | 19 |
| Senarai Gambar | ix | 3.10 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun PVC | 21 |
| Senarai Jadual | x | 3.11 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Seramik Udang Karang | 22 |
| | | 3.12 | Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Pelantar Minyak | 22 |
| | | 3.13 | Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa II | 23 |
| BAB 1 RINGKASAN SEJARAH PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D) REKA BENTUK DAN PEMBINAAN TUKUN TIRUAN DI MALAYSIA | | | | |
| 1.1 Sejarah | 1 | | | |
| 1.2 Bahan dan Kaedah | 3 | | | |
| 1.3 Garis Panduan UNEP | 3 | | | |
| 1.4 Objektif Penyelidikan dan Pembangunan (R&D) Tukun Tiruan | 4 | | | |
| BAB 2 REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA I (1975 - 1977) | | | | |
| 2.1 Pengenalan | 6 | | | |
| 2.2 Objektif Pembinaan Tukun Tiruan Fasa I | 6 | | | |
| 2.3 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Tayar | 8 | | | |
| 2.4 Proses Melabuh Tukun Tayar | 9 | | | |
| 2.5 Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa I | 10 | | | |
| BAB 3 REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA II (1978 - 2005) | | | | |
| 3.1 Objektif Pembinaan Tukun Fasa II | 11 | | | |
| 3.2 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Tayar | 11 | | | |
| 3.3 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Vesel Kayu | 13 | | | |
| 3.4 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Silinder dan Tukun Konkrit Saliran Pembentung (Kulvat) | 14 | | | |
| 3.5 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Udang Karang | 15 | | | |
| 3.6 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Sotong | 16 | | | |
| | | | BAB 4 REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA III (2006 - 2017) | |
| | | 4.1 | Objektif dan Kaedah Pembinaan Tukun Fasa III | 24 |
| | | 4.2 | Reka Bentuk Tukun Konkrit Dasar Lembut (TDL) | 28 |
| | | 4.2.1 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 1 (2006) | 28 |
| | | 4.2.2 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 2 (2007, 2008) | 29 |
| | | 4.2.3 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 3 (2009, 2010) | 31 |
| | | 4.2.4 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi (2010) | 33 |
| | | 4.2.5 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda (2010) | 35 |
| | | 4.2.6 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Kuala Kedah (2013) | 37 |
| | | 4.2.7 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Kuboid Juvenil Penghalang Pukat Tunda (2013) | 37 |
| | | 4.2.8 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Rekreasi Penghalang Pukat Tunda Kuala Kedah | 38 |
| | | 4.2.9 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Pulau Tuba | 38 |
| | | 4.2.10 | Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Sarawak | 39 |

| | | | | |
|--------|---|----|--------------------------------------|---|
| 4.3 | Reka Bentuk Tukun Kuboid (2007) | 39 | BAB 5 PENCAPAIAN DAN KEJAYAAN | |
| 4.3.1 | Spesifikasi Modul Tukun Kuboid Terengganu (2007) | 40 | 5.1 | Tukun Tiruan Sebagai Peranti Pengumpul Ikan 57 |
| 4.3.2 | Spesifikasi Modul Tukun Kuboid Juvenil (2010) | 40 | 5.2 | Tukun Tiruan Sebagai Habitat Juvenil dan Induk 57 |
| 4.3.3 | Spesifikasi Tukun Kuboid Bioaktif (2010) | 41 | 5.3 | Tukun Tiruan Sebagai Penghalang Pukat Tunda 57 |
| 4.4 | Tukun Rekreasi (TR) | 42 | 5.4 | Tukun Tiruan Meningkatkan Pendapatan Nelayan Tradisi 58 |
| 4.4.1 | Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi 1 (2007, 2008) | 43 | BAB 6 KESIMPULAN | 59 |
| 4.4.2 | Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi 2 (2009) | 43 | RUJUKAN | 60 |
| 4.4.3 | Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi Juvenil (2010) | 44 | | |
| 4.5 | Tukun Kiub | 45 | | |
| 4.5.1 | Spesifikasi Modul Tukun Kiub (2009) | 46 | | |
| 4.5.2 | Spesifikasi Modul Tukun Kiub Juvenil (2010) | 47 | | |
| 4.5.3 | Spesifikasi Modul Tukun Kiub Juvenil Penghalang Pukat Tunda | 48 | | |
| 4.6 | Tukun Udang Karang (2008 - 2010) | 48 | | |
| 4.6.1 | Spesifikasi Modul Tukun Udang Karang 1 (2008, 2009) | 49 | | |
| 4.6.2 | Spesifikasi Modul Tukun Udang Karang 2 (2010) | 50 | | |
| 4.7 | Tukun Tetrapod (TT) | 50 | | |
| 4.7.1 | Spesifikasi Modul Tukun Tetrapod 1 (2006) | 51 | | |
| 4.7.2 | Spesifikasi Modul Tukun Tetrapod 2 (2007, 2008) | 51 | | |
| 4.8 | Reka Bentuk Tukun Keluli | 52 | | |
| 4.8.1 | Spesifikasi Modul Tukun Keluli Terengganu | 52 | | |
| 4.8.2 | Spesifikasi Modul Tukun Keluli Kedah | 53 | | |
| 4.9 | Tukun Paip Air Labuan | 53 | | |
| 4.9.1 | Spesifikasi Modul Tukun Paip Air Labuan | 54 | | |
| 4.10 | Tukun Pelantar Minyak (Rig to Reef) | 54 | | |
| 4.10.1 | Spesifikasi Struktur Tukun Pelantar Minyak KAPAL | 54 | | |
| 4.10.2 | Spesifikasi Struktur Tukun Pelantar Minyak DANA dan D30 | 55 | | |
| 4.11 | Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa III | 55 | | |

Senarai Gambar

| | | | | | |
|------------|---|----|------------|---|----|
| Bab 1 | | | | | |
| Gambar 1: | Bot-bot Kayu Usang | 1 | Gambar 23 | Tukun Vesel Kayu yang Telah Dimusnahkan Arus | 13 |
| Gambar 2: | Tayar Terbuang yang Boleh Digunakan Sebagai Tukun | 2 | Gambar 24 | Modul Tukun Konkrit Silinder | 14 |
| Gambar 3 | Benteng Pemecah Ombak | 3 | Gambar 25 | Modul Tukun Konkrit Saliran Pembentuk (Kulvat) | 14 |
| Gambar 4 | Modul Tukun Tayar | 4 | Gambar 26 | Modul Tukun Udang Karang Enam Bongkah | 15 |
| Gambar 5 | Tukun Vesel Kayu | 4 | Gambar 27 | Modul Tukun Udang Karang Igloo | 15 |
| Gambar 6 | Modul Tukun Konkrit | 4 | Gambar 28A | Modul Tukun Mengabang | 17 |
| Gambar 7 | Modul Tukun PVC | 5 | Gambar 28B | Modul Tukun Ketupat | 17 |
| Gambar 8 | Modul Tukun Seramik | 5 | Gambar 28C | Modul Tukun Cumit | 17 |
| Gambar 9 | Modul Tukun Keluli | 5 | Gambar 29 | Modul Tukun Rekreasi Pulau Tioman | 18 |
| Gambar 10 | Boya Penanda Tukun Tiruan Pada Tahun 80an | 5 | Gambar 30 | Modul Tukun Meja Pulau Tioman | 19 |
| | | | Gambar 31 | Jurai Plastik yang Digunakan untuk Mengumpul Ikan Pelagik | 20 |
| Bab 2 | | | Gambar 32 | Jurai Plastik Selepas Ditumbuhi Organisma Marin | 20 |
| Gambar 11: | 'Echo sounder' | 7 | Gambar 33 | Tukun Rekreasi SEAFDEC-MFRDMD | 20 |
| Gambar 12 | 'Grab Smith McIntyre' | 7 | Gambar 34 | Modul Tukun PVC Berbentuk 'X' | 21 |
| Gambar 13 | Sedimen Dasar Laut | 7 | Gambar 35 | Modul Tukun Seramik Udang Karang | 22 |
| Gambar 14 | Modul Tiga Tayar (tetrahedral) | 8 | Gambar 36 | Struktur Tukun Pelantar Minyak Baram 8 | 22 |
| Gambar 15 | Modul Empat Tayar (silinder) | 9 | | | |
| Gambar 16 | Modul Piramid | 9 | Bab 4 | | |
| Gambar 17 | Proses Mengangkut Tukun Tayar ke Lokasi | 9 | Gambar 37A | Proses Melabuh Tukun Konkrit Menggunakan Peranti | 27 |
| Gambar 18 | Pemantauan Visual Tukun Tayar di Dasar laut | 10 | Gambar 37B | Kaedah Melabuh Tukun Konkrit Secara Lepas Bebas | 27 |
| | | | Gambar 37C | Bentuk Peranti yang Digunakan untuk Melabuh Tukun | 27 |
| Bab 3 | | | Gambar 38 | Modul Tukun Dasar Lembut 1 (TDL1) | 28 |
| Gambar 19 | Modul Tukun 42 biji Tayar | 12 | Gambar 39 | Modul Tukun Dasar Lembut 2 (TDL) | 30 |
| Gambar 20 | 'Side Scan Sonar' | 12 | Gambar 40 | Modul Tukun Dasar Lembut 3 (TDL) | 32 |
| Gambar 21 | Tukun Tayar yang Telah Terlerai | 12 | Gambar 41 | Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi (TDL-J L) | 34 |
| Gambar 22 | Tukun Vesel Kayu yang Telah Dibersihkan | 13 | Gambar 42 | Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda (TDL-AT) | 36 |
| | | | Gambar 43 | Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Kuala Kedah (TDL-J KK) | 37 |

| | | | | | |
|-----------|--|----|-----------------------|--|----|
| Gambar 44 | Modul Tukun Dasar Lembut Kuboid Juvenil Penghalang Pukat Tunda | 37 | Gambar 63 | Modul Tukun Paip Air Labuan | 53 |
| Gambar 45 | Modul Tukun Dasar Lembut Rekreasi Penghalang Pukat Tunda Kuala Kedah | 38 | Gambar 64 | Struktur Pelantar Minyak 18 Tan Metrik | 54 |
| Gambar 46 | Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Pulau Tuba (TDL-AT PT) | 38 | Gambar 65 | Struktur Pelantar Minyak 46 Tan Metrik | 54 |
| Gambar 47 | Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Sarawak (TDL-AT S) | 39 | Gambar 66 | Struktur D30 4-Legs Jacket | 55 |
| Gambar 48 | Modul Tukun Kuboid Terengganu (2007) | 40 | Gambar 67 | Struktur D30 Topside | 55 |
| Gambar 49 | Modul Tukun Kuboid Juvenil | 41 | Gambar 68 | Struktur DANA Topside | 55 |
| Gambar 50 | Modul Tukun Kuboid Bioaktif | 42 | Senarai Jadual | | |
| Gambar 51 | Modul Tukun Rekreasi 1 (TR1) | 43 | Jadual 1 | Kajian-kajian Sumber Perikanan yang Dijalankan oleh Jabatan Perikanan Malaysia 1967-1974 | 2 |
| Gambar 52 | Modul Tukun Rekreasi 2 (TR2) | 44 | Jadual 2 | Kronologi Pembinaan Tukun Tiruan di Malaysia oleh JPM 1975-2017 | 3 |
| Gambar 53 | Modul Tukun Rekreasi Juvenil (TR-J) | 45 | | | |
| Gambar 54 | Modul Tukun Kiub | 46 | | | |
| Gambar 55 | Modul Tukun Kiub Juvenil | 47 | | | |
| Gambar 56 | Modul Tukun Kiub Juvenil Penghalang Pukat Tunda | 48 | | | |
| Gambar 57 | Modul Tukun Udang Karang 1 (TUK1) | 49 | | | |
| Gambar 58 | Modul Tukun Udang Karang 2 (TUK2) | 50 | | | |
| Gambar 59 | Modul Tukun Tetrapod 1 (TT1) | 51 | | | |
| Gambar 60 | Modul Tukun Tetrapod 2 (TT2) | 51 | | | |
| Gambar 61 | Modul Tukun Keluli Terengganu | 52 | | | |
| Gambar 62 | Modul Tukun Keluli Kedah | 53 | | | |

BAB 1

RINGKASAN SEJARAH PENYELIDIKAN DAN PEMBANGUNAN (R&D) REKA BENTUK DAN PEMBINAAN TUKUN TIRUAN DI MALAYSIA

1.1 Sejarah

Penyelidikan dan pembangunan (R&D) tukun tiruan di Malaysia adalah sebahagian daripada usaha kerajaan yang bertujuan untuk meningkatkan sumber perikanan, mencegah pencerobohan nelayan pukut tunda, mengurangkan konflik antara nelayan komersial dan tradisional selain meningkatkan peluang kepada nelayan skala kecil untuk menambahkan pendapatan daripada hasil tangkapan ikan (Jothy, 1982). Menurut Wong (1991), pembinaan tukun tiruan telah dibuat oleh nelayan tradisional sepanjang persisir Pantai Timur Semenanjung Malaysia sejak tahun 1900 dengan menggunakan bot-bot kayu yang usang dan bahan-bahan berasaskan kayu yang lain. Tukun tiruan ini hanya mampu memberi manfaat dalam jangka masa yang singkat apabila bahan berasaskan kayu tadi diserang dan dirosakkan oleh cacing teredo (Phylum Mollusca: family Teredinidae) dan juga oleh tekanan semula jadi seperti arus yang kuat dan pergolakan ombak.

Menurut Ahmad (2015), tukun tiruan pertama di Malaysia telah dilabuhkan pada tahun 1970 oleh Tentera Udara Diraja Australia yang bertapak di Butterworth, Penang dengan kerjasama Jabatan Perikanan Negeri Kedah menggunakan tayar terbuang. Struktur tukun tersebut telah dilabuhkan berhampiran Pulau Songsong, Kedah untuk menggalakkan aktiviti rekreasi laut seperti penyelaman SCUBA dan memancing. Pembinaan tukun ini menggunakan kaedah yang sama seperti di Australia. Pada masa tersebut kerajaan Australia sangat aktif dalam pembinaan tukun tiruan untuk melupuskan jutaan biji tayar terbuang setiap tahun (Davis, 1974).



Gambar 1: Bot-bot Kayu Usang



Gambar 2: Tayar Terbuang yang Boleh Digunakan Sebagai Tukun

Penyelidikan dan pembangunan (R&D) tukun tiruan di Malaysia telah dimulakan pada tahun 1975 kerana hasil kajian yang dijalankan oleh Institut Penyelidikan Perikanan menunjukkan penurunan berterusan sumber perikanan persisir pantai di Semenanjung Malaysia. Kajian yang dijalankan oleh DoFM (1967) pada 1 Mac - 11 April 1967 merekodkan purata tangkapan secara keseluruhan bagi perairan Pantai Timur Semenanjung Malaysia ialah seberat 428 kg/jam, Pathansali *et al.* (1974) pada 10 Ogos - 4 Oktober 1970 merekodkan pendaratan seberat 516 kg/jam, kajian oleh Jothy *et al.* (1975) pada 23 Mac - 26 Mei 1971 merekodkan pendaratan seberat 167 kg/jam, Kajian oleh Chang *et al.* (1975) pula pada 14 Ogos - 20 September 1972 merekodkan pendaratan seberat 255 kg/jam, manakala kajian oleh Lamp dan Mohammed Shaari (1976) pada 13 Julai - 12 Ogos 1974 merekodkan hanya 238 kg/jam. Penurunan kadar purata tangkapan daripada 428 kg/jam pada tahun 1967 kepada hanya 238 kg/jam pada tahun 1974 sebanyak 190 kg/jam (penurunan sebanyak 44.4%) menunjukkan pengurangan sumber perikanan persisir pantai yang serius. Perincian ditunjukkan dalam **Jadual 1**

| Siri Kajian | Tarikh Kajian | Kadar Tangkapan (kg/jam) | Rujukan |
|-------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1 Mac - 11 April 1967 | 428 | DoFM (1967) |
| 2 | 10 Ogos - 4 Okt. 1970 | 516 | Pathansali <i>et al.</i> (1974) |
| 3 | 23 Mac - 26 Mei 1971 | 167 | Jothy <i>et al.</i> (1975) |
| 4 | 14 Ogos - 20 Sep. 1972 | 255 | Chang <i>et al.</i> (1975) |
| 5 | 13 Julai - 12 Ogos 1974 | 238 | Lamp & Mohammed Shaari (1976) |

Jadual 1: Kajian-kajian Sumber Perikanan yang Dijalankan oleh Jabatan Perikanan Malaysia 1967 - 1974

Pembinaan tukun tiruan adalah salah satu langkah pengurusan drastik yang telah diambil oleh JPM. Pembinaan tukun tiruan juga boleh menjadi benteng bagi menghalang nelayan pukat tunda mencerooboh kawasan tangkapan ikan nelayan tradisional. Hasilnya, konflik antara nelayan tradisional dan nelayan pukat tunda dapat dikurangkan (Jothy, 1982).

1.2 Bahan dan Kaedah

Buku ini ditulis berdasarkan pengetahuan dan pengalaman pengarang melalui kajian mereka di Malaysia sejak dari tahun 1992, maklumat daripada pelbagai sumber rujukan termasuk jurnal, buku, prosiding, kertas kajian teknikal yang diterbitkan dan tidak diterbitkan berkaitan R&D reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan di Malaysia yang telah dilaksanakan oleh JPM sejak tahun 1975 hingga 2017 menggunakan tayar, konkrit, paip seramik tandas, paip PVC (Polyvinyl Chloride) dan besi. Kronologi pembinaan tukun tiruan adalah selari dengan perkembangan bahan yang digunakan seperti yang ditunjukkan dalam **Jadual 2**.

| Tempoh | Bahan | Tapak pertama | Negeri | Sumber rujukan |
|-------------|--------------------------------|--------------------------|------------|------------------------------|
| 1975 - 1995 | Tayar | Pulau Payar | Kedah | Wong (1991) |
| 1984 - 2012 | Vesel usang dan yang dirampas. | Pulau Kapas | Terengganu | Jothy (1986) |
| 1986 - 2017 | Konkrit | Pulau Payar | Kedah | Latun & Mohamed Pauzi (1991) |
| 1990 - 1992 | PVC | Pulau Payar | Kedah | Latun & Ismail (1994) |
| 1992 - 1993 | Paip seramik | Pulau Redang, | Terengganu | Sukarno <i>et al.</i> 1994) |
| 2014 | Besi | Kuala Jerlun, Kuala Sala | Kedah | NorAzman & Mohd Saki (2017) |

1.3 Garis Panduan UNEP

Bagi menghalang laut daripada dijadikan sebagai tempat pelupusan, United Nation Environmental Program (UNEP) telah mengeluarkan satu garis panduan iaitu “Guidelines for the Placement of Artificial Reef” atau Garis Panduan Melabuhkan Tukun Tiruan pada tahun 2008. Mengikut garis panduan ini, bahan yang dijadikan tukun tiruan hendaklah bukan untuk tujuan melupus tetapi meningkatkan produktiviti sumber perikanan setempat. Mana-mana pihak yang membina dan melabuhkan tukun tiruan mesti membuat pemantauan secara berjadual dan jika bahan berkenaan tidak berfungsi sebagai tukun tiruan dan mencemarkan alam sekitar, struktur berkenaan mesti diangkat ke darat dan dilupuskan mengikut kaedah yang bersesuaian. Tukun tiruan mengikut UNEP tidak meliputi struktur yang dibina sebagai pemecah ombak, boya penambat kapal, kabel dasar laut, paip dasar laut, platform dan lain-lain binaan di tepi laut walaupun kadang-kadang fungsinya menyamai tukun tiruan.

