

**PROJEK PEMBINAAN TANGKI PENYIMPANAN AIR
GFRP MUATAN 40,000 GELEN (3 UNIT) DI
SIBU ISLAND RESORT, MERSING**

Shukur bin Hj. Abu Hassan
Kamal Azam bin Bani Hashim
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia

Mohd. Azraii bin Kassim
Jamaluddin bin Mohd. Yatim
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

ABSTRAK

Permintaan ke atas penggunaan tangki penyimpanan air yang diperbuat dari bahan polimer komposit Gentian Kaca/Poliester (Glassfibre Reinforced Plastics – GFRP) telah meningkat dan mula mendapat perhatian masyarakat negara ini. Rekabentuk dan pembuatan tangki yang berbentuk silinder dari bahan GFRP yang berkapasiti tinggi memerlukan pengetahuan praktikal dan teori yang luas. Projek pembinaan tangki penyimpanan air dari bahan GFRP di Sibu Island Resort, Mersing yang berjumlah tiga (3) unit di mana masing-masing berkapasiti 40,000 gelen (181.84 m^3) telah mengambil masa hampir setahun untuk disempurnakan. Projek pembinaan ini telah menggunakan khidmat kepakaran dua orang kakitangan Pusat Komposit UTM (PUSKOM) dan seorang kakitangan Pusat Rekacipta UTM (PRT). Penglibatan PUSKOM dalam projek ini adalah dibuat

secara lantikan oleh Syarikat Hasilman Sdn. Bhd. (pihak kontraktor) melalui Uni-Technologies Sdn. Bhd.. pemilihan bahan komposit GFRP sebagai bahan struktur utama adalah amat bertepatan memandangkan keupayaan sifat mekanikal dan fizikalnya yang tinggi. Antara faktor pemilihan bahan tersebut turut didorong oleh kesan udara sekeliling pulau dimana berupaya bagi mempercepatkan proses kegagalan struktur hasil kesan tindakbalas kimia (kesan karat). Kejayaan dalam menyempurnakan pembinaan ketiga-tiga unit tangki penyimpanan air GFRP di Sibu Island Resort, Mersing telah menunjukkan satu contoh bahawa kerjasama dengan pihak luar dalam menjayakan sesuatu projek adalah merupakan satu pengalaman cukup berharga, khususnya yang melibatkan kerja-kerja penyeliaan di sesebuah pulau.

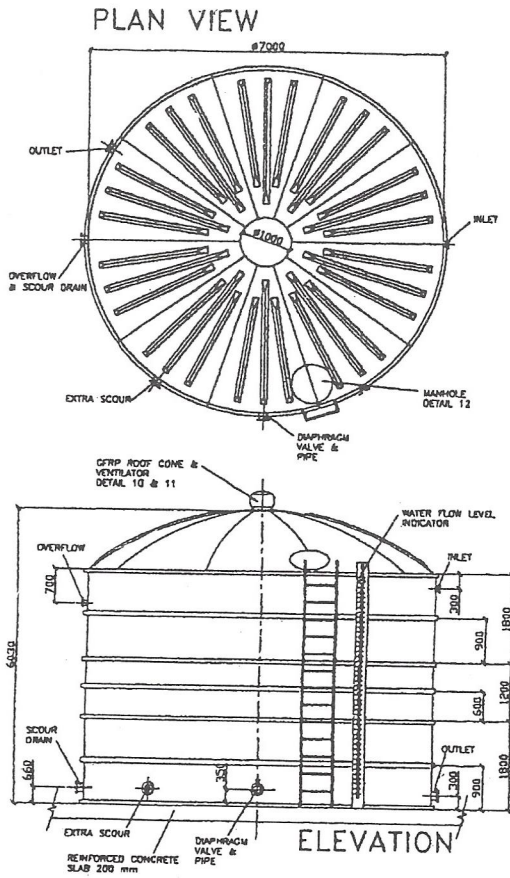
1.0 PENDAHULUAN

Projek pembinaan tangki penyimpanan air diperbuat dari bahan komposit Gentican Kaca/Poliester (Glassfibre Reinforced Plastics – GFRP) telah berjaya disiapkan iaitu hasil penglibatan serius pihak Syarikat Hasilman Sdn. Bhd. (kontraktor), Perbadanan Johor (pemilik) dan pihak Pusat Komposit UTM (PUSKOM) sebagai juru perunding.