Jadual 2: Kronologi Pembinaan Tukun Tiruan di Malaysia oleh JPM 1975 - 2017



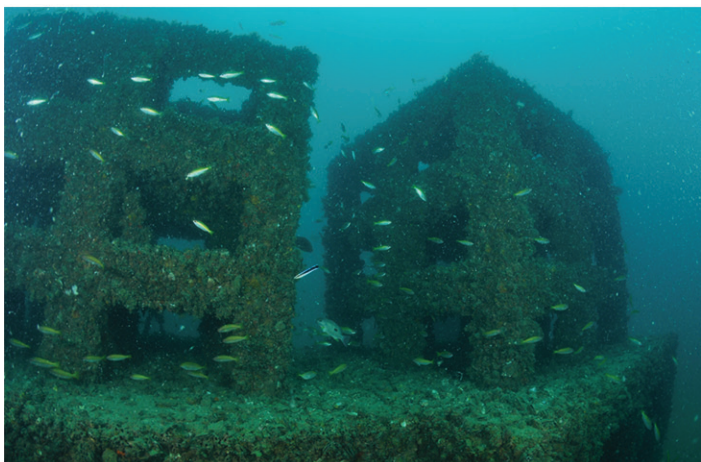
Gambar 3: Benteng Pemecah Ombak



Gambar 4: Modul Tukun Tayar



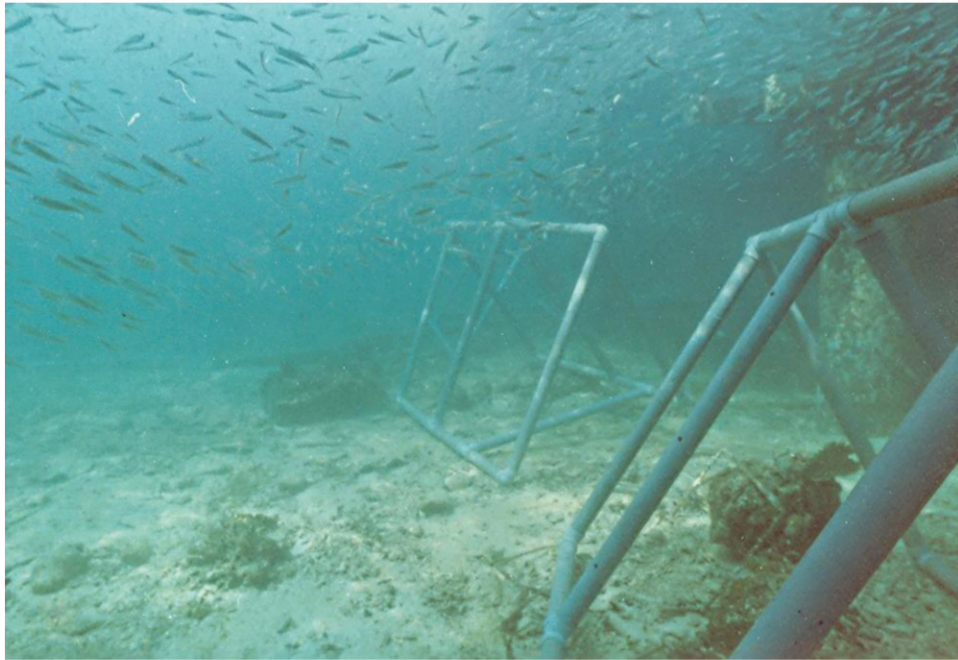
Gambar 5: Tukun Vesel Kayu



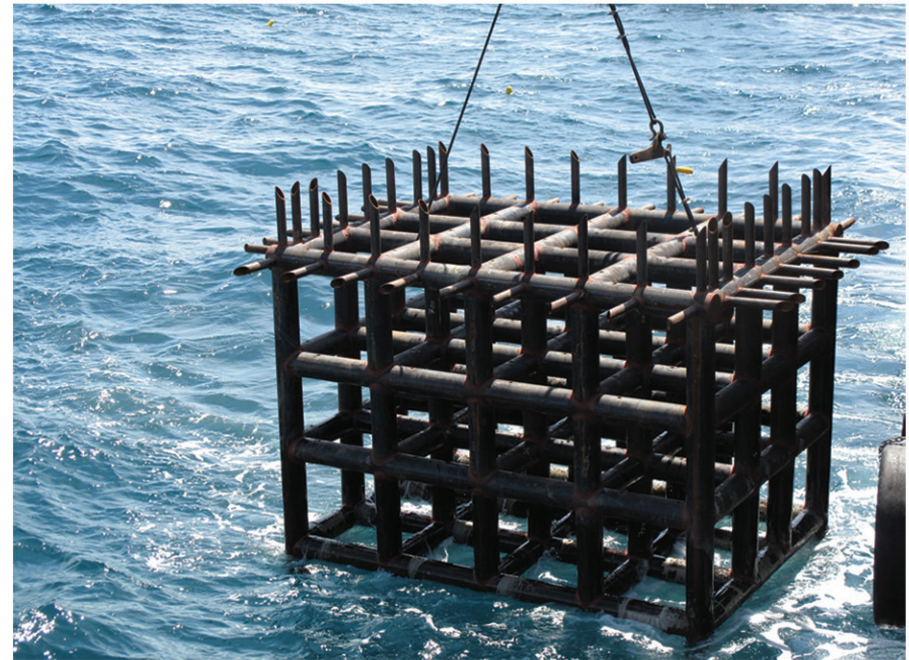
Gambar 6: Modul Tukun Konkrit

1.4 Objektif Penyelidikan dan Pembangunan (R&D) Tukun Tiruan

Penyelidikan dan pembangunan (R&D) mengenai reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan di Malaysia telah dimulakan oleh penyelidik-penyelidik Institut Penyelidikan Perikanan Gelugor, Pulau Pinang bermula pada tahun 1975. Pada peringkat awal, R&D hanya memberi fokus kepada reka bentuk dan pembinaan yang ringkas menggunakan tayar terbuang, vesel kayu, paip PVC, konkrit dan paip seramik tandas. Pembinaan tukun telah digunakan dalam pengurusan perikanan untuk memaksimumkan kadar tangkapan, pemuliharaan sumber, dan melindungi sumber perikanan di perairan pantai. Walau bagaimanapun, pada tahun 2006 JPM telah membuat perubahan dasar utama dalam reka bentuk dan bahan binaan tukun tiruan negara. Dasar tersebut lebih menumpukan kepada pembinaan tukun tiruan yang bersaiz besar, berat dan kuat dengan menggunakan bahan yang tahan lama seperti konkrit dan besi untuk menghalang pencerobohan nelayan pukat tunda di sepanjang persisir pantai dan kawasan perairan yang dilindungi. Reka bentuk tukun tiruan ini dibina berdasarkan beberapa faktor penting seperti sifat semula jadi ikan, spesies sasaran, keadaan dasar dan arus laut. Dari segi kejuruteraan dan reka bentuk, tukun tiruan konkrit telah dibina mengikut Piawai British 8110 dibawah penyeliaan jurutera daripada Bahagian Kejuruteraan, Ibu Pejabat Perikanan, Putrajaya. Di antara tahun 2006 - 2017, sebanyak 29 reka bentuk tukun tiruan telah dihasilkan dan dilabuhkan di 195 kawasan di seluruh Malaysia. Buku ini menyingkap kembali aktiviti R&D yang telah dijalankan dalam menghasilkan pelbagai reka bentuk tukun tiruan yang menggunakan tayar, vesel kayu, konkrit, paip PVC (Polyvinyl Chloride), bahan seramik dan keluli dalam Malaysia pada tahun 1975 - 2017. Pada tahun 1980-an lokasi tapak-tapak tukun berkenaan ditanda dengan boya penanda supaya mudah dikesan oleh nelayan tradisional. Gambar-gambar berkaitan tukun berkenaan ditunjukkan dalam Gambar 4 hingga Gambar 10.



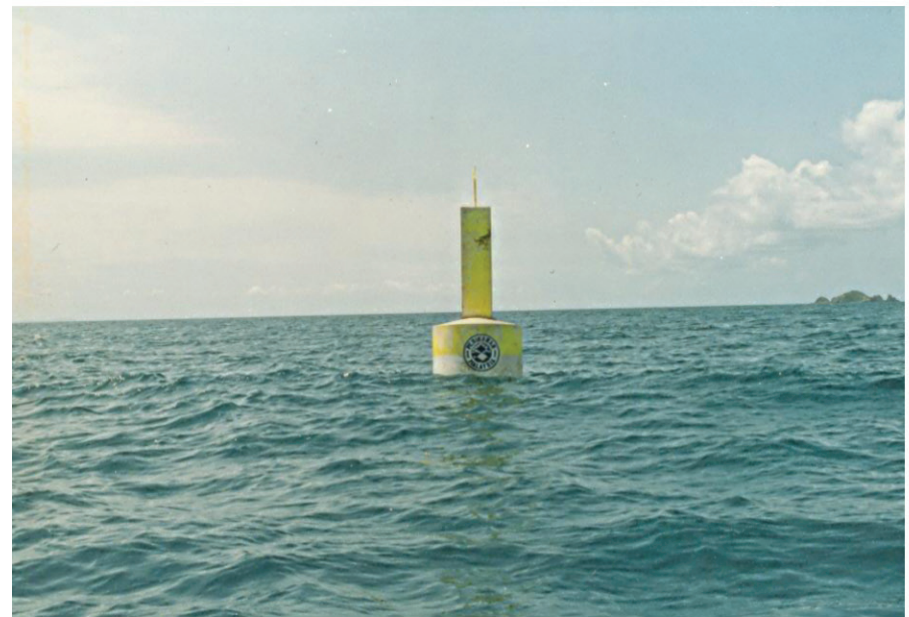
Gambar 7: Modul Tukun PVC



Gambar 9: Modul Tukun Keluli



Gambar 8: Modul Tukun Seramik



Gambar 10: Boya Penanda Tukun Tiruan Pada Tahun 80an

BAB 2

REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA I (1975 - 1977)

2.1 Pengenalan

Penyelidikan dan pembangunan reka bentuk tukun tiruan boleh dibahagikan kepada tiga fasa seperti berikut:

- Fasa I (1975 - 1977)
- Fasa II (1978 - 2005)
- Fasa III (2006 - 2017)

2.2 Objektif Pembinaan Tukun Tiruan Fasa I

Pembinaan tukun tiruan semasa Fasa I adalah untuk mencapai dua objektif utama iaitu:

- i. Meningkatkan produktiviti persekitaran marin secara menyeluruh dengan meningkatkan sumber perikanan melalui pembangunan santuari dasar laut kepada ikan dan hidupan marin yang lain.
- ii. Menggalakkan pemulihan sumber perikanan di kawasan pesisir pantai yang sedang berkurang dengan serius disebabkan oleh pengurusan eksploitasi sumber perikanan yang tidak cekap.

Untuk mencapai matlamat tersebut, pada peringkat awal program tersebut dijalankan secara tidak terancang (ad-hoc) oleh penyelidik-penyelidik daripada Bahagian Ekologi Institut Penyelidikan Perikanan (FRI) di Gelugor, Pulau Pinang tanpa peruntukan kewangan yang khusus (Wong, 1991). Tukun tiruan yang pertama dilabuhkan berhampiran Pulau Telur dan Pulau Payar, Kedah pada 6 Mei 1975 dan 11 Oktober 1975. Tujuan pembinaannya adalah untuk memulihkan sumber perikanan yang semakin berkurang dan menghalang pencerobohan nelayan pukat

tunda ke kawasan pesisir pantai. Selain itu, pembinaan tukun tiruan ini juga adalah untuk tujuan kajian ekologi marin penyelidik-penyelidik FRI. Pemilihan tapak telah dijalankan oleh penyelidik FRI secara selaman SCUBA. Menurut Jothy (1982) dan Wong (1991), tapak untuk pembinaan tukun tiruan dipilih berdasarkan kriteria berikut:

- Dasar laut yang keras, sedimen jenis pasir dan tidak berlumpur
- Julat kedalaman antara 15 - 25 meter
- Air yang jernih
- Ketiadaan arus yang kuat
- Ketiadaan terumbu karang
- Jauh dari muara sungai
- Jauh dari kawasan tangkapan ikan nelayan tradisional, pukat tunda dan pukat jerut
- Berada di luar laluan kapal dan batas pelabuhan (port limit)

Kajian tapak kemudian dilakukan dengan menggunakan 'echo sounder' untuk mengkaji topografi dasar laut, pencengkam sedimen (grab) atau penyelam SCUBA digunakan untuk mengambil sampel sedimen dan meter arus untuk mendapatkan maklumat arah dan kelajuan arus. Penyelam SCUBA meneroka dan merakam video kawasan dasar laut untuk mendapatkan maklumat asas topografi, kestabilan substrat, jarak dengan terumbu karang semula jadi dan sumber biologi di kawasan tapak yang dipilih. Kajian sumber perikanan juga dijalankan dengan menggunakan bubu dan pancing untuk mengumpul maklumat awal berkaitan sumber perikanan di tapak yang dikaji (Wong, 1991).



Gambar 11: 'Echo Sounder'



Gambar 12: 'Grab Smith McIntyre'



Gambar 13: Sedimen Dasar Laut

2.3 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Tayar

Kertas kajian pertama yang menghuraikan penggunaan tukun tiruan di Malaysia dan juga reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan tayar telah ditulis pada tahun 1978 oleh Alexander A. Jothy, seorang pegawai penyelidik FRI Batu Maung. Berdasarkan senarai rujukan dalam kertas kajian tersebut, idea asal dan pengetahuan asas berkaitan pembinaan tukun tiruan adalah berpandukan usaha sebelumnya yang dilakukan oleh Australia, Amerika Syarikat dan Jepun. Beliau merujuk kepada kertas kajian yang ditulis oleh Ahr (1974), yang menjelaskan hal berkaitan pemilihan tapak; Carlisle *et al.* (1964), terhadap ekologi; Stone (1972), berkaitan penggunaan bahan terbuang untuk pembinaan tukun tiruan dan pengurusan perikanan; Sander (1974), mengenai pembangunan dan kemajuan tukun tiruan di Australia; Ogawa (1973), berkaitan aspek biologi tukun tiruan dan Ino (1974), mengenai sejarah tukun tiruan di Jepun. Cadangan pembinaan tukun tiruan menggunakan tayar di Malaysia adalah berasaskan idea daripada Sanders (1974). Beliau menerangkan kejayaan menggunakan tayar sebagai bahan tukun tiruan di Australia dan menekankan bahawa tukun tiruan yang diperbuat daripada tayar boleh menyediakan permukaan yang sangat baik untuk benih organisma marin melekat dan tumbuh di atasnya. Beliau juga menyatakan bahawa penggunaan tayar terbuang sebagai tukun tiruan mampu mengurangkan masalah untuk melupus lebih daripada dua juta tayar terbuang yang terdapat di Australia setiap tahun. Menurut Jothy (1982), Malaysia juga mempunyai masalah yang sama berhubung tayar terbuang. Dengan menggunakan tayar untuk membina tukun tiruan, masalah ini akan dapat diatasi dengan cepat.

Jothy (1982), menyatakan penggunaan tayar sebagai tukun tiruan telah memberikan kejayaan yang memberangsangkan. Tayar merupakan bahan sedia ada yang mudah didapati, agak murah untuk digabungkan menjadi modul dan mudah dikendalikan oleh penyelam SCUBA ketika proses melabuhkannya ke dasar laut. Walau bagaimanapun, program yang sama di negara lain telah menghadapi masalah kerana keadaan laut yang sering dilanda taufan yang kuat. Ketiadaan taufan dan ribut yang kuat di Malaysia

mbolehkan penggunaan tayar sebagai tukun tiruan dapat dibuat tanpa menghadapi sebarang masalah yang serius seperti tukun yang tidak stabil atau kehilangan struktur modul tukun (Wong, 1991). Selain tayar terbuang, tayar yang tidak menepati piawai SIRIM turut disumbangkan secara percuma oleh Syarikat Goodyear®, salah satu syarikat pengeluar tayar terbesar di dunia ketika itu.

Pada peringkat awal, setiap modul hanya mempunyai 3 - 5 biji tayar (Jothy, 1982; Wong, 1991; Sukarno *et al.* 1994). Untuk memudahkan proses melabuh, dua lubang bulat dengan diameter 6 - 8 cm atau dua bukaan berbentuk segi empat dengan keluasan kira-kira 75 cm² telah dibuat pada bahagian tepi tayar untuk mengeluarkan udara yang terperangkap. Seterusnya, tayar itu diikat bersama menggunakan tali polyethylene untuk membentuk modul berbentuk segi empat kecil. Idea asal reka bentuk ini kurang jelas tetapi mempunyai persamaan dengan reka bentuk tukun tiruan tayar yang dibina di Virginia, Amerika Syarikat seperti yang dilaporkan oleh Meier *et al.* (1986). Modul kecil ini boleh digabungkan bagi membina pelbagai reka bentuk seperti segi tiga, piramid, segi empat, pautan rantaian dan lain-lain (Jothy, 1982).



Gambar 14: Modul Tiga Tayar (tetrahedral)



Gambar 15: Modul Empat Tayar (silinder)



Gambar 16: Modul Piramid

Setiap modul akan diikat oleh penyelam menggunakan tali polypropylene berdiameter 1.6 cm. Kira-kira 100 - 500 modul yang mengandung jumlah keseluruhan 300 - 500 tayar diangkat ke lokasi terpilih dengan menggunakan bot nelayan atau kapal penyelidikan FRI (Wong, 1991).

2.4 Proses Melabuh Tukun Tayar

Menurut Jothy (1982), modul tukun dilabuhkan ke dasar laut menggunakan tali sauh dengan mengelongsorkannya ke bawah. Modul-modul yang tenggelam kemudiannya disusun di permukaan dasar laut dan diikat oleh penyelam yang terdiri daripada penyelidik FRI dan penyelam SCUBA kontrak bagi menghasilkan modul yang lebih besar untuk meningkatkan kestabilan dan berat supaya tidak dihanyutkan oleh arus. Kaedah melabuh yang sama digunakan oleh Amerika Syarikat dan Australia seperti yang dinyatakan oleh Davis (1974) dan Meier *et al.* (1986). Hasilnya modul-modul tersebut mempunyai profil ketinggian yang tidak sekata tetapi tiada yang melebihi ketinggian 1 meter. Koordinat (latitud dan longitud) setiap tapak tukun tersebut direkodkan dan dikod mengikut jenis bahan yang digunakan, jumlah dan tarikh dilabuhkan.



Gambar 17: Proses Mengangkut Tukun Tayar ke Lokasi

Aktiviti melabuhkan tukun pertama diketuai oleh penyelidik-penyelidik FRI dibuat berdekatan Pulau Telur dan Pulau Payar, Kedah pada 6 Mei dan 11 Oktober 1975. Pemilihan tapak dijalankan oleh penyelidik-penyelidik FRI secara selaman SCUBA termasuk mengambil sampel sedimen. Menurut Jothy (1986), sebanyak 6,329 biji tayar terbuang telah dilabuhkan di Pulau Telur dan 5,229 biji tayar lagi berdekatan Pulau Payar. Mengikut rancangan asal sebanyak 5,000 dan 6,000 biji tayar akan dilabuhkan di setiap tapak bergantung pada kadar kejayaan tukun tersebut. Tapak yang berjaya akan ditambah dengan tukun baharu yang meliputi kawasan dasar laut seluas 557 m² sehingga 929 m² dengan ketinggian tidak melebihi 1.2 meter (Jothy, 1982). Tujuan tukun tayar dilabuhkan di Pulau Telur dan Pulau Payar adalah untuk penyelidikan dan peningkatan sumber (pemuliharaan). Pada Julai 1976, sebanyak 10,193 biji tayar telah dilabuhkan berhampiran Pulau Aman, (sebuah pulau kecil berhampiran Pulau Pinang) menjadi tukun tiruan ketiga di Malaysia. Projek ini telah menerima maklum balas yang positif daripada nelayan tempatan kerana telah meningkatkan kadar tangkapan harian dan jenis ikan pilihan mereka seperti spesies ikan kerapu yang berkualiti tinggi (Jothy, 1986). Tukun tiruan di Pulau Aman pula dilabuhkan bertujuan mengumpulkan ikan bagi meningkatkan kecekapan aktiviti penangkapan ikan oleh nelayan tradisi dan merupakan tapak tukun pertama dibina oleh JPM yang tujuannya bukan untuk konservasi. Kejayaan projek tukun tiruan di Pulau Telur, Pulau Payar dan Pulau Aman telah difilemkan oleh penyelam-penyelam SCUBA dari FRI Batu Maung. Kumpulan anak ikan komersial seperti ikan merah, kunyit dan kerapu, serta permukaan tayar yang ditumbuhi dan diliputi oleh pelbagai spesies flora dan fauna marin telah dirakam menggunakan video dan gambar-gambar juga telah diambil. Kejayaan yang ditunjuk oleh FRI melalui rakaman video dan gambar-gambar ini telah mendorong JPM untuk mengembangkan pembinaan tukun tiruan ke negeri lain dalam Malaysia.

2.5 Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa I

Pada tahun 1975, usaha penyelidikan dan pembangunan (R&D) lebih cenderung untuk mencuba teknologi baru dengan berpandukan reka bentuk dan



Gambar 18: Pemantauan Visual Tukun Tayar di Dasar Laut

pembinaan tukun tiruan berdasarkan usaha sebelumnya yang dijalankan oleh negara lain terutamanya di Amerika Syarikat dan Australia. Pada mulanya, pembinaan tukun tiruan hanya menggunakan tayar kerana terdapat penerbitan bahan rujukan yang membuktikan kelebihan dan kejayaan menggunakan tayar berbanding bahan yang lain. Dengan pengalaman yang terhad dan pengetahuan sedia ada, semua aktiviti pembinaan tukun tiruan dijalankan berdasarkan percubaan. Tidak ada penyelidik daripada JPM yang menjalani mana-mana latihan formal berkaitan reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan. Pada masa itu, maklumat dan pengetahuan terutamanya berkaitan kejuruteraan laut dan oseanografi sangat terhad. Hanya peruntukan yang kecil dibelanjakan untuk projek tukun tiruan kerana projek ini hanya merupakan salah satu aktiviti di bawah Bahagian Ekologi Institut Penyelidikan Perikanan (FRI). Projek ini dilaporkan sangat berjaya di keseluruhan tapak dan telah dibuktikan dengan data kajian terhadap kehadiran beberapa spesies ikan dan juga organisma marin lain. Pada masa tersebut, kerajaan tidak memperkenalkan dan melaksanakan apa-apa dasar terhadap pembangunan dan pengurusan tukun tiruan dan tidak menyediakan garis panduan untuk pemilihan bahan, reka bentuk dan pembinaan (Wong, 1991).

BAB 3

REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA II (1978 - 2005)

3.1 Objektif Pembinaan Tukun Fasa II

Pada tahun 1998, Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia (LKIM) juga membina tukun tiruan yang dikenali sebagai unjam-unjam. LKIM juga merupakan agensi kerajaan di bawah Kementerian Pertanian seperti Jabatan Perikanan Malaysia (JPM). Objektif utama pembinaan tukun ini adalah untuk menaik taraf status sosio-ekonomi nelayan tradisional ke arah meningkatkan pencapaian kepada sumber, hasil tangkapan dan pendapatan. Hal ini menunjukkan perbezaan objektif antara pembinaan tukun untuk meningkatkan hasil tangkapan oleh LKIM dan tukun yang dibina untuk peningkatan sumber perikanan pesisir pantai oleh JPM. Program LKIM bertujuan untuk menyediakan kawasan tangkapan tambahan atau alternatif lain untuk nelayan tradisional. Kebanyakan aktivitinya tertumpu kepada komuniti nelayan pesisir pantai yang mana sumber semula jadi dilaporkan berkurangan dengan serius disebabkan oleh tangkapan berlebihan dan kerosakan habitat oleh nelayan pukat tunda haram. Selain berfungsi sebagai peranti pengumpulan ikan, unjam-unjam juga berfungsi sebagai tempat perlindungan untuk ikan-ikan marin. Objektif utama pembinaan tukun Fasa II adalah:

- Menggalakkan produktiviti biologi dan sumber perikanan di kawasan pantai kurang lima batu nautika melalui pembinaan habitat ikan yang baru.
- Menggalakkan produktiviti tangkapan berbanding kos operasi, mengurangkan masa mencari kawasan tangkapan ikan.
- Memulihkan dan memelihara sumber perikanan yang terjejas teruk akibat aktiviti pukat tunda haram.
- Menyediakan hak menangkap ikan kepada nelayan tradisional terhadap sumber perikanan di sekitar tukun tiruan.

- Meningkatkan kesedaran dan rasa tanggungjawab dalam kalangan nelayan terhadap pengurusan sumber yang baik dan amalan pemuliharaan.
- Menggalakkan pengusahaan aktiviti perikanan rekreasi dan pelancongan oleh nelayan.

3.2 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Tayar

Pada tahun 1978, projek melabuhkan tukun tiruan telah dikembangkan ke negeri Perak dan Johor. Tukun tayar pertama untuk Pantai Timur Semenanjung Malaysia telah dilabuhkan pada tahun 1979 berhampiran Pulau Ekor Tebu, Terengganu (Wong, 1991). Projek tukun tiruan tayar pertama di Sabah dan Sarawak bermula pada tahun 1982 semasa rancangan Malaysia ke 4 (1981 - 1985) dengan masing masing menggunakan 2,834 dan 2,096 biji tayar (Jothy, 1986)

Pada tahun 1984, Menteri Pertanian telah melancarkan program nasional bagi mengumpulkan tayar untuk membina tukun tiruan. Tujuannya adalah untuk melabuhkan 28,000 biji tayar di setiap tapak tukun tiruan di seluruh Malaysia (Jothy, 1986). Program tersebut dijangka menggunakan dua juta biji tayar untuk membina 65 tapak tukun berskala besar pada penghujung tahun 1990. Setiap tapak terdiri daripada 50,000 biji tayar dan 1.5 juta biji tayar diperlukan pada akhir tahun 1990. Pembinaan tukun tiruan berskala besar dengan mencecah 50,000 biji tayar bagi setiap tapak adalah salah satu daripada strategi yang dicadangkan untuk pemulihan sumber perikanan laut di kawasan pesisir pantai.

Pada tahun 1986, jumlah tayar yang digunakan bagi setiap modul telah meningkat daripada 3 - 4 biji tayar kepada 42 biji tayar. Tayar tersebut diikat menjadi sebuah piramid dengan ketinggian hampir 2 meter. Kawasan dasar

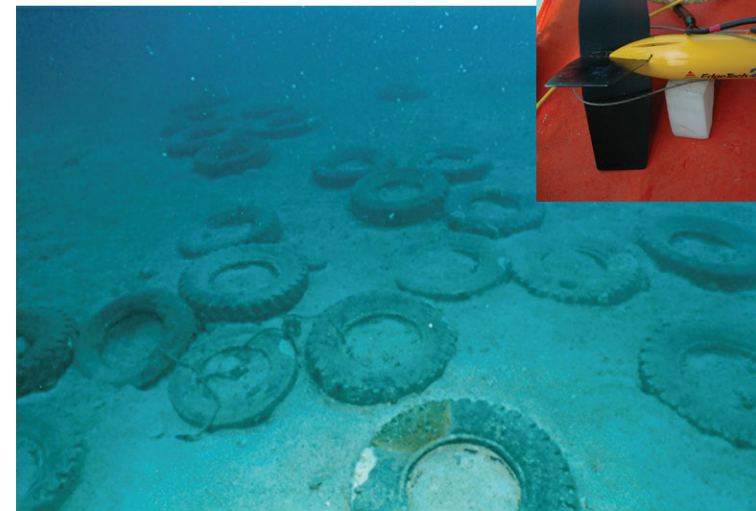
laut yang dilitupi oleh sebuah modul piramid adalah seluas 3 m². Pada akhir tahun 1987, bilangan tapak tukun tayar telah meningkat kepada 76 tapak. Bilangan tayar terbanyak yang dilabuhkan pada satu tapak adalah 63,523 biji tayar (Wong, 1991). Pada penghujung tahun 1995, bilangan tapak tukun tiruan yang dipenuhi tayar telah dikekalkan sebanyak 76 tapak dan jumlah keseluruhan tayar yang dilabuhkan adalah sebanyak 3,145,856. Semenanjung Malaysia mempunyai bilangan tapak tukun yang terbanyak iaitu 58 tapak diikuti dengan 10 tapak di Sarawak dan 8 tapak di Sabah.



Gambar 19: Modul Tukun 42 biji Tayar

Walau bagaimanapun, pada tahun 1996, penggunaan tayar menurun dengan drastik dan kemudiannya diharamkan sepenuhnya oleh JPM disebabkan oleh dakwaan bahawa tayar kenderaan mengeluarkan toksin ke dalam persekitaran marin daripada pihak yang terlibat (Ahmad *et al.* 2013). Selain itu, ribut yang kuat menyebabkan susunan tayar bergerak dari kedudukan asal dan akhirnya berpecah. Tayar yang telah berselerak ini menjejaskan hidupan bentik untuk jangka masa yang lama.

Berdasarkan kajian akustik yang telah dijalankan oleh JPM dengan kerjasama Universiti Malaysia Terengganu (UMT) menggunakan peralatan 'side scan sonar', 'sub-bottom profiler' dan juga pemerhatian visual oleh penyelam SCUBA JPM, mendapati kesemua tukun tayar yang dilabuhkan di kawasan tidak terlindung oleh pulau sepanjang pantai Terengganu telah musnah dan tertimbus ke dalam dasar laut. Tali yang digunakan untuk mengikat tayar-tayar tersebut juga terputus dan tayar yang terlerai tertanam ke dalam dasar laut oleh proses pengerukan. Sebahagian tapak tukun tiruan tayar yang terletak di antara pulau-pulau masih dalam keadaan yang baik tetapi tidak berfungsi sebagai tukun semula jadi walaupun telah dilabuhkan lebih dari 30 tahun. Tinjauan yang sama telah dijalankan oleh Ahmad *et al.* (2013), Azizi *et al.* (2014), dan Azizi *et al.* (2016), disepanjang Pantai Barat Semenanjung Malaysia menunjukkan kesemua tukun tiruan tayar yang dilabuhkan di permukaan dasar lembut terbenam ke dalam dasar laut. Tukun ini tidak berfungsi untuk jangka masa yang lama dan hanya berfungsi sebagai peranti pengumpulan ikan sementara yang hanya efektif dalam tempoh kurang dari setahun.



Gambar 21: Tukun Tayar yang Telah Terlerai



**Gambar 20:
'Side Scan Sonar'**

3.3 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Vesel Kayu

Jabatan Perikanan tidak membuat apa-apa ubahsuai ke atas reka bentuk asal vesel yang diputuskan untuk dijadikan tukun terutama vesel asing yang diarah lupus oleh mahkamah. Vesel kayu pertama yang dijadikan sebagai tukun tiruan di Malaysia telah dilabuhkan berhampiran Pulau Kapas di Terengganu pada tahun 1984. Projek tersebut kemudiannya dikembangkan ke negeri Kedah, Kelantan, Perak dan Selangor. Sebelum dilabuhkan vesel akan dibersihkan, bahan tercemar dan semua peralatan elektronik dikeluarkan. Bahagian dan serpihan yang longgar yang boleh tertanggal dan menyebabkan pencemaran di laut juga dibuang terlebih dahulu. Kesemua tangki air dan tangki minyak ditebuk untuk mengeluarkan udara terperangkap yang boleh menghalang vesel daripada tenggelam. Enjin dikekalkan pada vesel sebagai pemberat untuk memudahkan vesel tenggelam (Wong, 1991). Menurut Ahmad *et al.* (2008), JPM telah menenggelamkan lebih daripada 1,000 buah vesel nelayan dan bot pelarian Vietnam sejak tahun 1984 di perairan pantai Terengganu. Terdapat lebih daripada 2,000 vesel kayu nelayan yang dirampas dan juga vesel kayu pelarian Vietnam telah dilabuhkan sebagai tukun tiruan sehingga tahun 2015.



Gambar 22: Tukun Vesel Kayu yang Telah Dibersihkan



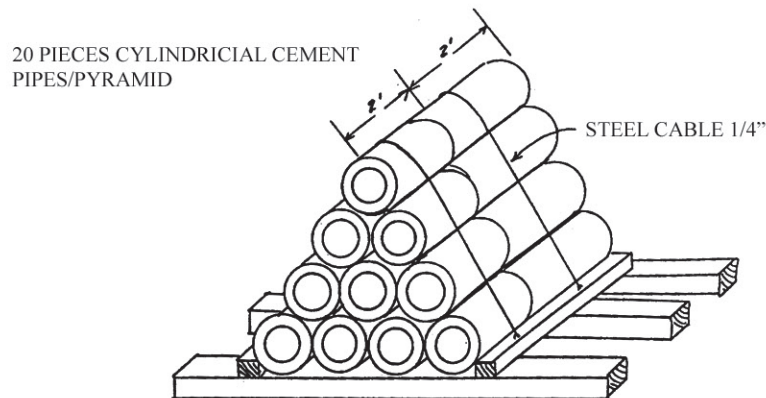
Gambar 23: Tukun Vesel Kayu yang Telah Dimusnahkan Arus

Ahmad *et al.* (2008), melaporkan kesemua tukun yang dibina menggunakan vesel kayu di perairan pantai Terengganu telah musnah terutama ketika musim tengkujuh dan sisanya ada yang terdampar di pantai Terengganu. Pemerhatian visual oleh penyelam SCUBA JPM hanya menemui enjin sahaja dengan hanya sedikit atau tiada pertumbuhan organisma marin. Sukarno *et al.* (1994), melaporkan vesel kayu hanya mengekalkan struktur asal dalam tempoh kurang daripada empat tahun. Berdasarkan bukti saintifik yang dilaporkan oleh penyelidik JPM, pembinaan tukun menggunakan vesel kayu diharamkan di beberapa negeri mulai pada tahun 2012. Tindakan ini telah diambil mengikut garis panduan UNEP 2008. Walau bagaimanapun agensi lain seperti Agensi Penguatkuasaan Maritim Malaysia (APMM) masih menenggelamkan vessel nelayan asing yang dirampas sebagai tukun tiruan.

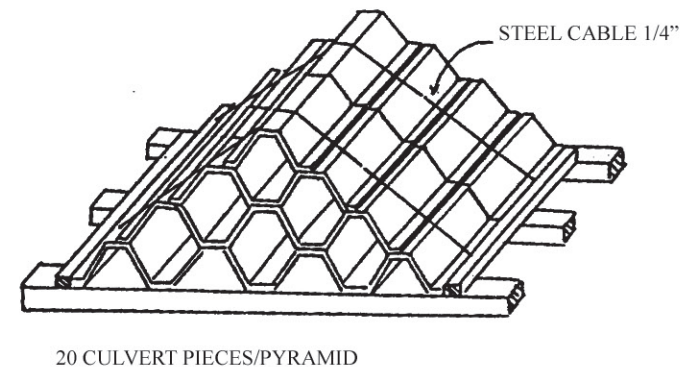
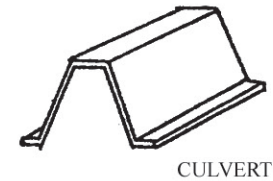
3.4 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Silinder dan Tukun Konkrit Saliran Pembentung (Kulvat)

Beberapa reka bentuk tukun menggunakan konkrit telah dibina oleh penyelidik FRI. Sepanjang fasa ini semua pembinaan adalah bertujuan untuk percubaan bagi mengetahui keberkesannya. Peruntukan yang terhad menyebabkan projek ini tidak berkembang dengan pesat.

Tukun konkrit pertama di Malaysia telah dilabuhkan pada tahun 1986 di Pulau Payar, Kedah. Menurut Grove *et al.* (1991), konkrit merupakan bahan yang digunakan secara meluas untuk membina tukun di dunia. Bagi Malaysia idea penggunaan konkrit dalam pembinaan tukun tiruan di Malaysia adalah berdasarkan maklumat kejayaan tukun konkrit di Jepun (Jothy, 1986). Menurut Wong (1991), pada tahun 1986, hanya dua jenis konkrit yang digunakan iaitu konkrit silinder berukuran 1.22 meter (panjang) dan 0.61 meter (diameter) dan konkrit saliran pembentung (Kulvat) berukuran 0.81 meter (panjang) dan 0.61 meter (tinggi). Modul berbentuk piramid kemudiannya dibina dengan menyusun 20 unit konkrit di atas pelapik yang dibuat daripada kayu cengal dan diikat dengan kabel besi. Modul piramid yang terhasil berukuran 3.65 meter (panjang), 1.8 meter (lebar) dan 3.6 meter (tinggi). Berat setiap modul tukun konkrit silinder ialah 1.5 tan metrik manakala berat modul tukun konkrit saliran pembentung (kulvat) ialah 2 tan metrik.



Gambar 24: Modul Tukun Konkrit Silinder



Gambar 25: Modul Tukun Konkrit Saliran Pembentung (Kulvat)

Perkembangan semua modul tukun ini tidak dilaporkan dengan sempurna dalam laporan-laporan penyelidikan yang dibuat secara tidak berjadual. Mengikut teorinya kabel besi yang mengikat semua unit-unit kulvat dan silinder membentuk modul-modul itu akan terputus kerana tindak balas air masin dengan besi. Jika kawasan dilabuh dasarnya keras seperti sedimen dasar berbatu kecil struktur itu akan runtuh dan berada dikawasan dilabuh. Walau bagaimanapun jika dilabuh di kawasan pasir halus atau lumpur yang lembut semuanya sudah pasti akan tertimbus ke dalam dasar laut.

3.5 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Udang Karang

Pembinaan tukun tiruan yang sebelumnya hanya mensasarkan kepada ikan berubah apabila JPM memperkenalkan reka bentuk tukun khusus untuk meningkatkan spesies marin bernilai komersil seperti udang karang. Udang karang dipilih sebagai spesies pertama kerana habitat semula jadi hidupan ini ialah di kawasan batu karang. Tukun konkrit digunakan untuk menggantikan habitat semula jadi udang karang telah dibina dan dilabuhkan berhampiran Pulau Pinang (sebuah pulau berdekatan Pulau Redang, Terengganu) pada tahun 1990. (Sukarno *et al.* 1994; Che Omar & Sukarno, 1994).

Memandangkan ukuran sebenar tidak dinyatakan, kami menganggarkan setiap unit berukuran 0.6 meter (panjang), 0.6 meter (lebar) dan 0.3 meter (tinggi). Setiap unit ini mempunyai dua lubang di mana hujung sebelah lagi tertutup untuk menyamai habitat semula jadi udang karang. Tukun udang karang ini dibina menggunakan enam unit konkrit berlubang. Bahagian bawah diletakkan empat bongkah dan di atas empat bongkah ini diletakkan dua bongkah yang lain. Dua keping konkrit dengan anggaran ukuran 1 meter panjang dan 1 meter lebar dan tebalnya 5 cm diletakkan pada bahagian atas. Konkrit penutup yang panjang menjadi pelindung kepada bahagian yang berlubang. Keadaan ini dijangka akan menarik perhatian udang karang untuk mendiaminya. Semua kerja membina dan melabuh dibuat secara manual oleh penyelidik FRI melalui selaman SCUBA kerana struktur tukun yang kecil dan ringan. Tukun diletakkan pada kedalaman 5 - 10 meter pada jarak 15 meter dari pantai. Kawasan tapak tidak mempunyai batu karang tetapi hanya dataran pasir jenis kasar yang luas. Jumlah dan kedudukan setiap modul tukun tidak dinyatakan oleh penyelidik terdahulu.



Gambar 26: Modul Tukun Udang Karang Enam Bongkah

Satu lagi reka bentuk dinamakan igloo berukuran 0.6 meter (panjang), 0.53 meter (lebar) dan 0.45 meter (tinggi). Tukun ini mempunyai tiga lubang berdiameter 0.2 meter, 0.15 meter dan 0.1 meter. Hujung lubang ini ditutup supaya menyamai habitat semula jadi udang karang. Saiz lubang yang berbeza bertujuan untuk memberi ruang yang sesuai kepada udang karang yang berbeza saiz bersembunyi didalamnya. Tiada bukaan lain pada sisi, belakang atau bahagian atas modul. Tukun dilabuhkan pada kedalaman 5 - 10 meter pada jarak 15 meter dari pantai. Kawasan tapak tidak mempunyai batu karang tetapi hanya dataran pasir jenis kasar yang luas. Kerja-kerja melabuh dibuat secara manual oleh penyelidik FRI. Jumlah dan kedudukan tukun disusun tidak dinyatakan.

Hampir kesemua tukun yang dibina telah musnah dan tertimbus ke dalam dasar laut disebabkan oleh proses pengerukan. Udang karang juga tidak ditemui kerana kawasan berkenaan bukanlah



Gambar 27: Modul Tukun Udang Karang Igloo

habitat semula jadi udang karang ataupun laluan pergerakan dalam kitaran hidupnya. Selain itu struktur ini juga tidak dibina dengan kukuh dan akan bergerak dan terbalik jika tapak sudah tidak lagi stabil.

3.6 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Sotong

Tukun konkrit sotong telah direka untuk menarik sotong berkumpul, mengawan dan bertelur terutamanya sotong katak spesies *Sepia pharaonis* dan sotong mengabang spesies *Sepioteuthis lessoniana*. Reka bentuk tukun ini diubahsuai daripada reka bentuk tukun yang dibina di Niigata, Jepun. Tukun sotong yang pertama dilabuhkan di Pantai Jambu Bongkok, Terengganu pada tahun 1992. Tapak ini dipilih kerana telah menjadi tumpuan sotong berkumpul untuk bertelur pada setiap musim. Idea ini timbul kerana ketika musim sotong bertelur, induk sotong akan melekatkan telurnya pada bubu ikan atau bubu sotong nelayan persisir pantai. Selain itu tali unjam, tali bubu dan pelepah kelapa yang dijadikan unjam juga merupakan tempat yang paling digemari oleh sotong untuk melekatkan telurnya. Semasa nelayan mengangkat bubu untuk mengambil hasil tangkapan semua telur sotong yang melekat pada tali dan bubu ditanggalkan dan dicampak kembali ke dalam laut. Telur yang dicampakkan ke dalam laut ini belum pasti akan menetas menjadi anak-anak sotong kerana tidak melekat pada apa-apa substrat dan tidak dikawal oleh induknya. Sehubungan itu JPM berpendapat satu tukun khas perlu dibina sebagai perintis untuk melihat adakah tukun itu akan berkesan sebagai tempat sotong bertelur untuk memastikan semua telur akan selamat menetas dan anak-anak sotong boleh membesar sehingga dewasa.

Tiga reka bentuk telah dihasilkan dan dinamakan sebagai Tukun Mengabang, Tukun Ketupat dan Tukun Cumit. Semua tukun sotong ini dibina dengan menggunakan kaedah pasang siap iaitu bahagian-bahagian tukun dibina secara berasingan yang kemudiannya disambung atau disusun menjadi satu modul yang lengkap di dasar laut.

Tukun Mengabang berbentuk meja tiga tingkat dengan ukuran 1 meter (panjang), 1 meter (lebar) dan 0.72 meter tinggi. Konkrit yang digunakan ialah konkrit gred 30. Kerangka ialah besi BR-10. Berat keseluruhan setiap modul ialah 250 kg. Penyambungan struktur tukun dibuat di dasar laut oleh penyelidik SEAFDEC/MFRDMD dan penyelam daripada syarikat yang

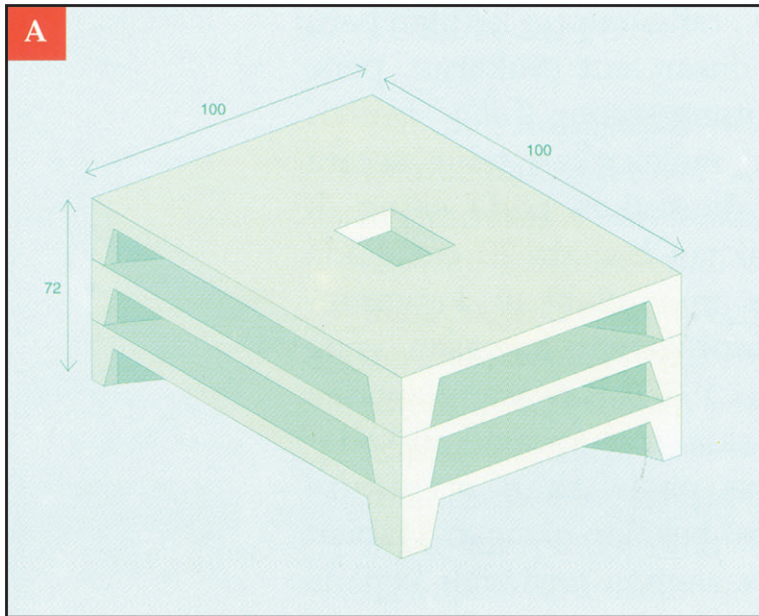
dilantik oleh JPM. Memandangkan kawasan Jambu Bongkok tidak mempunyai kemudahan ponton atau bot besar untuk berlabuh, bahan-bahan binaan di bawa ke kawasan melabuh menggunakan rakit yang diperbuat daripada buluh. Bahagian-bahagian tukun dihulurkan ke dasar laut yang berkedalaman 15 meter menggunakan tali dan penyelam SCUBA mencantumkan secara manual di dasar laut yang berpasir. Jarak tapak dari pantai ialah 0.5 meter. Sebanyak 35 modul telah berjaya dilabuhkan. Tukun tersebut disusun dalam lima baris di mana setiap baris mengandungi tujuh modul. Jarak di antara modul ialah 2 meter.

Tukun Ketupat juga mempunyai ukuran yang sama tetapi hanya satu tingkat sahaja. Tukun ini juga dibina secara pasang siap di mana bahagian-bahagian tukun dicantumkan di dasar laut oleh penyelam SEAFDEC - MFRDMD dan penyelam daripada syarikat yang mendapat kontrak pembinaan. Lokasi tapak tukun ini dilabuh ialah 10 meter dari kelompok tapak tukun mengabang dan semua 35 modul disusun dalam lima baris yang mana setiap baris mengandungi tujuh modul. Jarak di antara modul ialah 2 meter.

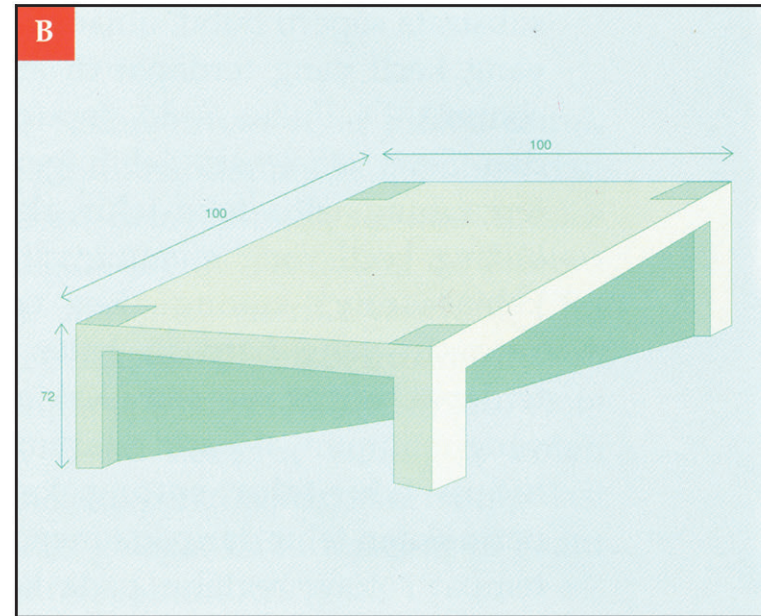
Tukun Cumit juga berukuran 1 meter (panjang), 1 meter (lebar) dan 0.72 meter (tinggi). Tukun ini juga mempunyai tiga tingkat dan saiz ruang di antara satu tingkat dengan tingkat yang lain ialah 0.2 meter. Pembinaan juga secara pasang siap dan dilabuhkan 10 meter dari kelompok Tukun Ketupat dalam lima baris.

Walaupun pada peringkat awalnya kawasan tukun ini penuh dengan sotong torak yang berkumpul untuk bertelur tetapi ianya hanya berlaku untuk satu musim sahaja. Semua tiga reka bentuk tukun ini tidak bertahan lama kerana strukturnya yang tidak kukuh kerana dibina secara pasang siap. Pada musim tengkujuh kawasan persisiran pantai Terengganu akan terdedah kepada arus laut dan ombak yang kuat. Proses pengerukan dan hakisan yang berterusan akan menyebabkan tapak tukun tidak stabil dan terbalik. Pemantauan secara selaman SCUBA oleh penyelidik SEAFDEC - MFRDMD mendapati tidak ada satu pun struktur yang bentuknya sempurna seperti semasa dilabuh. Runtuhan tukun sotong ini menjadi habitat sementara kepada udang karang yang berhijrah kerana beberapa ekor udang karang dewasa ditemui di bawah runtuhan tukun-tukun sotong ini.

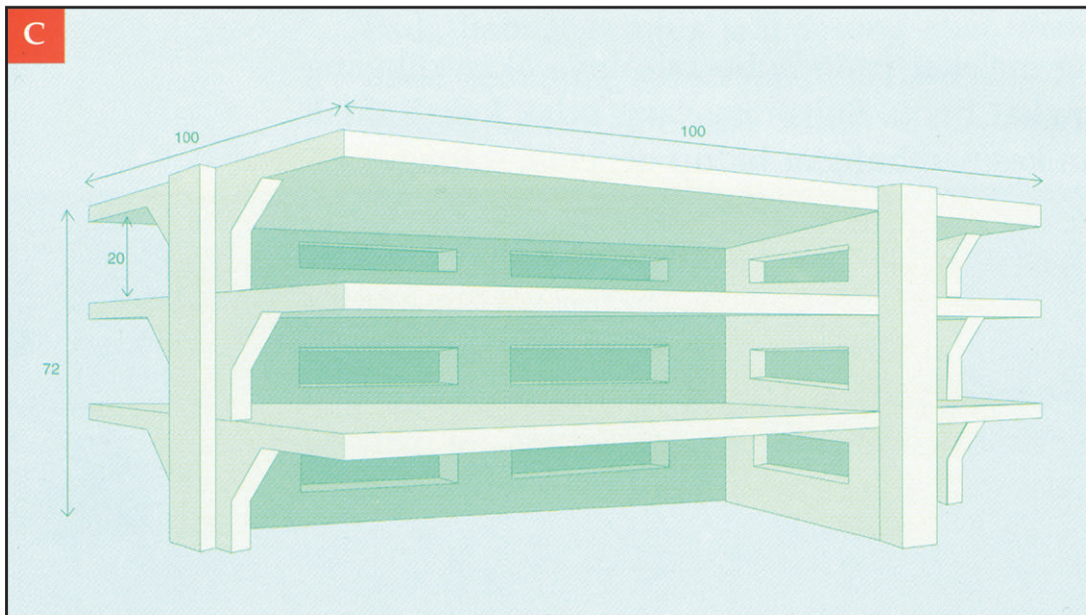
Gambar 28: Tiga Modul Tukun Sotong:



Gambar 28A : Modul Tukun Mengabang



Gambar 28B : Modul Tukun Ketupat



Gambar 28C : Modul Tukun Cumit

3.7 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Rekreasi Pulau Tioman

Sekitar tahun 1990-an perikanan rekreasi atau aktiviti memancing untuk tujuan rekreasi semakin berkembang di Malaysia. Walau bagaimanapun masalah yang besar timbul apabila pulau-pulau yang kaya dengan batu karang juga menjadi tumpuan pemancing dan penyelam SCUBA termasuk perairan taman laut. Sebagai persediaan untuk mengelakkan kebanjiran penyelam SCUBA dalam kawasan terumbu karang yang akan menyebabkan kemudaratan, JPM telah membina tukun tiruan rekreasi yang pertama di Malaysia menggunakan konkrit pada tahun 1992 melalui pinjaman daripada Bank Pembangunan Asia. Lokasi tukun ini dilabuh ialah pada kedalaman 25 meter di Teluk Batang Ai, Pulau Tioman. Tukun berbentuk kuboid ini berukuran 1.2 meter panjang, lebar dan tinggi. Tebal dinding ialah 0.3 meter dan bukaan pada dinding sebagai laluan ikan keluar masuk ialah 0.6 meter lebar dan juga panjang. Bagi mengukuhkan dinding, besi BRC-10 digunakan. Sebanyak 720 unit telah dibina.

Setiap modul mengandungi sembilan unit yang disusun secara bertingkat. Pada tingkat bawah diletakkan enam unit dan di atasnya diletakkan dua unit dan yang paling atas satu unit. Tinggi keseluruhan setiap modul ialah 3.5 meter. Kajian tapak dijalankan oleh penyelidik FRI untuk mendapatkan maklumat asas sebelum tukun dilabuh supaya perbandingan dengan perkembangan yang berlaku selepas tukun dilabuhkan boleh dibuat.

Semasa operasi melabuh, dua batang besi yang kukuh dimasukkan ke dalam lubang pada enam unit tukun paling bawah untuk digunakan sebagai tempat mengangkat. Kabel kemudiannya ditambat pada setiap hujung batang besi itu dan semasa mengangkat semua sembilan unit tukun pada modul berkenaan bergerak serentak. Penyelam akan melepaskan kabel ini apabila tukun sudah mencecah dasar laut.

Sebanyak 80 modul telah dilabuhkan dengan jarak bagi setiap modul ialah 7 meter. Modul disusun dalam lapan baris dimana dalam setiap baris terdapat 10 modul. Keluasan tapak kesemua 80 modul tersebut ialah 3090 meter².

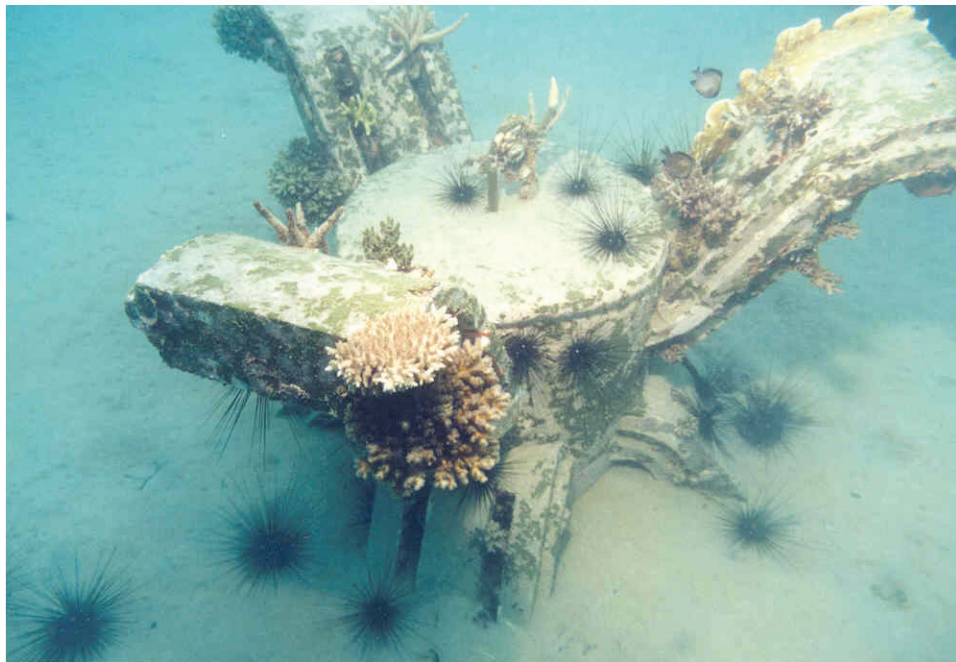
Maklumat mengenai perkembangan tukun ini tidak direkodkan dengan sempurna kerana kajian dijalankan secara tidak berjadual. Walau bagaimanapun, oleh kerana tapak tukun ini dalam kawasan Taman Laut Pulau Tioman, kami yakin banyak spesies ikan menjadikan kawasan berkenaan sebagai kawasan untuk berlindung. Walau bagaimanapun karang keras tidak ditemui kerana faktor kedalaman air yang dalam dan keadaan air yang keruh tidak sesuai untuk pertumbuhan batu karang.



Gambar 29: Modul Tukun Rekreasi Pulau Tioman

3.8 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Konkrit Meja

Tukun ini dibina untuk menyediakan kawasan bagi pertumbuhan batu karang keras dan mengumpulkan ikan batu karang. Tukun ini telah dilabuhkan berhampiran Jeti Taman Laut, Pulau Tioman pada tahun 1991 bagi menjadikan kawasan berkenaan yang dasar lautnya hanya berpasir akan dipenuhi dengan batu karang dan dapat menarik ramai pengunjung untuk aktiviti selaman SCUBA dan snorkeling di sekitar kawasan jeti itu. Reka bentuk seperti ini dihasilkan kerana permukaan luas yang rata seperti meja diharap dapat meningkatkan peluang untuk benih batu karang keras melekat di atasnya. Tidak semua permukaan tukun dilekati benih dan ditumbuhi dengan batu karang keras. Sehubungan itu JPM dengan kerjasama kakitangan Jabatan Taman Laut Malaysia (JTLM) telah menjalankan aktiviti penanaman batu karang. Projek ini dibuat dengan mengambil benih batu karang dari tempat lain dan melekatkannya pada tukun meja ini dengan cara mengikat. Selepas beberapa tahun batu karang itu akan sebatu dengan tukun meja dan menjadi kawasan yang menarik untuk dikunjungi.



Gambar 30: Modul Tukun Meja Pulau Tioman

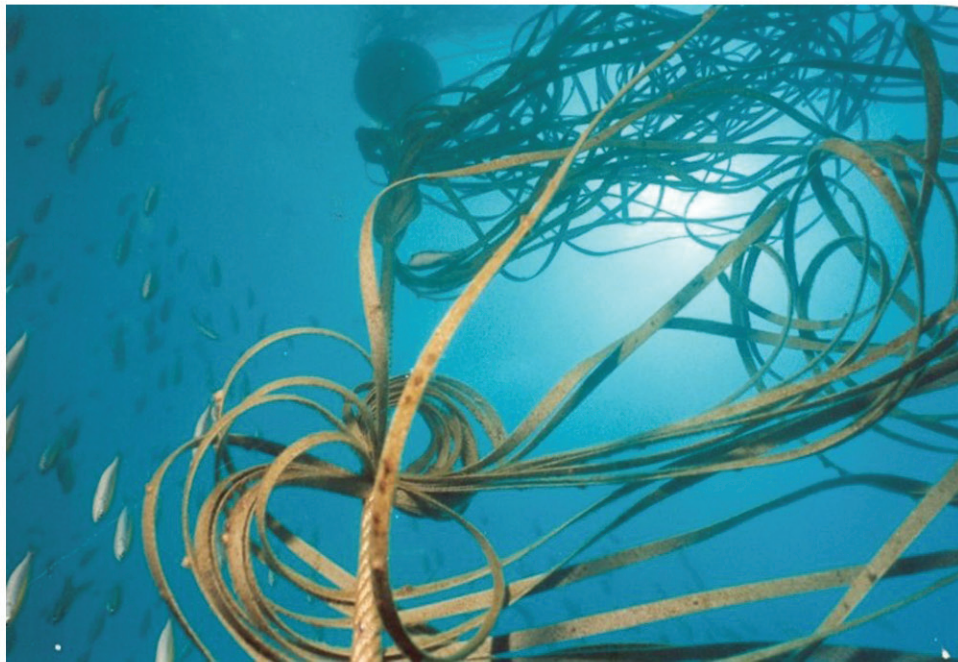
3.9 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Rekreasi SEAFDEC-MFRDMD

Pada tahun 2000 - 2001, Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC) membiayai R&D jangka pendek bagi menghasilkan reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan dan unjam untuk meningkatkan aktiviti perikanan rekreasi. Reka bentuk yang terbaru menggunakan bahan daripada jurai plastik untuk mengumpulkan ikan pelagik dan mempunyai sauh konkrit seberat 300 kg hingga 3.2 tan metrik untuk menarik ikan demersal. Bagi memastikan jurai-jurai plastik ini sentiasa terapung, tiga pelampung plastik yang besar berukuran diameter 30.5 cm diletakkan di antara sauh dan permukaan air. Pada permukaan air diletakkan pula dua pelampung styrofoam berukuran diameter 30 cm.

Oleh kerana sauh konkrit yang digunakan pada peringkat awal hanya 300 kg, kerja-kerja melabuh dijalankan secara manual. Bot yang digunakan ialah Kapal Latihan Cermin atau bot nelayan tempatan yang mempunyai mesin pengarau pukut atau sauh (winch). Tukun dilabuhkan dengan kaedah melepaskan sauh terlebih dahulu dan jurai plastik dan lain-lain akan tenggelam bersama-sama dengan sauh. Selepas itu, JPM telah membina sauh yang lebih besar berukuran 1.29 meter X 1.29 meter X 1.36 meter. Bagi melabuhkan tukun ini, perkhidmatan ponton dan jentera terpaksa digunakan. Kedudukan unit-unit tukun pada setiap tapak disusun pada jarak 10 meter di antara satu sama lain bagi memudahkan aktiviti memancing dijalankan disekitarnya.

Tukun rekreasi ini pada mulanya dilabuhkan di tiga tapak berhampiran Pulau Kapas sebagai satu bahan kajian bagi penyelidikan SEAFDEC-MFRDMD. Pada tahun pertama dilabuhkan, tapak kajian ini menjadi tapak memancing yang popular kepada pemancing rekreasi dan penyelam SCUBA kerana banyak mengumpulkan ikan pelagik dan demersal. Selain itu, terdapat pelbagai flora dan fauna marin telah tumbuh di atas sauh konkrit dan berjaya menarik perhatian penyelam SCUBA kerana terdapat pelbagai organisma unik seperti yang terdapat pada terumbu karang semula jadi (Ahmad *et al.* 2004).

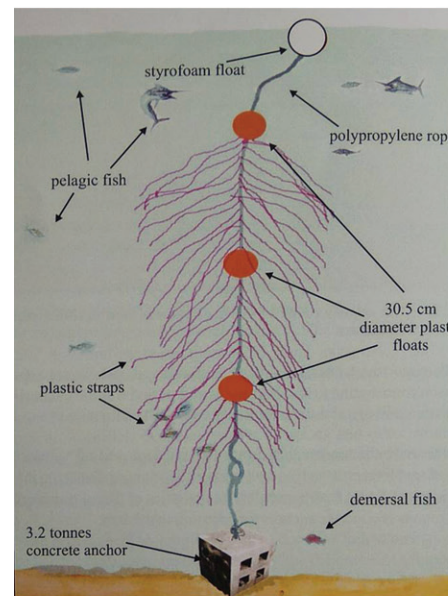
Ekoran daripada penemuan ini, lebih banyak tukun rekreasi ini dibina di Terengganu, Kelantan, Pahang, Johor dan Kedah sebagai satu usaha kerajaan untuk memajukan industri perikanan rekreasi marin. Pada tahun pertama dilabuh, tukun ini telah disenaraikan sebagai projek yang berjaya tetapi lama-kelamaan menjadi kurang berkesan dalam mengumpulkan spesies ikan pelagik dan akhirnya banyak tapak tukun telah ditinggalkan. Tinjauan akustik dan pemerhatian visual oleh penyelam SCUBA seperti yang dilaporkan oleh Ahmad *et al.* (2008), mendapati jalur plastik menjadi berat selepas ditumbuhi oleh organisma marin seperti teritip dan moluska. Hal ini menyebabkan jurai plastik dan pelampung plastik tenggelam ke dasar laut dan terbelit dengan sauh konkrit. Walau bagaimanapun, sauh konkrit masih kekal dan berfungsi seperti biasa ditempat yang dilabuhkan dan menjadi tempat ikan demersal seperti ikan kerapu berkumpul dan bersembunyi dicelah-celah jurai plastik dan di dalam lubang sauh konkrit (Ahmad *et al.* 2004).



Gambar 31: Jurai Plastik yang Digunakan untuk Mengumpul Ikan Pelagik



Gambar 32: Jurai Plastik Selepas Ditumbuhi Organisma Marin



Gambar 33: Modul Tukun rekreasi SEAFDEC-MFRDMD

3.10 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun PVC

Paip Polyvinyl Chloride (PVC) telah digunakan untuk membina tukun tiruan pada tahun 1990 sebagai satu projek perintis di sekitar Pulau Lembu, Kedah berdasarkan kejayaan bahan ini sebagai tukun tiruan di Amerika Syarikat (Raja Mohammad Noordin *et al.* 1994). Pada peringkat awal, tukun PVC hanya dibina menggunakan paip PVC berdiameter 5 cm. Paip tersebut digabungkan menjadi bingkai segi empat. Tapak setiap modul dipenuhi dengan simen untuk menambahkan berat (Abdul Razak & Ismail 1994).

Ketika Rancangan Malaysia ke 6 (1991 - 1995), tukun PVC berskala besar menggunakan paip PVC berdiameter 15 cm telah dilabuhkan di sekitar Pulau Perhentian pada tahun 1991. Projek ini dibiayai oleh Bank Pembangunan Asia. Menurut Raja Mohammad Nordin *et al.* (1994), 100 modul berbentuk X berukuran 2 meter tinggi dan 2 meter lebar telah dilabuhkan pada kedalaman 18 meter. Reka bentuk X telah dibina dengan setiap hujung berukuran 0.9 meter panjang. Dua lelgan berpenjuru digabungkan untuk membentuk bahagian atas dan bawah modul. Komponen atas dan bawah disambungkan secara menegak menggunakan 16 batang paip berukuran 1.8 meter. Kesemua paip disambungkan menggunakan penyambung T dan dilekatkan menggunakan simen pelarut. Bahagian bawah setiap modul mempunyai lubang khas dibahagian tengah untuk mengikat sauh. Struktur tersebut meliputi 1,860 m² permukaan dasar laut dan dicipta untuk projek taman laut seperti taman laut di Jepun (Grove & Sonu, 1985). Semua paip diudarakan dengan lubang berdiameter 5 cm dan berfungsi sebagai pintu masuk ke dalam paip kepada anak-anak ikan.

Di tapak melabuh, modul-modul tukun PVC dilabuhkan dalam kedudukan berbentuk 'E' besar. Bahagian tengah bagi setiap modul dipisahkan dengan jarak 2.4 meter. Setiap garisan susunan E mempunyai dua modul yang disusun pada dua garisan selari dan di antara garisan ini diletakkan modul dalam satu garisan dalam susunan tanda tambah. Memandangkan tukun ini tidak begitu berat, tiada jentera berat seperti kren diperlukan dalam proses melabuh.



Gambar 34: Modul Tukun PVC Berbentuk 'X'

Walau bagaimanapun, struktur ini tidak cukup kuat dan telah dimusnahkan oleh arus laut dalam tempoh satu tahun selepas dilabuhkan (Raja Mohammad Noordin *et al.* 1994). Oleh kerana PVC tidak sesuai untuk pembinaan tukun tiruan terutamanya di lautan terbuka di mana ia boleh terdedah kepada pelbagai aktiviti perikanan, JPM telah menghentikan penggunaan bahan ini selepas tahun 1992. Kajian yang dijalankan oleh Ahmad *et al.* (2008), menggunakan 'side scan sonar' tidak dapat mengesan tukun tiruan PVC di tapak berkenaan.

3.11 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Seramik Udang Karang

Tukun tiruan seramik buat pertama kalinya dilabuhkan di Pulau Redang pada tahun 1992. Dua saiz paip seramik silinder adalah bahan utama yang digunakan untuk pembinaan modul tukun tiruan tiga lapis bagi menyediakan habitat kepada udang karang. Setiap lapisan dalam satu modul mempunyai dua paip seramik. Dua paip seramik besar (diameter 0.4 meter) digunakan sebagai tapak. Bahagian tengah dan atas pula terdiri daripada paip seramik yang lebih kecil (diameter 0.25 meter). Kepingan konkrit rata diletakkan di atas pada bahagian atas lapisan paip. Semua paip hanya mempunyai satu bukaan dan disusun supaya kedua-dua bukaan menghadap arah yang sama. Lapisan pertama dan ketiga disusun menghadap arah yang sama manakala lapisan kedua disusun menghadap arah yang berlawanan dengan lapisan atas dan bawah (Sukarno *et al.* 1994). Tukun tiruan ini tidak mencapai objektifnya apabila tiada udang karang dijumpai pada modul atau berhampirannya pada siri aktiviti pemantauan yang dijalankan oleh penyelidik-penyelidik JPM. Hampir 100% modul ini telah tertanam atau tertimbus dalam dasar laut selepas dilabuhkan. Oleh sebab itu, JPM telah menghentikan penggunaan bahan ini untuk pembinaan tukun tiruan sejak tahun 1993.



Gambar 35: Modul Tukun Seramik Udang Karang



Gambar 36: Struktur Tukun Pelantar Minyak Baram 8

3.12 Reka Bentuk dan Pembinaan Tukun Pelantar Minyak

Pelantar minyak pertama yang ditukar menjadi tukun tiruan di Malaysia ialah Baram 8 dan kini dikenali sebagai BA 8. Pelantar minyak Baram 8 dibina pada Ogos 1968 terletak kira-kira lapan batu nautika dari pantai Kuala Baram, Sarawak pada kedalaman 60 meter. Struktur ini menjadi tidak stabil dan senget pada bulan Disember 1975. Selepas dinyahtauliah oleh Petronas, struktur berkenaan dipotong kepada dua bahagian berukuran 30 meter dan 35 meter dan kemudiannya diangkut dan dilabuhkan di tapak baharu yang terletak di perairan Miri, Sarawak pada kedalaman 21 meter. Tukun tiruan ini terletak 6.21 batu nautika dari pantai Miri dan secara rasmi diserahkan kepada JPM pada 7 Januari 2005. Tapak berkenaan sekarang ini berada dalam perairan Taman Laut Miri - Sibuti dan menjadi destinasi selam SCUBA yang popular di Miri (Daud & Mohd Zakaria, 2007).

3.13 Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa II

Ketika Fasa II, aktiviti pemantauan dijalankan secara berkala untuk merekodkan perubahan dalam sumber perikanan serta kestabilan fizikal modul tukun. Kaedah kajian yang digunakan termasuklah kaedah transet untuk pemerhatian organisma melekat dan merayap, dan pemerhatian visual bagi mengesan kepelbagaian spesies ikan. Kuadrat kekal juga digunakan untuk merekodkan perubahan dalam struktur komuniti dan tahap populasi organisma melekat dan tumbuh di atas tukun. Sementara itu, perangkap sedimen juga dipasang untuk menentukan tahap sedimentasi di tapak tukun tiruan (Jothy, 1982; Wong, 1991; Sukarno *et al.* 1994)

Menurut Wong (1991), perkembangan ekosistem tukun tayar sangat cepat. Perkembangan pertama yang ketara adalah kehadiran lapisan licin yang terdiri daripada diatom dan alga. Kemudiannya, pertumbuhan teritip, tiram dan kerang yang banyak berlaku pada tukun tiruan tertentu sementara tukun tiruan yang lain dipenuhi oleh hidupan alga berwarna coklat dari kelas Phaeophyceae. Pemantauan selepas empat bulan merekodkan beberapa jenis ikan batu karang diantaranya seperti kerapu, kunyit, delah, kaci, bayan, dengkis, puyu laut, dan sotong.

Wong (1991), melaporkan bahawa ikan kunyit dan kerapu adalah spesies ikan yang paling dominan di tapak tukun tiruan. Kumpulan ikan kunyit, (*Lutjanus sp*) dan delah dalam jumlah melebihi 10,000 ekor amat biasa ditemui di tapak-tapak tukun tiruan tayar. Ikan kerapu juga tertarik pada tukun ini kerana terdapat tempat persembunyian di dalam modul dan pemantauan di beberapa tapak tukun tiruan menunjukkan bahawa purata 30 - 40 ekor kerapu biasanya ditemui di dalam kawasan terumbu kecil.

Semasa Fasa II, masalah berkaitan penggunaan tukun tiruan menjadi agak serius terutamanya di antara JPM dan Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia (LKIM) terutama dari segi tujuan pembinaan tukun sama ada untuk aktiviti meningkatkan hasil tangkapan atau untuk meningkatkan sumber perikanan pantai atau untuk tujuan pemulihan terumbu karang yang semakin musnah

kerana aktiviti pukat tunda. LKIM diarahkan membina unjam untuk dijadikan lokasi menangkap ikan manakala JPM kekal membina tukun tiruan untuk tujuan konservasi. Unjam dan tukun adalah struktur yang sama cuma diberi nama yang berbeza untuk membezakan tujuan penggunaannya.

LKIM membina lebih 300 tapak unjam supaya menjadi destinasi nelayan menangkap ikan dengan peruntukan sebanyak RM 50 juta berbanding hanya RM 23.6 juta yang dibelanjakan oleh JPM sepanjang fasa ini. Seperti JPM, LKIM juga kekurangan tenaga teknikal yang mahir dalam pengurusan tukun, tiada kakitangan untuk penyelidikan dan sebagainya walaupun mendapat peruntukan yang besar.

Semasa fasa ini, JPM mengenakan larangan terhadap menangkap ikan di kawasan terdekat sehingga radius 0.5 batu nautika dari tukun tiruannya. Usaha telah diambil untuk menandakan lokasi dengan penanda pelampung (JPM, 1985; Jothy, 1986; Wong, 1991; Latun & Mohammed Pauzi, 1991). Usaha untuk menandakan lokasi tukun oleh boya penanda tidak berjaya disebabkan oleh vandalisma dan kerosakkan disebabkan oleh faktor mekanikal.

BAB 4

REKA BENTUK DAN PEMBINAAN FASA III (2006 - 2017)

Pengalaman dan pengetahuan yang diperolehi sejak tahun 1975 menjadikan penyelidik JPM semakin matang terutama dalam perkara yang berkaitan dengan reka bentuk, pembinaan dan kerja-kerja melabuh tukun tiruan. Teknologi sonar dan video bawah air yang berkembang pesat selepas tahun 2000 banyak membantu penyelidik JPM memahami keadaan fizikal dasar laut terutama sedimen yang sesuai untuk sesuatu jenis tukun. Banyak buku rujukan dan jurnal yang membincangkan kejayaan dan kegagalan projek tukun tiruan di seluruh dunia lebih mudah diperolehi secara atas talian. Selain itu JPM juga menyalurkan peruntukan yang besar untuk R&D dan pembinaan sejak RMK - 9 (2006 - 2010), RMK - 10 (2011 - 2015) sehingga RMK - 11 iaitu 2016 - 2020.

Semasa RMK - 11 pembinaan tukun daripada pelantar minyak yang dinyahtauliah oleh Petronas mula dilaksanakan di perairan Pulau Kapas, Terengganu dan Miri, Sarawak pada tahun 2017. Kerjasama yang erat dalam penyelidikan oseanografi bersama Institut Oseanografi dan Sekitaran (INOS), Universiti Malaysia Terengganu membolehkan pemantauan keberkesanan tukun dijalankan dalam skala yang lebih besar terutama di perairan Pantai Barat Semenanjung Malaysia. Selain itu kajian sosioekonomi impak pembinaan tukun tiruan ke atas pendapatan nelayan tradisional juga dijalankan dengan kerjasama Institut Kajian Dasar Pertanian dan Makanan, Universiti Putra Malaysia di Terengganu dan Kedah pada tahun 2011 dan 2015.

4.1 Objektif dan Kaedah Pembinaan Tukun Fasa III

Selepas tahun 2006, program tukun tiruan telah dilaksanakan di seluruh perairan pantai Malaysia untuk kali pertama sejak tahun 1975 dan melibatkan pembiayaan kerajaan persekutuan dan negeri. Objektif baharu telah

ditetapkan iaitu;

- Mewujudkan tukun tiruan di tapak baharu dan menambah tukun di tapak sedia ada untuk meningkatkan sumber perikanan negara.
- Menjalankan penyelidikan dan kajian mengenai tukun tiruan untuk mendapatkan maklumat mengenai reka bentuk yang sesuai, bahan binaan yang kukuh, jenis sedimen yang sesuai dan sumber perikanan setempat.
- Menghasilkan tukun tiruan yang boleh menghalang aktiviti pencerobohan (terutamanya pukut tunda) di zon-zon perikanan tradisional serta zon yang ditetapkan untuk aktiviti tertentu yang boleh menyebabkan eksploitasi sumber perikanan secara tidak terkawal.
- Menyediakan atau mewujudkan kawasan yang baharu untuk pertumbuhan terumbu karang.

Penyelidikan bagi menghasilkan reka bentuk tukun tiruan baharu untuk menghalang pencerobohan pukut tunda ke dalam kawasan nelayan tradisional dan menghasilkan reka bentuk tukun tiruan konkrit bersaiz besar untuk dilabuhkan di kawasan dasar laut yang keras (sedimen jenis batu kecil atau pasir kasar) dan dasar yang lembut (sedimen jenis lumpur) telah ditetapkan sebagai satu prioriti kepada JPM.

Bagi merealisasikan semua objektif ini Bahagian Penyelidikan JPM (SEAFDEC - MFRDMD) dan Bahagian Kejuruteraan, Ibu Pejabat Perikanan Putrajaya telah mewujudkan satu pasukan teknikal khas untuk tujuan ini. Lakaran awal reka bentuk disediakan oleh penyelidik SEAFDEC - MFRDMD

berdasarkan pengetahuan penyelidik berkenaan sifat ikan, kejuruteraan marin, oseanografi fizikal dan spesies sasaran. Asas seni bina ini telah dimasukkan dalam reka bentuk tukun supaya tukun yang dihasilkan dapat menarik ikan kepada modul dan tukun tersebut boleh bertahan lama dalam pelbagai keadaan fizikal. Ciri-ciri yang diambil perkiraan adalah isipadu tukun, saiz ruang legar, saiz lubang pada struktur tukun, ketinggian tukun, dan profil orientasi terhadap arus yang menghasilkan pergolakan dan bayangan arus termasuk juga boleh menghasilkan fenomena julang air (upwelling). Luas permukaan maksimum tukun juga diambil kira semasa menghasilkan reka bentuk kerana boleh mempengaruhi kadar pertumbuhan organisma marin yang akan melekat, merayap atau tumbuh di atasnya. Lukisan teknikal akhir dan terperinci setiap reka bentuk telah dihasilkan oleh Bahagian Kejuruteraan JPM menggunakan perisian komputer yang berkaitan.

Protokol pembinaan tukun tersebut mengikut Piawai British 8110 dimana penutup konkrit sekurang-kurangnya setebal 50 mm, tiang dan rasuk menggunakan empat batang rod Y12, dihubungkan menggunakan R8 @ 200 mm c/c dan kepingan berangka menggunakan BRC A10. Konkrit campuran siap gred 30, 40 dan 50 daripada kilang 'batch plant' telah digunakan. Ujian konkrit kiub dijalankan selepas tujuh dan 28 hari pembinaan di makmal kerajaan dan swasta. Tukun yang baru dibina dibiarkan sekurang-kurangnya 28 hari untuk mengeras sebelum dilabuhkan. Modul yang tidak dibina mengikut spesifikasi seperti dinyatakan dalam petikan atau dokumen undang-undang yang lain tidak akan dilabuhkan (Zaidil Abdilla *et al.* 2010). Ketika proses melabuh, kaedah melabuh secara jatuh bebas telah dipilih menggunakan kren berkekuatan 50 - 100 tan dan peranti pelepasan mekanikal khas. Setiap modul yang dilabuhkan di dasar laut akan dijarakkan antara 2 - 4 meter dari modul lain. Tidak lama selepas proses melabuhkan tukun selesai, penyelam akan memeriksa kedudukan tukun tiruan dan merakam video tukun untuk tujuan rujukan pada masa hadapan (Zaidil Abdillah *et al.* 2010).

Menurut Zaidil Abdilla (2010), proses membina tukun tiruan sepanjang

Fasa III mempunyai enam peringkat iaitu penyediaan dokumen sebutharga dan serahan kerja (tiga minggu), pembinaan kotak acuan (empat minggu), pemasangan tetulang besi (empat minggu), mengkonkrit (tujuh minggu), melabuh (dua minggu) dan penilaian (seminggu) atau sebaik sahaja tukun dilabuhkan. Masa keseluruhan dari kontraktor menerima tawaran kerja hingga tukun siap dibina ialah 15 minggu. Kebiasaannya sepanjang RMK - 9 tempoh masa yang diambil oleh kontraktor untuk menyempurnakan semua tugas ialah 5 - 6 bulan.

Jabatan Perikanan Malaysia telah menyediakan Carta Aliran Kerja sebagai panduan kepada semua pihak yang terlibat semasa menjalankan kerja-kerja pembinaan dan melabuh. Pihak yang terlibat ialah Pejabat Perikanan Negeri, Ibu Pejabat Perikanan Putrajaya, Bahagian Penyelidikan, Bahagian Kejuruteraan dan kontraktor yang menjalankan kerja. Carta yang mempunyai 22 peringkat itu wajib dipatuhi oleh JPM dan kontraktor bagi memastikan tukun yang dibina mengikut spesifikasi yang ditetapkan. Program pemantauan kerja pembinaan sehingga melabuh melibatkan Bahagian Kejuruteraan, Bahagian Penyelidikan, Bahagian Pelesenan dan Pengurusan Sumber dan Pejabat Perikanan Negeri dijalankan secara berterusan walaupun dilihat amat rumit. Mengikut Ahmad Tarmidzi *et al.* (2012), pemantauan boleh dijalankan secara berkala dan secara mengejut. Kakitangan JPM akan memberikan taklimat kepada kontraktor mengenai Piawai Prosedur Melabuh supaya tukun dapat dilabuhkan dengan selamat. Kontraktor kemudiannya mengesahkan tarikh melabuh dan tukun dilabuhkan mengikut arahan yang ditetapkan. Semua kerja-kerja melabuh dipantau termasuk merakam video dan mengambil gambar.

Menurut Zaidil Abdilla (2010), hanya modul tukun yang diperakui oleh Bahagian Kejuruteraan sahaja yang dibenarkan untuk dilabuh di lokasi yang ditetapkan. Pemeriksaan yang rapi bagi setiap modul tukun dijalankan oleh jurutera daripada Bahagian Kejuruteraan JPM sebelum surat kebenaran melabuh dikeluarkan kepada Pejabat Perikanan Negeri berkaitan. Operasi melabuh bermula dengan proses mengangkut tukun dari tempat pembinaan ke jeti untuk dimuatkan ke dalam pontun. Pontun yang besar digunakan

untuk mengangkat tukun ke lokasi melabuh. Saiz pontun yang ditetapkan ialah tidak kurang daripada 30 meter (panjang) dan 12 meter (lebar). Kren yang digunakan untuk mengangkat dan melabuh TDLJ berkekuatan 100 tan manakala bagi tukun dasar lembut jenis lain kren berkekuatan 60 tan digunakan. Bagi melabuh tukun yang lebih kecil seperti Tukun Kiub, Tukun Kuboid, Tukun Rekreasi, Tukun Udang Karang dan Tukun Tetrapod, kren berkekuatan 25 - 40 tan digunakan. Menurut Ahmad *et al.* (2012), aktiviti melabuh amat rumit tetapi paling penting kerana kesilapan semasa melabuh boleh menyebabkan tukun tidak berada pada kedudukan yang sepatutnya. Perkara yang dibimbangkan berlaku semasa melabuh adalah tukun dilabuh bukan di lokasi yang ditetapkan kerana pontun hanyut semasa proses melabuh, tukun dilabuhkan terlalu dekat di antara satu sama lain dan tukun yang dilabuh terjatuh di atas tukun yang sudah dilabuhkan. Ini boleh menyebabkan kedua-dua tukun berkenaan rosak kerana hentakan yang kuat.

Faktor keselamatan amat diberikan keutamaan sepanjang proses melabuh, kakitangan JPM akan terlibat secara langsung sepanjang proses melabuh bagi memantau dan merekodkan lokasi tukun yang telah dilabuhkan. Lokasi tapak yang ditetapkan untuk melabuh ditanda menggunakan pelampung. Apabila tiba di lokasi, satu pelampung akan diletakkan sebagai penanda. Tukun akan dilabuhkan berdekatan dengan penanda tersebut. Beberapa persediaan dibuat sebelum tukun dilabuh. Perkara yang utama adalah mengikat pelampung pada tukun dengan menggunakan tali mengikat kedalaman air tempat melabuh. Apabila tukun dilabuhkan penanda akan timbul di permukaan laut. Dengan berpanduan kepada pelampung itu kontraktor akan dapat melabuhkan tukun mengikut arahan pegawai JPM yang memantau. Jarak di antara satu modul tukun dengan yang lain ditetapkan di antara 2 - 4 meter. Setiap tapak biasanya mengandungi 7 - 128 modul tukun dengan keluasan minimum 900 m². Bagi Tukun Kuboid yang dilabuhkan di Terengganu keluasan tapak lebih luas iaitu di antara 1 - 2 km². Jumlah Tukun Kuboid pada setiap tapak ialah 128 modul. Jarak antara satu modul dengan modul yang lain juga tidak konsisten iaitu di antara 2 - 20 meter.

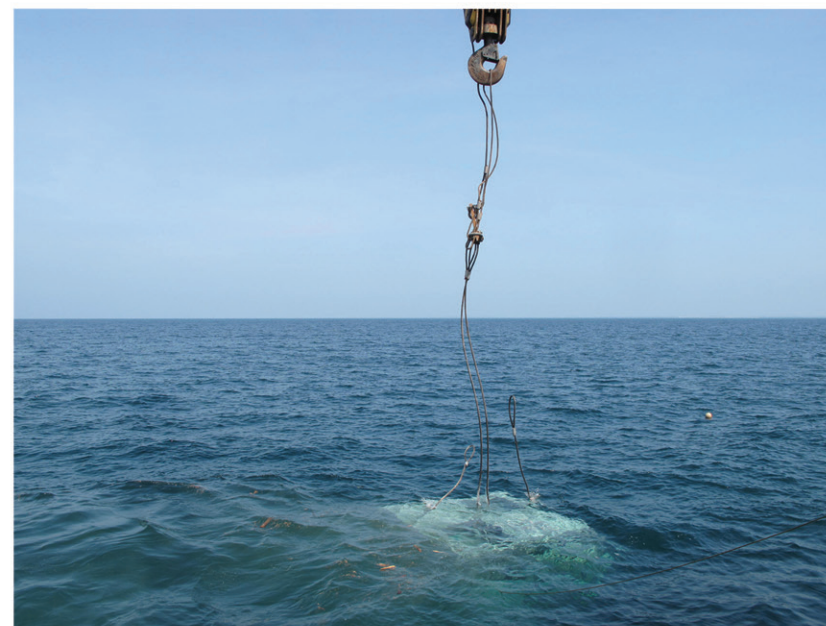
Semua jenis TDL, Tukun Kiub, Tukun Tetrapod dan Tukun Kuboid dilabuhkan dengan cara melepaskannya dari sisi pontun menggunakan peralatan khas hasil inovasi jurutera JPM dan kontraktor dari Terengganu. Peranti ini dibuat menggunakan besi berkualiti tinggi yang tebalnya melebihi 3.5 cm. Alat ini telah menjimatkan masa daripada lapan jam untuk melabuhkan 20 modul tukun hanya kepada 60 minit sahaja. Peranti ini amat mudah digunakan berbanding menggunakan penyelam untuk melepaskan kabel di dasar laut.

Kaedah melabuh tukun yang dipraktiskan oleh JPM adalah berbeza dengan Jepun. Menurut Ohmura (2010), semua tukun bersaiz besar di Jepun dilabuhkan dengan cara menghulurkan kabel sehingga tukun sampai ke dasar laut. Kabel kemudiannya dilepaskan secara manual oleh penyelam SCUBA jika air cetek. Jika di kawasan air dalam kabel yang panjang digunakan. Kabel akan dilepaskan secara manual oleh alatan khas. Faktor yang paling kritikal sekali bagi kaedah melabuh seperti ini ialah kelajuan arus. Jika kelajuan arus meningkat secara tiba-tiba operasi melabuh tidak boleh dijalankan kerana tukun akan ditolak oleh arus dan boleh menyebabkan kren terjatuh ke dalam laut. Ohmura (2010), menyatakan tukun bersaiz besar tidak sesuai dilabuhkan dengan cara melepaskan terus dari permukaan laut kerana hentakan yang kuat akan menyebabkan tukun itu retak. Momentum ketika tukun itu mencecah dasar laut adalah bersamaan dengan berat modul tukun itu didarap dengan graviti (9.8 m/s²). Ini bermakna berat tukun ketika mencecah dasar laut ialah 9.8 kali ganda beratnya diudara jika tidak mengambil kira rintangan air laut semasa tukun itu jatuh ke dasar laut. Walau bagaimanapun JPM berpendapat tukun perlu dilabuhkan dengan cara seperti yang diamalkan sekarang kerana lebih cepat dan selamat.

Bagi memastikan lokasi tukun yang di labuh mudah untuk dipantau pada masa hadapan, semua kedudukan direkodkan menggunakan GPS. Koordinat tukun yang direkodkan adalah dalam julat 2 - 3 meter daripada kedudukan sebenar tukun dilabuhkan. Oleh kerana tukun diletakkan dalam satu kelompok, penyelidik tidak akan menghadapi masalah untuk menemui tukun ini semasa program pemantauan.



Gambar 37A: Proses Melabuh Tukun Konkrit Menggunakan Peranti



Gambar 37B: Kaedah Melabuh Tukun Konkrit Secara Lepas Bebas



Gambar 37C: Bentuk Peranti yang Digunakan untuk Melabuh Tukun

4.2 Reka Bentuk Tukun Konkrit Dasar Lembut (TDL)

Tukun Dasar Lembut (TDL) merupakan inovasi pertama tukun tiruan untuk kawasan berlumpur di Pantai Barat Semenanjung Malaysia bagi Fasa III. Sebanyak 10 reka bentuk TDL berjaya dihasilkan iaitu Tukun Dasar Lembut 1 (TDL1), Tukun Dasar Lembut 2 (TDL2), Tukun Dasar Lembut 3 (TDL3), Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi (TDLJ), Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda (TDL-AT), Tukun Dasar Lembut Juvenil Kuala Kedah (TDLJ), Tukun Dasar Lembut Kuboid Juvenil Penghalang Pukat Tunda, Tukun Dasar Lembut Rekreasi Penghalang Pukat Tunda Kuala Kedah, Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Pulau Tuba dan Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Sarawak. Tukun juvenil dibina secara khusus untuk menarik anak-anak ikan berlindung terutama ketika arus yang kuat. Struktur dinding yang dibina akan menghalang pergerakan arus dan anak-anak ikan boleh berlindung di kawasan berkenaan.

Reka bentuk tukun dasar lembut bertujuan untuk mengatasi masalah tukun yang terbenam apabila dilabuhkan di kawasan sedimen jenis lumpur lembut yang tebal terutama di Pantai Barat Semenanjung Malaysia. Panjang, lebar dan tinggi tukun ini berbeza-beza mengikut kedalaman lumpur kawasan berkenaan. Semua aktiviti pembinaan dipantau oleh kakitangan Bahagian Kejuruteraan JPM dan mengikut Piawai British 8110.

Tukun Dasar Lembut 1 (TDL1), TDL2 dan TDL3 tidak banyak perbezaan antara satu dengan yang lain kecuali pada tiang rasuk yang berbeza ketebalan. Tebal tiang rasuk TDL1 dan TDL2 ialah 20 cm manakala TDL3 ialah 25 cm. TDL1 yang dibina pada tahun 2006 tidak mempunyai bendul (beam) yang mengikat antara satu tiang dengan tiang yang lain pada bahagian dasar manakala TDL2 dan TDL3 yang dibina pada tahun 2008 dan 2009 mempunyai bendul.

4.2.1 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 1 (2006)

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 3 m X 3 m X 3 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 15 cm |
| Tebal tiang | 20 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | BRC A10 |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 30 |
| Berat | 14 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pulau Payar (Kedah); Kuala Langat (Selangor) |
| Nota | Ada dua model dihasilkan. Salah satu model mempunyai bendul pada lantai aras 1. |



Gambar 38: Modul Tukun Dasar Lembut 1 (TDL1)

4.2.2 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 2 (2007, 2008)

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 3.0 m X 3.0 m X 3.6 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 20 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 50 |
| Berat | 19 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Triang, Yan, Kuala Chenang (Kedah); Kuala Rungkup (Perak); Sabak Bernam, Kuala Selangor, Kuala Langat (Selangor); Port Dickson (Negeri Sembilan), Besut (Terengganu), Pulau Besar (Melaka); |
| Perbezaan dengan TDL1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mempunyai rasuk di aras bawah 2. Tiang dan lantai lebih tebal 3. Tetulang lantai Y10 4. Lebih berat |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kecuali tukun yang dilabuh di Terengganu. Tukun yang dilabuhkan di negeri ini hanya terbenam 35 cm sahaja iaitu bahagian tiang (beam bawah) kerana sedimen yang lebih keras iaitu lumpur bercampur dengan pasir. |



Gambar 39: Modul Tukun Dasar Lembut 2 (TLD2)

4.2.3 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut 3 (2009, 2010)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 3.75 m X 3.75 m X 3.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 50 |
| Berat | 23 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Sanglang (Perlis); Pulau Tuba, Kuala Triang, Pasir Hitam, Kuala Chenang, Kuala Jerlun (Kedah); Pulau Kendi (Pulau Pinang); Tg. Hantu (Perak); Kuala Selangor, Kuala Langat (Selangor); Port Dickson (Negeri Sembilan), Besut (Terengganu), Tumpat, Kuala Besar, Kuala Sabah, Kuala Kemasin, Bachok (Kelantan); Pulau Besar (Melaka); Lawas, Miri (Sarawak) |
| Perbezaan dengan TDL2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Saiz tukun lebih besar 2. Lantai lebih tebal 3. Terdapat dua lubang pada lantai tingkat bawah 4. Lebih berat |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kecuali tukun yang dilabuh di Kelantan dan Terengganu. Tukun yang dilabuhkan di negeri ini hanya terbenam 35 cm sahaja iaitu bahagian tiang (beam bawah) kerana sedimen yang lebih keras iaitu lumpur bercampur dengan pasir. |



Gambar 40: Modul Tukun Dasar Lembut 3 (TLD3)

4.2.4 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi (2010)

Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi adalah modifikasi daripada TDL3. Tukun ini dibina untuk menjadi habitat kepada anak-anak ikan, spesies ikan kecil seperti bilis dan ikan baja. Selain ikan juvenil, spesies ikan baja juga memerlukan kawasan perlindungan untuk membesar dan membiak. Pembinaan tukun untuk meningkatkan sumber ikan baja tidak boleh dianggap satu perkara yang tidak penting. Pendaratan ikan baja sentiasa melebihi 50% pendaratan ikan komersial oleh pukat tunda ikan dan pukat tunda udang. Sumber ini amat penting dalam industri ternakan di Malaysia kerana menjadi sumber protein yang murah untuk menghasilkan makanan ternakan ikan marin dan air tawar dan juga ternakan haiwan lain seperti ayam, lembu dan lain-lain.

Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi dibina pada tahun 2010 merupakan tukun tiruan paling besar pernah dibina oleh JPM sejak 1975. Tukun ini hanya dilabuhkan di Pulau Chepu dan Pulau Balar, Kedah. Tukun empat tingkat berbentuk apartmen ini akan dijadikan tapak penyelidikan ikan juvenil, ikan bilis dan ikan baja oleh penyelidik JPM. Memandangkan kawasan tukun ini dilabuh adalah dalam perairan Pulau Langkawi dijangka tukun ini akan menjadi kawasan yang paling baik untuk perlindungan anak-anak ikan dan ikan bilis. Dengan pembinaan tukun yang besar dan paling berat ini Malaysia menjadi negara pertama di Asia Tenggara yang membina tukun konkrit paling besar dan paling berat.

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 3.75 m X 3.75 m X 3.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | Gred 30 (2 modul), 40 (2 modul) dan 50 (32 modul) |
| Berat | 42 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pulau Cepu dan Pulau Balar, Kedah. (Berdekatan Pulau Langkawi) |
| Perbezaan | Perbezaan dengan tukun-tukun dasar lembut yang lain adalah berbentuk apartmen bagi menyediakan ruang kepada ikan peringkat juvenil berkumpul, berlindung, dan ruang untuk bergerak |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen jenis lembut. |



Gambar 41: Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Langkawi (TDL-J L)

4.2.5 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda (2010)

Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tundan (TDL-AT) adalah modifikasi daripada TDL3. TDL-AT dibina khusus untuk menghalang pencerobohan pukat tunda ke dalam Zon A. Tukun ini mula dibina pada tahun 2010. Tukun mempunyai empat sayap (unjuran) pada tingkat dua dan tingkat tiga. Semua lapan unjuran yang berukuran 25 cm X 25 cm X 50 cm akan menyangkut tali kajar atau isi pukat tunda yang menunda di kawasan tukun.

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 3.75 m X 3.75 m X 3.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 50 |
| Berat | 32 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Kedah (Kedah); Sanglang (Perlis); Pulau Kendi (Pulau Pinang); Bagan Panchor, Teluk Nipah (Perak); Kuala Selangor, Kuala Langat (Selangor); Kuala Tumpat, Kuala Besar (Kelantan); Lawas, Mukah (Sarawak); Beaufort (Sabah) |
| Perbezaan dengan TDL3 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Aras 2 dan 3 mempunyai unjuran secara bersilang. 2. Lubang pada tingkat 1, 2 dan 3 ditutup secara bersilang pada semua sisi. 3. Lebih berat. |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kecuali tukun yang dilabuh di Kelantan. Tukun yang dilabuhkan di negeri ini hanya terbenam 35 cm sahaja iaitu bahagian tiang (beam bawah) kerana sedimen yang lebih keras iaitu lumpur bercampur dengan pasir. |



Gambar 42: Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda (TDL-AT)

4.2.6 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Kuala Kedah (2013)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 3.75 m X 3.75 m X 3.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y12 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 23 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Kedah (Kedah) |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kerana dasar laut yang lembut |



Gambar 43: Modul Tukun Dasar Lembut Juvenil Kuala Kedah (TDL-J KK)

4.2.7 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Kuboid Juvenil Penghalang Pukat Tunda (2013)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 3.5 m X 3.5 m X 3.0 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y12 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 18 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Kedah (Kedah) |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kerana dasar laut yang lembut |



Gambar 44: Modul Tukun Dasar Lembut Kuboid Juvenil Penghalang Pukat Tunda

4.2.8 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Rekreasi Penghalang Pukat Tunda Kuala Kedah

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2.5 m X 2.5 m X 3.0 (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25cm |
| Tebal tiang | 25cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y12 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 20 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Kedah (Kedah) |
| Nota | Semua tiang setinggi 1.5 meter terbenam ke dalam sedimen kerana dasar laut yang lembut |

4.2.9 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Pulau Tuba

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 3.0 m X 3.0 m X 3.9 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y12 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 13 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pulau Tuba (Langkawi) |
| Nota | Tukun ini hanya mempunyai sembilan tiang sahaja |



Gambar 45: Modul Tukun Dasar Lembut Rekreasi Penghalang Pukat Tunda Kuala Kedah



Gambar 46: Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Pulau Tuba (TDL-AT PT)

4.2.10 Spesifikasi Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Sarawak

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 3.75 m X 3.75 m X 3.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 4 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y12 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 10 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Hanya dilabuhkan di Wilayah Satu Daerah Kabung, Sarawak sebanyak 22 modul pada 3 dan 4 Oktober 2017 |
| Nota | Tukun ini dibina pada tahun 2006 tetapi dilabuh pada tahun 2007. Separuh bahagian lantai pada setiap tingkat dibuka secara berselang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun bebas berenang dari satu tingkat ke tingkat yang lain. |



Gambar 47: Modul Tukun Dasar Lembut Penghalang Pukat Tunda Sarawak (TDL-AT S)

4.3 Reka Bentuk Tukun Kuboid (2007)

Tukun Kuboid adalah reka bentuk tukun tiga tingkat yang amat ringkas dan merupakan tukun yang pertama dihasilkan dalam awal Fasa III pada tahun 2006 bersama-sama dengan Tukun Dasar Lembut. Tukun Kuboid dibina khusus untuk dilabuhkan dalam perairan Terengganu di kawasan sedimen pasir kasar dan sedimen jenis berbatu menggunakan peruntukan Kerajaan Negeri Terengganu. Untuk mengelakkan proses pengerukan, tingkat bawah dibiarkan terbuka supaya arus dasar tidak terhalang walaupun datang dari mana-mana arah sekalipun. Tiga reka bentuk tukun kuboid telah dihasilkan iaitu Tukun Kuboid, Tukun Kuboid Juvenil dan Tukun Kuboid Bioaktif.

4.3.1 Spesifikasi Modul Tukun Kuboid Terengganu (2007)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2 m X 2 m X 3 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 10 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Hanya dilabuhkan di Terengganu sahaja iaitu di Setiu, Kuala Terengganu, Marang, Dungun (Terengganu) |
| Nota | Tukun ini dibina pada tahun 2006 tetapi dilabuh pada tahun 2007. Separuh bahagian lantai pada setiap tingkat dibuka secara berselang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun bebas berenang dari satu tingkat ke tingkat yang lain. |

4.3.2 Spesifikasi Modul Tukun Kuboid Juvenil (2010)

Pada tahun 2010, reka bentuk Tukun Kuboid telah diubahsuai supaya dapat menyediakan habitat dan perlindungan kepada ikan bersaiz kecil dan ikan peringkat juvenil. Pindaan yang dibuat adalah menutup salah satu daripada lubang pada bahagian tepi tingkat kedua dan ketiga supaya pergerakan arus dapat dikurangkan. Ikan juvenil boleh berlindung di belakang kawasan tertutup ini. Tingkat bawah dibiarkan terbuka supaya arus yang bergerak melalui tukun tidak terhalang bagi mengelakkan proses pengerukan. Tukun ini dinamakan Tukun Kuboid Juvenil.



Gambar 48 Modul Tukun Kuboid Terengganu (2007)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2 m X 2 m X 3 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 12 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Sungai Labu, Wilayah Persekutuan Labuan |
| Nota | Lantai bawah dikonkrit secara berselang supaya tukun tidak mudah bergerak jika diheret oleh pukut tunda. Dinding pada tingkat dua dan tiga ditutup secara berselang pada semua sisi. Lantai ditutup secara berselang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas tanpa perlu keluar dari tukun. Tingkat bawah terbuka supaya arus dapat bergerak tanpa halangan. |



Gambar 49: Modul Tukun Kuboid Juvenil

4.3.3 Spesifikasi Tukun Kuboid Bioaktif (2010)

Pada bahagian atas diletakan plat bahan bioaktif secara berselang untuk dibuat perbandingan dengan konkrit dari segi kepelbagaian dan kepadatan hidupan marin yang melekat atau hidup di atasnya. Pihak pembekal menyatakan plat bioaktif ini amat berkesan untuk pertumbuhan batu karang. Lantai pada setiap tingkat ditutup secara berselang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas atau sebaliknya tanpa perlu keluar dari tukun. Satu sisi dinding ditutup pada tingkat dua disemua sisi untuk mengurangkan pergerakan arus. Kawasan yang terlindung ini menjadi tempat perlindungan pada anak-anak ikan semasa arus kuat.

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2 m X 2 m X 3 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 14 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pulau Bidong (Terengganu) |
| Nota | Pemantauan selepas enam tahun mendapati tidak ada karang keras yang tumbuh di atasnya. Walau bagaimanapun jumlah ikan kerapu paling banyak ditemui dalam struktur tukun ini berbanding dengan tukun kuboid yang lain kerana banyak ruang untuk bersembunyi terutama pada tingkat atas. |

4.4 Tukun Rekreasi (TR)

Tiga reka bentuk tukun rekreasi dihasilkan iaitu Tukun Rekreasi 1 (TR1), Tukun Rekreasi 2 (TR2) dan Tukun Rekreasi Juvenil (TRJ). TR1 adalah reka bentuk paling ringkas dan dibina jika peruntukan yang disediakan dalam lingkungan RM100,000. Reka bentuk ini biasanya dilabuhkan dalam satu timbunan untuk menghasilkan impak yang maksima. TR2 dibina untuk tujuan menyediakan lokasi memancing kepada nelayan tradisi pancing atau pemancing rekreasi. TRJ pula dibina untuk menyediakan kawasan kepada anak-anak ikan demersal untuk berlindung dan membesar. Tukun ini berfungsi sebagai kawasan nurseri kepada pelbagai spesies ikan demersal termasuk ikan batu karang.



Gambar 50: Modul Tukun Kuboid Bioaktif

4.4.1 Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi 1 (2007, 2008)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 1 m X 1 m X 1 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 1 |
| Tebal lantai/rasuk | 15 cm |
| Tebal tiang | 15 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 15 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 0.3 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Rompin (Pahang); Tanjung Sedeli (Johor); Teluk Ketapang (Terengganu); Pulau Kendi (Pulau Pinang); Pulau Rumbia (Perak); Pulau Daat (WP Labuan) |
| Nota | |



Gambar 51: Modul Tukun Rekreasi 1 (TR1)

4.4.2 Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi 2 (2009)

Menurut Ahmad Tarmidzi *et al.* (2012), TR1 kurang sesuai dan modifikasi dibuat pada tahun 2009 dan hasilnya dinamakan Tukun Rekreasi 2 (TR2). Bentuk TR2 serupa dengan Tukun Kuboid JPM tetapi saiznya berbeza. Saiz TR2 ialah 1.8 m X 1.8 m X 1.85 m. Tukun ini dilabuhkan di Pekan (Pahang); Pulau Lalang, Pulau Talang (Perak); Sungai Lada, (WP Labuan); Sipitang, Beaufort, Lahat Datu, Putatan, Tuaran, Kota Belud, Sandakan, Kuala Penyu (Sabah) dan Miri di Sarawak. Peruntukan yang dibelanjakan ialah RM 2.6 juta. Sabah mendapat peruntukan paling besar iaitu RM 1.4 juta diikuti Perak dan Sarawak (masing-masing RM 400,000) dan Pahang

dan Wilayah Persekutuan Labuan masing-masing sebanyak RM 200,000. Sabah mendapat peruntukan paling besar kerana agihan peruntukan kerajaan persekutuan yang diberikan sebelum ini kepada negeri-negeri lain antara tahun 2006 - 2008 tidak disalurkan langsung kepada Sabah kerana tiada permohonan. Bagi memberi kesamaan, Sabah diberikan peruntukan yang besar pada tahun 2009. Tukun jenis ini juga banyak dilabuhkan di Sarawak.

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 1.80 m X 1.80 m X 1.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 20 cm |
| Tebal tiang | 20 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 20 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 6 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pekan (Pahang), Pulau Lalang, Pulau Talang (Perak); Sg. Lada (WP Labuan); Sipitang, Beaufort, Lahat Datu, Putatan, Tuaran, Kota Belud, Sandakan, Kuala Penyu (Sabah); Miri (Sarawak) |
| Nota | Lantai pada tingkat bawah tidak berdinding supaya arus dasar boleh bergerak terus tanpa halangan. Bahagian dasar dikonkrit secara bersilang supaya cengkamannya kuat. Lantai juga ditutup secara bersilang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas atau sebaliknya tanpa perlu keluar dari tukun. Pada tingkat atas semua lubang dibuka supaya cahaya boleh sampai ke dasar tukun dan menyediakan persekitaran yang sesuai untuk benih flora dan fauna marin melekat dan membesar. |



Gambar 52: Modul Tukun Rekreasi 2 (TR2)

4.4.3 Spesifikasi Modul Tukun Rekreasi Juvenil (2010)

Pada tahun 2010, Tukun Rekreasi 2 diubahsuai untuk menyediakan habitat ikan juvenil. Semua ukuran tukun ini adalah sama dengan TR2, perbezaannya hanyalah salah satu dinding pada tingkat kedua dan ketiga ditutup untuk mengurangkan pergerakan arus supaya ikan juvenil boleh berlindung. Tukun ini hanya dilabuh di Kg. Layang-Layangan (WP Labuan); Kudat, Beaufort, Pitas, Kota Kinabalu, Papar, Sandakan, Tawau dan Kuala Penyu di Sabah.

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 1.8 m X 1.8 m X 1.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 20 cm |
| Tebal tiang | 20 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 20 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 7 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kg. Layang-Layangan (WP Labuan); Kudat, Beaufort, Kota Kinabalu, Papar, Sandakan, Tawau, Kuala Penyu (Sabah) |
| Perbezaan dengan TR 2 | Lubang pada tingkat dua dan tingkat 3 ditutup secara berselang pada semua sisi. |
| Nota | Lantai pada tingkat bawah tidak berdinging supaya arus dasar boleh bergerak terus tanpa halangan. Bahagian dasar dikonkrit secara bersilang supaya cengkamannya kuat. Lantai juga ditutup secara bersilang supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas atau sebaliknya tanpa perlu keluar dari tukun. Pada tingkat atas lubang dibuka secara berselang supaya cahaya boleh sampai ke dasar tukun dan sebahagian lagi sebagai substrak untuk benih flora dan fauna marin melekat dan membesar. Dinding pada tingkat dua dan tiga ditutup secara berselang supaya kawasan ini boleh menjadi tempat anak ikan berlindung semasa arus kuat. |



Gambar 53: Modul Tukun Rekreasi Juvenil (TR-J)

4.5 Tukun Kiub

Pembinaan Tukun Kiub juga dimulakan di Terengganu untuk mengkaji bentuk tukun yang paling sesuai terutama dari segi kestabilan kerana terdapat modul Tukun Kuboid yang terbalik ketika dilabuhkan. Walaupun dalam keadaan

terbalik, tidak ada impak yang signifikan kerana dasar laut yang keras menyebabkan tidak berlaku proses pengerukan. Bentuk Tukun Kiub yang lebih rendah dijangka akan lebih stabil dan lebih tahan terhadap heretan pukut tunda. Tiga reka bentuk telah dihasilkan iaitu Tukun Kiub, Tukun Kiub Juvenil dan Tukun Kiub Juvenil Penghalang Pukut Tunda.

4.5.1 Spesifikasi Modul Tukun Kiub (2009)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2.5 m X 2.5 m X 2.5 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 16 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Ma' Daerah, Kuala Terengganu, Jambu Bongkok, Marang, Setiu (Terengganu); Mukah Sarawak; Pulau Rusukan (WP Labuan); Pulau Tioman (Pahang) |
| Nota | Lantai pada tingkat bawah tidak berdinging supaya arus dasar boleh bergerak terus tanpa halangan. Bahagian dasar dikonkrit secara bersilang untuk kuatkan lagi cengkaman pada sedimen. Lantai juga tidak ditutup supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas atau sebaliknya tanpa perlu keluar dari tukun |



Gambar 54: Modul Tukun Kiub

4.5.2 Spesifikasi Modul Tukun Kiub Juvenil (2010)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2.5 m X 2.5 m X 2.5 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 25 cm |
| Tebal tiang | 25 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 20 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | 7 modul di Rompin, Nenasi* (Pahang) *15 modul tukun ini terjatuh di Nenasi kerana pontun bocor |
| Nota | Lantai pada tingkat bawah tidak ber dinding supaya arus dasar boleh bergerak terus tanpa halangan. Bahagian dasar dikonkrit 100% supaya cukup berat dan tidak boleh diheret oleh pukut tunda. Lantai juga tidak ditutup supaya ikan yang berada di dalam struktur tukun boleh bergerak dari tingkat bawah ke tingkat atas atau sebaliknya tanpa perlu keluar dari tukun. Sebahagian dinding pada tingkat dua dan tingkat tiga dikonkrit untuk mengurangkan pergerakan arus. Kawasan ini boleh menjadi pelindung kepada anak-anak ikan semasa arus kuat. Pada tingkat atas sebahagian lubang ditutup untuk menyediakan permukaan yang luas untuk benih fauna dan flora marin melekat. |



Gambar 55: Modul Tukun Kiub Juvenil

4.5.3 Spesifikasi Modul Tukun Kiub Juvenil Penghalang Pukat Tunda

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 1.90 m X 1.90 m X 1.85 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 20 cm |
| Tebal tiang | 20 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 20 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 10 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Terengganu dan Johor |
| Nota | Hanya sesuai di kawasan dasar keras dan berpasir kasar |



Gambar 56: Modul Tukun Kiub Juvenil Penghalang Pukat Tunda

4.6 Tukun Udang Karang (2008 - 2010)

Tukun Udang Karang (TUK) dibina khusus sebagai habitat udang karang pada musim berhijrah untuk mengelakkannya ditangkap oleh nelayan yang menggunakan pukat tunda. Reka bentuk yang dihasilkan adalah berdasarkan kepada bentuk habitat asal udang karang yang suka bersembunyi dan hanya bahagian kepala sahaja yang boleh kelihatan. Tukun ini berbentuk kuboid tiga tingkat. Pada tingkat bawah dan tingkat satu terdapat empat petak pada dua sisi yang bertentangan untuk menjadi tempat udang karang bersembunyi. Tingkat paling atas direka untuk menarik perhatian ikan demersal. Modul yang pertama dinamakan Tukun Udang Karang 1 (TUK1).

4.6.1 Spesifikasi Modul Tukun Udang Karang 1 (2008, 2009)

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 1.65 m X 1.65 m X 1.65 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 15 cm |
| Tebal tiang | 15 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 5 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Tg. Kabung WP Labuan: (2008); Pulau Tinggi Johor (2009); Kuala Penyu, Sabah (2009) |
| Nota | Tukun ini cuma sesuai dilabuhkan di kawasan sedimen jenis pasir sangat kasar, berbatu atau dasar yang sangat keras seperti di tapak Tg. Kabung WP Labuan dan di tapak Kuala Penyu, Sabah. Tidak sesuai sama sekali untuk kawasan sedimen jenis pasir halus atau berlumpur kerana struktur ini mudah untuk terbenam kerana pergerakan arus dasar laut tersekat disebabkan petak-petak yang tertutup pada bahagian paling bawah menyebabkan berlakunya proses pengerukan. |



Gambar 57: Modul Tukun Udang Karang 1 (TUK1)

Oleh kerana berlakunya proses pengerukan yang serius ke atas TUK1 yang dilabuhkan di kawasan sedimen jenis pasir halus di Pulau Tinggi, Johor sedikit modifikasi telah dibuat ke atas TUK1 dan dinamakan Tukun Udang Karang 2 (TUK2). Bagi membolehkan arus laut terus bergerak, dinding pada kedua-dua sisi tingkat bawah dikosongkan. Reka bentuk ini membolehkan arus dasar laut yang menghala ke arah tukun tidak tersekat kerana arus boleh menembusi tukun dari arah kiri dan arah kanan.

4.6.2 Spesifikasi Modul Tukun Udang Karang 2 (2010)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 1.65 m X 1.65 m X 2.05 m (tinggi) |
| Bilangan tingkat | 3 |
| Tebal lantai/rasuk | 15 cm |
| Tebal tiang | 15 cm |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Besi Tetulang lantai | Y10 BW100 c/c |
| Tebal rasuk bawah (beam) | 30 cm |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 7 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kg. Layang-Layang WP Labuan (2010) |
| Perbezaan dengan TUK1 | Tingkat bawah ditinggikan dan mempunyai lantai yang condong |
| Nota | Modifikasi ini telah berjaya mengelakkan berlakunya proses pengerukan bagi kawasan sedimen jenis pasir kasar sahaja. Tukun ini juga tidak sesuai untuk kawasan sedimen jenis pasir halus dan berlumpur |



Gambar 58: Modul Tukun Udang Karang 2 (TUK2)

4.7 Tukun Tetrapod (TT)

Tukun Tetrapod bukanlah satu reka bentuk baharu kerana negara Jepun telah membina struktur seperti ini untuk mengalang hakisan pantai. Struktur ini juga banyak dibina di kawasan pelabuhan sebagai benteng pemecah ombak. Hanya dua reka bentuk sahaja dibina oleh JPM iaitu Tukun Tetrapod 1 (TT1) pada tahun 2006 dan Tukun Tetrapod 2 (TT2) pada tahun 2008. Tukun Tetrapod hanya sesuai dilabuh di kawasan dasar laut yang keras seperti kawasan berpasir kasar atau pasir kasar bercampur sedikit lumpur dan tidak sesuai sama sekali di kawasan dasar lembut

berlumpur kerana akan terbenam sebaik sahaja dilabuhkan Permukaan tukun yang luas boleh menjadi substrat untuk benih hidupan marin melekat dan hidup di atasnya.

4.7.1 Spesifikasi Modul Tukun Tetrapod 1 (2006)

| Perkara | Maklumat |
|--|--|
| Ukuran | 2.65 m X 2.65 m X 2.65 m (tinggi) |
| Tetulang utama | Y10 dan Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 7 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Cherating (Pahang); Ma' Daerah dan Pulau Bidong (Terengganu), Pasir Putih (Kelantan) |



Gambar 59: Tukun Tetrapod 1 (TT1)

4.7.2 Spesifikasi Modul Tukun Tetrapod 2 (2007, 2008)

| Perkara | Maklumat |
|--|---|
| Ukuran | 2.65 m X 2.65 m X 2.65 m (tinggi) |
| Tetulang utama | Y10 dan Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R8 |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 8 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Cherating, Sg. Miang dan Ceruk Paloh (Pahang); Ma' Daerah, Rantau Abang dan Dungun (Terengganu); Pulau Tinggi dan Tg. Penawar (Johor) |
| Nota | Hujung berbentuk hexagon dan permukaan tukun mempunyai rabung (ridge). |



Gambar 60: Modul Tukun Tetrapod 2 (TT2)

4.8 Reka Bentuk Tukun Keluli

Dua reka bentuk tukun tiruan besar menggunakan keluli telah dilabuhkan di negeri Terengganu dan Kedah pada tahun 2014. Bahan yang digunakan adalah jenis keluli yang biasanya tahan dengan persekitaran laut dan tidak mudah berlubang dan terhakis. Walau bagaimanapun, disebabkan oleh keperluan kos lojistik yang tinggi untuk pengangkutan dan pembinaan tukun (anggaran tiga kali ganda lebih tinggi daripada menggunakan konkrit berangka) dan mengambil kira pulangan ekonomi jangka pendek, tukun tiruan yang diperbuat daripada keluli adalah tidak wajar.

4.8.1 Spesifikasi Modul Tukun Keluli Terengganu

Tukun tiruan yang bersaiz lebih kecil telah dilabuhkan di dasar laut berpasir keras di perairan pantai Terengganu dan berukuran 3 m x 2 m x 2 m tinggi dengan berat 3.5 tan metrik. Sebanyak 15 modul telah dilabuhkan pada dua tapak di Terengganu. Pemerhatian visual oleh penyelam pada tahun 2017 mendapati semua modul masih terletak dengan kemas di dasar laut. Tukun keluli yang dilabuhkan pada dasar pasir keras masih stabil dan tiada pengerukan berlaku.



Gambar 61: Modul Tukun Keluli Terengganu

| Perkara | Maklumat) |
|----------------|--------------------------------------|
| Ukuran | 3.0 m X 2.0 m X 2.5 m (tinggi) |
| Diameter tiang | 0.2 m ms hollow pipe |
| Tebal besi | 0.7 cm |
| Bilangan tiang | 20 |
| Berat | 10 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Pulau Bidong dan Marang (Terengganu) |

4.8.2 Spesifikasi Modul Tukun Keluli Kedah

Reka bentuk tukun tiruan yang dilabuhkan pada dasar lembut berlumpur di Kedah adalah sama dengan reka bentuk TDL1 yang direka untuk dasar lembut tetapi ia mempunyai ukuran 3.5 m x 3.5 m x 6.125 m tinggi dengan berat 13 tan metrik. Diameter dan ketebalan struktur utama adalah 20 cm dan 0.81 cm. Sebanyak 55 modul telah dilabuhkan pada dua tapak dalam jarak lima batu nautika di perairan pantai Kedah. Struktur tukun keluli yang dilabuhkan pada dasar lumpur lembut di Kedah ditemui tertimbus sedalam 1.5 meter ke dalam permukaan dasar.

| Perkara | Maklumat |
|----------------|----------------------------------|
| Ukuran | 3.7 m X 3.7 m X 6.2 m (tinggi) |
| Diameter tiang | 0.2 m ms hollow pipe |
| Tebal besi | 0.7 cm |
| Bilangan tiang | 25 |
| Berat | 13 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Kuala Jerlun, Kuala Sala (Kedah) |

4.9 Tukun Paip Air Labuan

Bahan binaan untuk membina Tukun Paip ini diperolehi secara percuma dari Jabatan Bekalan Air Labuan. Bagi mengukuhkan lagi struktur tukun, paip air tersebut dikongkritkan untuk menjadi satu modul yang mengandungi 5 paip. Tukun ini diharap akan menjadi habitat yang penting kepada udang karang selain ikan kerana lubang paip itu telah ditutup sebahagiannya supaya menyamai habitat udang karang.



Gambar 62: Modul Tukun Keluli Kedah



Gambar 63: Modul Tukun Paip Air Labuan

4.9.1 Spesifikasi Modul Tukun Paip Air Labuan

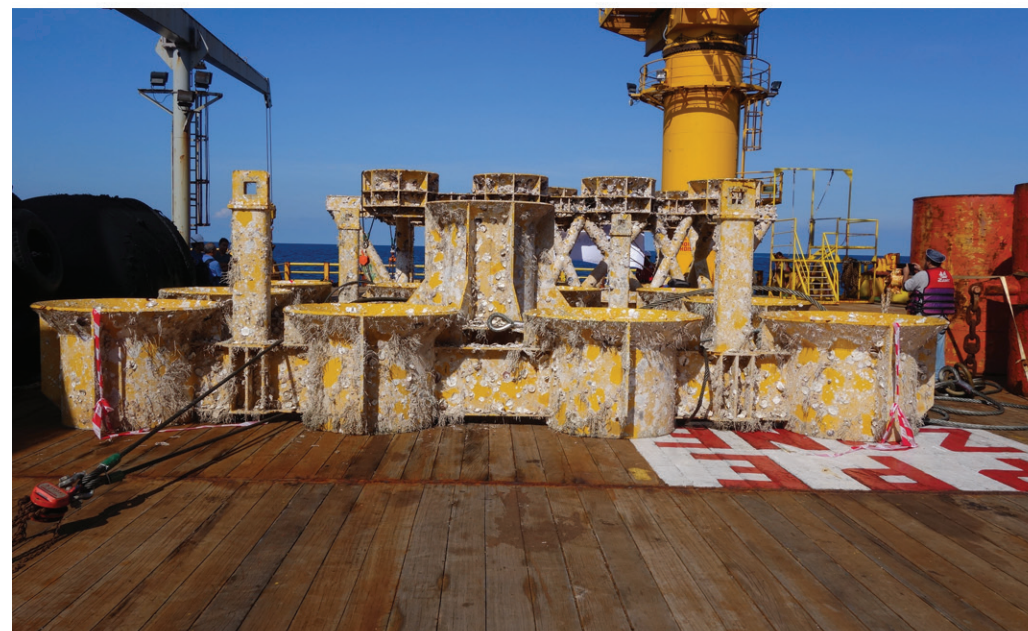
| Perkara | Maklumat |
|--|--------------------------------|
| Ukuran | 4.0 m X 1.9 m X 3.0 m (tinggi) |
| Besi Tetulang utama | Y12 |
| Besi Perangkai (link) | R 8 |
| Bilangan paip air | 6 |
| Tebal minimum lapisan konkrit (concrete cover) | 5 cm |
| Gred konkrit | 40 |
| Berat | 6 tan metrik |
| Lokasi dilabuh | Wilayah Persekutuan Labuan |

4.10 Tukun Pelantar Minyak (Rig to Reef)

Tukun pelantar minyak dibina menggunakan pelantar minyak yang telah dinyahtauliah oleh syarikat cari gali petroleum kerana faktor struktur yang usang atau tidak produktif. Struktur ini dilupuskan sebagai tukun tiruan kerana kos untuk melupus yang tinggi apabila diangkat untuk dilupuskan sebagai besi buruk di darat. Struktur ini merupakan antara bahan binaan tukun tiruan yang paling berkesan dalam mewujudkan ekosistem baharu di perairan marin. Selain berfungsi sebagai habitat baharu pelbagai spesies ikan, tapak tukun ini juga boleh menjadi destinasi aktiviti selam SCUBA yang menarik.

4.10.1 Spesifikasi Struktur Tukun Pelantar Minyak KAPAL

Pada 26 April dan 4 Mei 2017 dua komponen daripada pelantar minyak usang PETRONAS bernama 'KAPAL' seberat 18 dan 46 tan metrik (tm) telah dilabuhkan di Pulau Kapas. Semua proses memotong, mengangkut, membersihkan di tapak asal dan melabuh di lokasi yang dicadangkan oleh JPM ditanggung oleh PETRONAS. Pemantauan pada bulan April 2018 iaitu selepas setahun dilabuhkan mendapati kawasan tapak telah menjadi kawasan yang padat dengan pelbagai spesies ikan demersal terutama ikan kunyit, ikan tetanda dan ikan delah. Selain itu, ikan pari dan pelbagai spesies ikan batu karang juga dapat dilihat. Oleh kerana tukun ini dilabuhkan di atas sedimen jenis pasir keras proses pengerukan tidak lagi berlaku



Gambar 64: Struktur Pelantar Minyak 18 Tan Metrik



Gambar 65: Struktur Pelantar Minyak 46 Tan Metrik

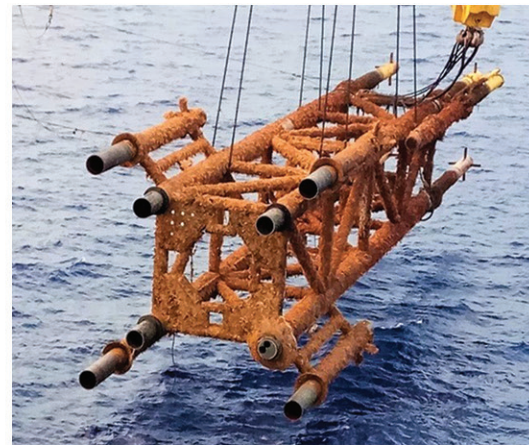
4.10.2 Spesifikasi Struktur Tukun Pelantar Minyak DANA dan D30

Ekoran kejayaan melabuhkan bahagian ‘Pelantar Kapal’ pada tahun 2016 di Terengganu, Jabatan Perikanan Laut Sarawak (JPLS) dan PETRONAS meneruskan kerjasama program ‘Rig to Reef’ dengan melabuhkan dua lagi kompanan pelantar minyak usang iaitu Pelantar DANA dan Pelantar D30 pada 9 dan 10 Ogos 2017 dalam perairan Miri. Berat keseluruhan Pelantar DANA adalah 685 tan metrik manakala Pelantar D30 pula 1,070 tan metrik. Pelantar D30 merupakan struktur mega pelantar minyak usang paling besar yang pernah dijadikan tukun tiruan di Malaysia.

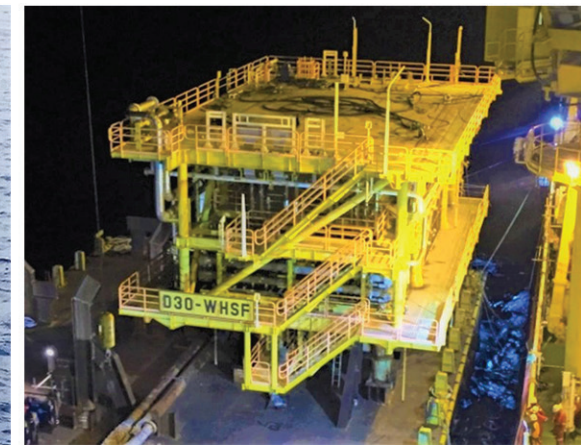
Kerja-kerja melerai, mengangkut, membersihkan dan memeriksa komponen-komponen yang dileraikan sebelum melabuh dijalankan pada 6 - 8 Ogos 2017 turut disertai oleh kakitangan JPLS dan FRI Bintawa. Semua bahagian telah dibersihkan daripada segala bahan cemar di mana paip-paip minyak dicuci sehingga tiga kali untuk memastikan tiada sebarang kesan minyak yang melekat pada mana-mana bahagian yang akan dilabuhkan. Bagi memudahkan kerja-kerja melabuh, Pelantar DANA telah dipotong kepada enam komponen iaitu ‘DANA topside’ dengan berat 400 tan metrik, ‘spool cut-off’ (45 tan metrik), ‘conductor cut-off’ (60 tan metrik), ‘DANA boatlanding’ (120 tan metrik), ‘net guard’ (20 tan metrik) dan ‘4 legs jacket’ seberat 40 tan metrik. Pelantar D30 pula dipotong kepada tiga komponen iaitu ‘topside’ seberat 580 tan metrik, ‘4 legs jacket’ (450 tan metrik), dan ‘conductor centre’ seberat 40 tan metrik.

Lima komponen pelantar DANA iaitu ‘DANA topside’, ‘spool cut-off’, ‘conductor cut-off’, DANA boatlanding’ dan ‘net guard’ dilabuhkan berdekatan di antara satu sama lain di tapak Sibuti pada kedalaman 46 meter manakala semua komponen Pelantar D30 dan satu komponen pelantar DANA iaitu ‘4 legs jacket’ dilabuhkan di tapak yang diberi nama ‘Dana Field’ juga pada kedalaman 46 meter. Jarak antara dua tapak ini ialah 89.74 batu nautika. Keluasan tapak Sibuti adalah 104 m² manakala tapak DANA Field berkeluasan 1,963 m². Dengan tambahan dua tapak baharu ini, Sarawak kini mempunyai tiga tapak tukun ‘Rig to Reef’ selepas tapak pertama iaitu Baram 8 diwujudkan pada tahun 2005 juga di perairan Miri.

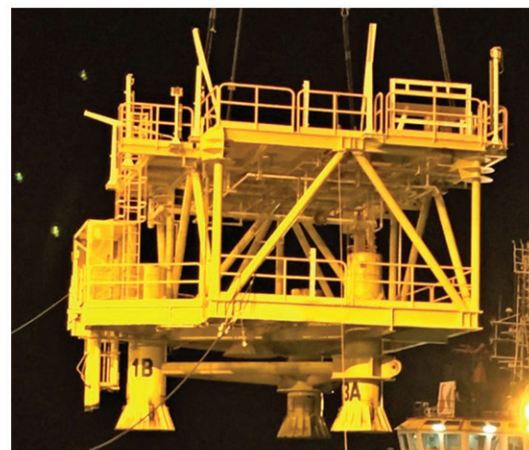
Jabatan Perikanan Malaysia akan meneruskan program ‘Rig to Reef’ ini di negeri-negeri lain dengan semua kos ditanggung sepenuhnya oleh PETRONAS di bawah program tanggungjawab sosial koperat (CSR) PETRONAS. Melalui pembinaan tukun tiruan bersaiz mega ini sumber perikanan terutama spesies-spesies demersal seperti kerapu, merah, jenahak, tetanda dan lain-lain ikan pelagik akan bertambah dan memberi manfaat kepada nelayan tempatan sebagaimana Pelantar Baram 8 yang dilabuhkan pada tahun 2005. Dengan ketinggian sehingga 9 meter dari dasar laut, diharapkan dua tapak baharu ‘Rig to Reef’ iaitu DANA Field dan Sibuti akan berkembang bukan sahaja menjadi habitat asli pelbagai spesies ikan demersal dan pelagik tetapi juga menjadi destinasi selam SCUBA yang terkenal di Sarawak.



Gambar 66: Struktur D30 4-Legs Jacket



Gambar 67: Struktur D30 Topside



Gambar 68:
Struktur DANA Topside

4.11 Nilai Tambah Hasil Projek Tukun Tiruan Fasa III

Tukun tiruan konkrit bertetulang lebih berkesan dalam mengumpulkan spesies ikan demersal dan boleh bertahan untuk jangka masa yang lama jika proses pembinaan mengikut prosedur pembinaan marin (Grove & Sonu, 1985; Grove *et al.* 1991). Pemantauan berkala dijalankan bagi setiap enam bulan selepas tukun dilabuhkan oleh penyelidik daripada JPM dan universiti tempatan bergantung pada dana dan keadaan cuaca. Maklumat mengenai kepelbagaian hidupan marin, pengumpulan ikan, komposisi ikan, biomas, parameter fizikal, kimia dan biologi direkodkan dan dianalisis. Keputusan awal menunjukkan perkembangan komuniti invertebrata dan ikan pada kawasan tukun dalam tempoh dua hingga tiga bulan selepas dilabuhkan adalah jauh lebih tinggi berbanding dengan tukun tayar. Kebanyakan permukaan tukun dilitupi oleh moluska, teritip dan pelbagai spesies karang lembut. Sebanyak 135 tapak baharu yang terdiri daripada 24 reka bentuk tukun tiruan konkrit yang berbeza telah dilabuhkan oleh JPM pada sepanjang tahun 2006 - 2017. Setiap tapak mempunyai 12 hingga 130 modul. Tukun tiruan bersaiz besar yang dilabuhkan di sepanjang perairan pantai Malaysia boleh melindungi sumber ikan daripada ditangkap menggunakan peralatan yang destruktif. Ini sudah pasti akan meningkatkan sumber perikanan pantai kerana anak-anak ikan boleh berlindung dalam struktur-struktur tukun tersebut.

BAB 5

PENCAPAIAN DAN KEJAYAAN

5.1 Tukun Tiruan Sebagai Peranti Pengumpul Ikan

Tukun bersaiz besar lebih sesuai untuk menarik ikan demersal dan pelagik dan boleh dilabuhkan sama ada di kawasan sedimen dasar lembut atau dasar keras. Ahmad *et al.* (2010), menyatakan idea pembinaan tukun bersaiz besar dipengaruhi oleh laporan kejayaan di Jepun. Maklumat kejayaan tukun bersaiz besar di Jepun yang boleh mengumpul ikan pelagik dan demersal, mewujudkan fenomena julang air (up-welling) dan boleh bertahan melebihi 30 tahun seperti yang dilaporkan oleh Takagi *et al.* (2010), dan Ohmura (2010), telah menjadi peransang kepada JPM untuk melaksanakan pembinaannya di Malaysia. Menurut (Takagi, N. pers. Comm, 2013) saiz tukun yang besar dan tinggi akan menyediakan ruang legar yang luas, menghasilkan fenomena julang air (up-welling) di kawasan berdekatan dan menyuburkan laut dengan pelbagai jenis nutrien yang diperlukan oleh plankton untuk membiak dan membesar. Kawasan tukun ini akhirnya akan menjadi tumpuan ikan pelagik berkumpul kerana sumber makanan yang banyak. Bahagian bawah tukun akan menjadi tempat ikan demersal berkumpul, membesar dan membiak.

5.2 Tukun Tiruan Sebagai Habitat Juvenil dan Induk

Jabatan Perikanan Malaysia turut membina tukun khusus untuk memberi perlindungan kepada ikan peringkat juvenil dan ikan baja. Idea untuk membina tukun jenis ini juga datangnya daripada Jepun. Menurut Sato (2010), dan Takagi *et al.* (2010), selain membina tukun untuk mengumpulkan ikan supaya mudah untuk ditangkap, Jepun juga membina banyak reka bentuk tukun tiruan khusus untuk ikan dan krustasia peringkat juvenil. Selain ikan juvenil, ikan baja juga memerlukan kawasan perlindungan untuk membesar dan membiak. Pembinaan tukun untuk meningkatkan

sumber ikan baja tidak boleh dianggap satu perkara yang tidak penting. Pendaratan ikan baja sentiasa melebihi 50% pendaratan ikan komersial oleh pukut tunda ikan dan pukut tunda udang. Sumber ini amat penting dalam industri ternakan di Malaysia kerana menjadi sumber protin yang murah untuk menghasilkan makanan ternakan ikan marin dan air tawar dan juga ternakan haiwan lain seperti ayam, lembu dan lain-lain.

5.3 Tukun Tiruan Sebagai Penghalang Pukat Tunda

Kajian mengenai impak pembinaan tukun tiruan bersaiz besar ke atas peningkatan sumber perikanan pantai dan menghalang pencerobohan pukut tunda hanya dijalankan di Terengganu seperti yang dilaporkan oleh Ahmad *et al.* (2013a). Dari segi kepelbagaian spesies ikan, lebih daripada 70 spesies ikan komersial dan 30 spesies ikan batu karang direkodkan dalam kawasan struktur tukun tiruan yang dikaji. Selain itu kajian berkenaan juga mendapati permukaan tukun ditumbuhi oleh karang lembut, sepan dan pelbagai jenis siput dan lumut. Tidak ada karang keras ditemui di atas permukaan tukun yang dikaji tetapi banyak gamat yang bernilai komersial yang terdiri daripada genera *Stichopus*, *Opheodesoma*, *Bohadschia*, dan *Holothuria* ditemui berdekatan modul-modul tukun. Hasil kajian tersebut merumuskan bahawa tukun tersebut telah berkembang menjadi satu habitat baharu bukan sahaja kepada ikan tetapi juga kepada pelbagai flora dan fauna marin yang lain selain berfungsi dengan efektif sebagai penghalang kepada pencerobohan pukut tunda.

Reka bentuk Tukun Tetrapod tidak menyediakan kawasan teduhan dan ruang untuk ikan demersal dan pelagik bersembunyi dan berlegar seperti yang dinyatakan oleh Takagi *et al.* (2010). Menurut Ahmad *et al.* (2012c), bahagian dasar tukun didiami oleh ikan yu (genera *Chiloscyllium*) dan ikan

malong (genera *Gymnothorax*). Beberapa spesies kerapu dan ikan batu karang seperti kerapu garis biru (*Cephalopholis Formosa*), kunyit-kunyit (*Lutjanus lutjanus*), kaci (*Plectorhinchus gibbosus*) dan ikan kepal batu (*Neopomacentrus* spp.) adalah spesies yang paling dominan dan selalu ditemui semasa kajian dijalankan secara menyelam SCUBA. Bentuknya yang padu tanpa sebarang ruang bagi arus laut merentasinya juga memudahkan berlakunya fenomena hakisan di dasar tukun (scouring). Permukaan tukun tetrapod di Kemaman Terengganu walaupun kurang didiami oleh ikan tetapi dilitupi oleh pelbagai spesies karang lembut yang cantik dan berwarna warni seperti karang dawai (*Cirripathes* sp.), karang lembut (*Dendronephthya* sp.), pena laut (*Scytalium* sp.) dan pelbagai spesies span selepas empat tahun dilabuhkan. Kawasan tukun berkenaan juga menjadi habitat kepada penyu agar (*Chelonia mydas*) berlindung semasa musim bertelur. Tukun ini juga berkesan menghalang pencerobohan pukat tunda berdasarkan kepada penemuan isi pukat tunda yang masih tersangkut pada tukun berkenaan.

5.4 Tukun Tiruan Meningkatkan Pendapatan Nelayan Tradisi

Kajian impak pembinaan tukun ke atas sosioekonomi nelayan tradisional hanya dijalankan di Terengganu sahaja dengan kerjasama Institut Kajian Dasar Pertanian dan Makanan, Universiti Putra Malaysia pada tahun 2011 (selepas Fasa III) melibatkan seramai 318 nelayan tradisional pantai dari Daerah Besut, Setiu, Kuala Terengganu, Marang, Dungun dan Kemaman. Hasil kajian yang dijalankan oleh Kusairi *et al.* (2012), itu diterbitkan oleh JPM pada tahun 2012. Antara rumusan kajian berkenaan menyatakan pembinaan tukun tiruan telah meningkatkan pendapatan kumpulan sasar iaitu signifikan pada paras 5% dan dianggarkan menyumbang tambahan sebanyak RM12.45/modul tukun kepada nilai pendapatan bulanan bagi setiap bot nelayan tradisional di Terengganu yang berjumlah 11,000 buah. Berasaskan purata bulan beroperasi selama 10 bulan bagi setiap bot, faedah tahunan dianggarkan dengan mendarabkan sumbangan kepada setiap bot dengan bilangan nelayan tradisional yang ada (11,000) bagi mendapatkan

faedah tahunan keseluruhan RM342,375. Dengan jumlah pelaburan tukun tiruan sebanyak RM8.95 juta faedah tahunan ini bererti tempoh bayar balik ialah 26.14 tahun. Dengan kata lain, pelaburan tukun tiruan ini dapat menghasilkan jumlah faedah yang sama dalam tempoh yang di anggarkan. Memandangkan tempoh bayar balik ini dikira tidak mengambil kira nilai mata wang, jika kadar diskaun sosial diandaikan 3% dan tempoh projek dianggap 50 tahun, nilai kini faedah adalah menyamai nilai pelaburan yang bererti pelaburan ke atas tukun tiruan ini adalah menguntungkan.

BAB 6

KESIMPULAN

Penyelidikan dan pembangunan (R&D) mengenai reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan di Malaysia telah dimulakan oleh penyelidik - penyelidik dari Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia (JPM) yang berpejabat di Pulau Pinang pada tahun 1975. Pada peringkat awal R&D hanya menfokuskan reka bentuk dan pembinaan yang ringkas menggunakan tayar terbuang, bot kayu, paip PVC, konkrit dan paip seramik tandas. Tukun ini telah digunakan dalam pengurusan perikanan untuk memaksimumkan peningkatan, pemuliharaan, pemulihan sumber perikanan dan mengurangkan serta meredakan masalah pengurangan sumber ikan di perairan pantai. Walau bagaimanapun, pada tahun 2006, JPM telah membuat perubahan dasar utama dalam reka bentuk dan bahan binaan tukun tiruan negara. Dasar tersebut lebih menfokuskan pembinaan tukun tiruan yang bersaiz besar, berat dan kuat dengan menggunakan bahan yang tahan lasak seperti konkrit bertetulang dan besi keluli untuk menghalang pencerobohan nelayan yang menggunakan alat tangkapan ikan yang merosakkan sumber seperti pukot tunda di sepanjang persisir pantai dan kawasan marin yang dilindungi. Tukun tiruan ini menekankan beberapa faktor penting seperti sifat semulajadi ikan, spesies sasar, oseanografi fizikal dan kejuruteraan laut dalam reka bentuknya. Tukun tiruan konkrit bertetulang telah dibina mengikut standard British 8110 dibawah penyeliaan pegawai kejuruteraan daripada bahagian kejuruteraan dan penyelidikan JPM. Pada masa ini, JPM telah mereka bentuk 21 jenis tukun tiruan yang telah dilabuhkan di 130 kawasan terpilih dalam Malaysia. Buku ini mengulas kembali kemajuan R&D yang telah dijalankan pada reka bentuk tukun tiruan yang menggunakan tayar, bot kayu, konkrit bertetulang, paip PVC (Polyvinyl Chloride), bahan seramik, dan besi keluli dalam Malaysia pada tahun 1975- 2017.

Berdasarkan penemuan oleh beberapa orang penyelidik JPM, hanya reka bentuk baharu dan tukun tiruan bersaiz besar yang dilabuhkan selepas tahun

2006 menggunakan konkrit dan keluli berjaya berfungsi untuk menarik dan mengumpul ikan. Tukun ini juga berjaya menghalang nelayan pukot tunda haram daripada menceroboh kawasan nelayan tradisional. Kenyataan ini dibuat berdasarkan keputusan yang dilihat pada awal reka bentuk dan pembinaan tukun tiruan menggunakan tayar, vesel kayu nelayan, paip seramik dan PVC. Fauzi (2010) melaporkan tukun tiruan konkrit bersaiz besar yang dilabuhkan pada dasar pasir keras di perairan pantai timur semenanjung Malaysia sejak tahun 2007 masih terletak dengan kemas pada dasar laut. Tambahan lagi, tukun ini telah menjadi pusat asuhan dan tapak pembiakan kepada pelbagai spesies ikan, udang karang, dan ketam. Tukun tiruan ini juga menjadi penghalang kepada nelayan pukot tunda haram apabila pukot dan penghujung kod pukot tunda dijumpai terikat pada tukun (Ahmad *et al.* 2013). Tukun tiruan bersaiz besar adalah lebih baik berbanding tukun tiruan yang bersaiz lebih kecil dalam menarik lebih banyak flora dan fauna marin. Tukun tiruan bersaiz besar mempunyai dwi fungsi yang sangat baik dalam menyediakan habitat baru dan menghalang pencerobohan nelayan pukot tunda dalam kawasan berhampiran pantai. Pada sudut kestabilan, tukun tiruan konkrit bersaiz besar dan tukun tiruan keluli yang dilabuhkan pada dasar lumpur lembut sepanjang pantai barat semenanjung Malaysia telah tenggelam ke dalam dasar laut dan menjadi kurang berkesan sebagai tukun. Ahmad *et al.* (2013), Azizi *et al.* (2014) dan Azizi *et al.* (2016) melaporkan sekurang-kurangnya satu tahun selepas dilabuhkan, 1.5 meter bahagian bawah tukun tertanam ke dalam mendapan lumpur sepanjang pantai barat semenanjung Malaysia. Walau bagaimanapun, modul tersebut masih berkedudukan tegak dan tidak terbalik. Diramalkan struktur ini akan mengekalkan ketinggiannya dan tidak akan terus tenggelam ke dalam dasar apabila tukun telah mencapai kedudukan lapisan dasar yang keras. Hal ini diandaikan kawasan tukun ini tidak akan berlaku proses mendapan tambahan. Semua tukun tiruan yang dilabuhkan pada dasar pasir keras adalah stabil dan tiada kesan pengerukan berlaku. Bahagian bawah tukun tiruan telah direka khas untuk membenarkan aliran arus dasar di atas tapak modul dan hanya halangan yang kecil sahaja merentasi keseluruhan tapak modul.

RUJUKAN

- Abdul Razak, L. and Ismail I. 1994. An analysis of the efficacy of three artificial reefs designs, at Lembu Island, Kedah. Pages 410-419 in Proceedings Fisheries Research Conference, 4-6 October 1993, Department of Fisheries Malaysia. Kuala Lumpur.
- Ahmad, A., Mahyam, M. I., Solahuddin, A. R., Jamaludin, I. 2004. A Guide to make and set durable artificial reef fish aggregating devices (ARFADS) for coastal areas. SEAFDEC-MFRDMD/SP/6, Kuala Terengganu, Malaysia.
- Ahmad, A., Mahyam, M. I., Zaidnuddin, I., Mohamed Pauzi, A., Ku Kassim, K. Y., Nor Azman, Z. 2008. Status of artificial reefs in Terengganu waters based on images analysis using side-scan sonar (In Malay language). SEAFDEC-MFRDMD, Kuala Terengganu, Malaysia.
- Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Daud, A., Raja Bidin, R. H. 2010. Fishing ground environmen around artificial reefs in Malaysia. In: Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R., Osamu, A. (eds.). Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources. SEAFDEC/FRA joint program regarding artificial reefs for the enhancement of fishery resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia. Department of Fisheries Malaysia. p. 137-164
- Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Rafezi, H., Abdul Halim, M., Raja Bidin, R. H. 2013. Protecting coastal habitats and enhancing fisheries resources using big size artificial reef in the east coast of peninsular Malaysia. Malaysia Journal of Science 32 (SCS Sp. Issue):19-36
- Ahmad, A., Azizi, A., Shukri, A., Fathy Kameel, M., Roslan, L. 2013. Detecting and mapping of artificial reefs using side scan sonar and sub bottom profiler (Volume 1). SEAFDEC/MFRDMD.
- Ahmad, A. 2015. Assessment on the development and implementation of artificial reefs in Malaysia. PhD dissertation submitted to Institute of Oceanography and Environment, University Malaysia Terengganu.
- Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Daud A., Nor Azman, Z., dan Irman, I. 2012. Ringkasan sejarah penyelidikan dan pembangunan tukun tiruan di Malaysia. Mukasurat 1-8 dalam Ahmad, A., Maznah O., Mohammed Pauzi, O., Rafezi, H., dan Raja Bidin, R. H. 2012., (eds.). Pencapaian dan Kejayaan Penyelidikan dan Pembangunan Tukun Tiruan 2006- 2010. Jabatan Perikanan Putrajaya.
- Ahmad, A., Annie Lim, P. K., Abdul Rahman, M., Nor Azman, Z., dan Pheng, K. S. 2012c. Biodiversiti dan kepelbagaian spesies ikan, ketam, sotong dan udang karang. Mukasurat 153-166 dalam Ahmad, A., Maznah, O., Mohammed Pauzi, O., Rafezi, H., dan Raja Bidin, R. H. 2012., (eds.). Pencapaian dan Kejayaan Penyelidikan dan Pembangunan Tukun Tiruan 2006-2010. Jabatan Perikanan Putrajaya.
- Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Rafezi, H., Abdul Halim, M., and Raja Bidin R. H. 2013a. Protecting coastal habitats and enhancing fisheries resources using big size artificial reef in the east coast of Peninsular Malaysia. Malaysian Journal of Science 32(SCS Sp Issue): 19-36
- Ahmad Tarmidzi, R., Ahmad, A., Abdul Halim, M., Rafezi, H., Syed Abu Bakar, S. H., dan Nor Azman, Z. 2012. Kreativiti dan Inovasi. Muka surat 9-30 dalam Ahmad, A., Maznah, O., Mohammed Pauzi, O., Rafezi, H., dan Raja Bidin, R. H. 2012., eds., Pencapaian dan kejayaan penyelidikan dan pembangunan tukun tiruan 2006-2010. Jabatan Perikanan Putrajaya.
- Azizi, A., Ahmad, A., Shukri, A., Fathy Kameel, M. F., Roslan, L., 2014. Detecting and mapping of artificial reefs using side-scan sonar and sub-bottom profiler (Volume 2). SEAFDEC/MFRDMD.
- Azizi, A., Ahmad, A., Shukri, A., Fathy Kameel, M. F., Roslan, L. 2016. Mapping of artificia reefs and fish aggregating devices in Kedah waters (In Malay Language). SEAFDEC/MFRDMD/SP/30.

- Ahr, W. M. 1974. Geological consideration for artificial reefs site location. In: Calunga, Stone R. B. et al., (eds.). Proceedings on an International Conference on Artificial Reefs, March 20-22, 1974, Houston, Texas. TAMU-SG-74-103. p. 31-33
- Carlisle, J. G. Jr., Turner, C. H., Ebert, E. E. 1964. Artificial habitat in the marine environment. Dept. Fish & Game, Fish Bull. (124).
- Chang, L. W., W. Weber., Kean, L. E., Ong, K. S. and Liong, P. C. (1975). Demersal fish resources in Malaysia waters. 3rd east coast trawl survey off the east coast of Peninsular Malaysia. 14th August - 20th September 1972. Ministry of Agriculture and Rural Development, Malaysia. Kuala Lumpur. 19 pp
- Che Omar, M. H., Sukarno, W. 1994. Early observation of artificial reefs for squid in Terengganu waters (In Malay language). In: Proceedings Fisheries Research Conference, 4-6 October 1993, Kuala Terengganu, Malaysia Department of Fisheries Malaysia: p. 404-409
- Daud, A., Mohd Zakaria, M. 2007. First rig to reef in Malaysia. In: Proceedings of 4th National Fisheries Symposium 2006, Kuching, Sarawak, Malaysia. Department of Fisheries Malaysia: p. 138-143
- Davis, E. C. 1974. Artificial fish reefs in Australia. Paper presented to the International Conference on artificial reefs, Houston, Texas, U.S.A., March 20th - 22nd 1974.
- Department of Fisheries Malaysia, (1967). Results of the joint Thai-Malaysia-Germany trawling survey off the east coast of the Malay Peninsular 1967. Prepared by the Marine Fisheries Laboratory, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture, Bangkok, Thailand and the Fisheries Research Institute, Fisheries Division, Ministry of Agriculture and Cooperative Malaysia. Kuala Lumpur. 64 pp
- Fauzi, A. R. 2010. Status report of artificial reefs program in Malaysia. In: Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R., Osamu, A., (eds.). Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources. SEAFDEC/FRA Joint Program Regarding Artificial Reefs for the Enhancement of Fishery Resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia. Department of Fisheries Malaysia: p. 28-54
- Grove, R. S., Sonu, C. J. 1985. Fishing reef planning in Japan. In: F.M. D'Itri, (ed.). Artificial Reefs: Marine and freshwater applications. Lewis Publisher, Inc. Chelsea, Michigan: p. 187-251
- Grove, R. S., Nakamura, M., Sonu, C. J. 1991. Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement. In: Seaman, W. Jr., Sprague, M. L., (eds.). Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries. Academic Press, Inc. San Diego, California: p.109-152
- Ino, T. 1974. Historical review of Artificial Reefs activities in Japan. In: Calunga, Stone, R. B., et al., (eds.). Proceeding on an International Conference on Artificial Reefs, March 20-22, 1974, Houston, Texas. TAMU-SG-74-103: p. 21-23
- Jabatan Perikanan Malaysia. 1985. Tukun tiruan dan perbezaannya dengan unjam-unjam. Kertas makluman pengembangan perikanan. Cawangan Pengembangan Ibu Pejabat Perikanan Malaysia, Kuala Lumpur. 58ms.
- Jothy, A. A. 1986. Artificial reef development in Malaysia. In: Meng WT, Eong OJ, Ong KS. (eds.). Proceedings of the Ninth Annual Seminar Towards Greater Productivity of Our Coastal Waters 12th April 1986. Malaysia Society of Marine Science: p. 5-16
- Jothy, A. A. 1982. A step towards alleviating the problem of declining fish resources in Malaysian coastal waters. In: Ong, K. S., Jothy, A. A., (eds.). Our Seas in Perspective, 5-6 August 1978. Malaysia Society of Marine Science, Serdang, Malaysia: p. 77-82

- Jothy, A. A., Rauck, G., Mohd. Shaari, S. A. L., Ong, K. S., Liong, P. C. and Carvalho, J. L. (1975). Demersal fish resources in Malaysian waters. Second trawl survey of the coastal water off the east coast of Peninsular Malaysia (March-May 1971). Ministry of Agriculture and Rural Development, Malaysia. Kuala Lumpur. 36 pp
- Kusairi, M. N., Shaufique, F. S., Ghazi, M. N. I., Aswani Farhana, M. N., Ahmad, A., dan Maznah, O. 2012. Kesan pembangunan tukun tiruan keatas pendapatan nelayan tradisional di negeri Terengganu. Institut Kajian Dasar Pertanian dan Makanan, UPM. 125ms
- Latun, A. R., Mohammed Pauzi, A. 1991. Artificial reefs in Malaysia: A country review paper. In: Proceedings symposium on artificial reefs and fish aggregating devices as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, 14-17 May 1990, Colombo, Sri Lanka. RAPA Report 1991/1: p. 423-435
- Lamp, F. and Mohammed Shaari, S. A. L. (1976). Demersal fish resources in Malaysian waters. Fourth trawl survey of the coastal waters off the east coast of Peninsular Malaysia (13th July - 12th August 1974). Ministry of Agriculture Malaysia. Kuala Lumpur. 25 pp
- Meier, H. M., Martin, J. R., Feigenbaum, L. D., Bell, M. 1986. Artificial reefs in Virginia old beginnings and new directions. In: D'Tri FM. (ed.). Artificial Reefs: Marine and Freshwater Applications. Lewis Publisher, Inc. Chelsea, Michigan: p.337-347
- Mohammed Shaari, S. A. L., Leong, C. H. 1976. Demersal fish resources in Malaysian waters-II Third trawl survey off the west coast of Peninsular Malaysia. 16 November-11 December 1974. Fisheries Bull. 13. Ministry of Agriculture and Rural Development, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Nor Azman, Z., Mohd Saki, N. 2017. Steel Artificial Reefs (In Malay language). Fisheries Bulletin. Mac 2017.100: 3-4
- Ogawa, R. 1973. Various biological question regarding artificial reefs. Ocean Age, 3: 21-30
- Ohmura, Y. 2010. Design, construction and deployment of artificial reefs. Case in Japan. Pages 65-79 in Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R. and O. Abe, (eds.). Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources SEAFDEC/FRA joint program regarding artificial reefs for the enhancement of fishery resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia.
- Pathansali, D., G. Rauck, A. A. Jothy, Mohd. Shaari, S. A. and Curtin, T. B. of the coastal waters off the East Coast of West Malaysia). Ministry of Agriculture and Fisheries, Malaysia. Kuala Lumpur. 46 pp
- Raja Mohammad Noordin, R. O., Cheah, E. K., Sukarno, W., Mutalib, A. M. H., Mubarak, H., Raja Bidin, R. H., Che Omar, C. H. 1994. Design and construction of artificial reefs in Malaysia. Bull. of Mar. Sci, 55 (2-3): p.1050-1161
- Sanders, M. J. 1974. Artificial reefs in Australia. In Calunga, Stone, R. B. *et al.*, (eds.). Proceeding on an International Conference on Artificial Reefs, March 20-22, 1974, Houston, Texas. TAMU-SG-74-103:p. 84-90
- Sato, A. 2010. Japanese experience on management of coastal fishing grounds with artificial reefs. Pages 55-63 in Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R. and O. Abe, (eds.). Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources. SEAFDEC/FRA joint program regarding artificial reefs for the enhancement of fishery resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia.

- Stone, R. B. 1972. Artificial reefs of waste material for habitat improvement. *Marine Pollution Bulletin* 3 (2): 27-28.
- Sukarno, W., Raja Mohammad Noordin, R. O, Che Omar, M. H., Rosdi, M. N. 1994. *Artificial Reefs in Malaysia* (In Malay language). Department of Fisheries Malaysia.
- Takagi, N., Ohmura, Y., and Nakayama, I. 2010. Case study of artificial reefs in Japan. Pages 3-27 in Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R. and O. Abe., (eds.). *Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources. SEAFDEC/FRA joint program regarding artificial reefs for the enhancement of fishery resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia.*
- Takagi, N. 2013. Head of Aquaculture Engineering Task Group, Research Center for Fisheries System Engineering, National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency, Choshi, Japan. (Pers. comm.).
- UNEP. 2008. *London Convention and Protocol/UNEP (United Nation Environmental Program). Guidelines for the placement of artificial reefs.*
- Wong, F. H. 1991. Artificial reefs development and management in Malaysia. In: *Proceedings symposium on artificial reefs and fish aggregating devices as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka, 14-17 May 1990. RAPA Report 1991/11: p. 392-422*
- Zaidil Abdilla A. S., Safari, M. D., Ahmad, A., Mohd Ridzuan, M. A., Abdul Rauf, M. 2010. Design, construction and deployment of artificial reefs in Malaysia. In: Ahmad, A., Mohamed Pauzi, A., Fauzi, A. R., Osamu, A. (eds.). *Proceedings of workshop on artificial reefs for the enhancement of fishery resources. SEAFDEC/FRA joint program regarding artificial reefs for the enhancement of fishery resources, 4th August 2009, Putrajaya, Malaysia. Department of Fisheries Malaysia. p. 80-108*

Dicetak oleh



GONG BADAQ, 21300 KUALA NERUS, TERENGGANU
Tel: 09-666 8611, 666 6652, 666 8601 Faks: 09-666 0611/666 00633

Biodata Penulis



DR. AHMAD BIN ALI. Berkelulusan Ph.D (Oseanografi) dari UMT. Bertugas sebagai Pegawai Penyelidik di ISMAT sejak tahun 1992 dan terlibat dalam penyelidikan perikanan rekreasi marin, estuarin, peralatan menangkap ikan, oseanografi (fizikal dan biologi), tukun tiruan, taksonomi ikan marin dan penyus. Pada tahun 2006 beliau dilantik sebagai Ketua Penyelaras Penyelidikan Tukun Tiruan Kebangsaan dan mula menghasilkan reka bentuk tukun tiruan bersaiz besar dengan kerjasama Bahagian Kejuruteraan, Ibu Pejabat Perikanan Malaysia. Tulisan beliau berkaitan tukun tiruan diterbitkan dalam bentuk buku dan dalam jurnal penyelidikan tempatan dan luar negara. Selain itu beliau juga adalah pakar rujuk ikan yu dan pari Jabatan Perikanan Malaysia sejak tahun 2011. Beliau di lantik oleh 'International Union Conservation for Nature (IUCN), Species Survival Commission' sebagai 'Regional Vice Chair, Shark Specialist Group' untuk rantau Asia Tenggara sejak 2013.



NOR AZMAN BIN ZAKARIA. Berkelulusan Sijil Pertanian dari Institut Pertanian Malaysia. Bertugas sebagai Penolong Pegawai Penyelidik di ISMAT dan terlibat dalam penyelidikan tukun tiruan sejak tahun 2006. Beliau berpegalaman dalam aspek pemilihan tapak dan juga kajian biodiversiti di kawasan tukun tiruan. Beliau juga banyak terlibat dalam program melabuh tukun yang dijalankan di seluruh negara.



MUHAMMAD AMIRULLAH AL AMIN BIN AYOB. Berkelulusan B. Sc. Produksi dan Kesihatan Haiwan dari Universiti Sultan Zainal Abidin. Mula bertugas sebagai Pegawai Penyelidik di ISMAT pada tahun 2018. Beliau terlibat dalam aktiviti kajian pemilihan tapak tukun di Terengganu, Kelantan, Pulau Pinang dan Selangor. Beliau juga terlibat dalam kerja-kerja melabuh tukun bersaiz besar sepanjang tahun 2018.



IR. RAFEZI BIN HAZIZI. Berkelulusan B. Sc. Kejuruteraan (Mekanikal - Teknologi Marin) dari UTM. Bertugas sebagai Pegawai Perikanan (Jurutera) di Bahagian Kejuruteraan, Jabatan Perikanan Malaysia sejak tahun 2004. Bermula tahun 2006 beliau merupakan penyelam di bawah persijilan PADI. Terlibat secara langsung di dalam proses reka bentuk tukun tiruan konkrit di Jabatan Perikanan Malaysia. Sedang melanjutkan pelajaran di peringkat M. Sc. (Oseanografi) di UMT dan melakukan penyelidikan di dalam reka bentuk tukun tiruan konkrit terhadap kesan arus dengan menggunakan kaedah permodelan berangka.



MOHD. SAKI BIN NOOR. Berkelulusan Sijil Pertanian dari Institut Pertanian Malaysia. Bertugas sebagai Penolong Pegawai Penyelidik di ISMAT. Terlibat secara langsung dalam kerja-kerja kajian pemilihan tapak baharu tukun tiruan, pemantauan dan kajian kepelbagaian biodiversiti di tapak tukun sedia ada dan program melabuh tukun tukun tiruan sejak 2014.



NUR ISKANDAR TAJUDIN. Berkelulusan B. Sc. (Kejuruteraan Awam) dari UTM. Bertugas sebagai Pegawai Perikanan (Jurutera) di Bahagian Kejuruteraan, Jabatan Perikanan Malaysia sejak tahun 2010. Terlibat secara langsung dalam menghasilkan inovasi tukun bersaiz besar, pemantauan di tapak pembinaan, pengawalan kualiti pembinaan dan operasi melabuh. Beliau juga berpengalaman di dalam reka bentuk dan pembinaan payau tuna di Sabah dan Wilayah Persekutuan Labuan.

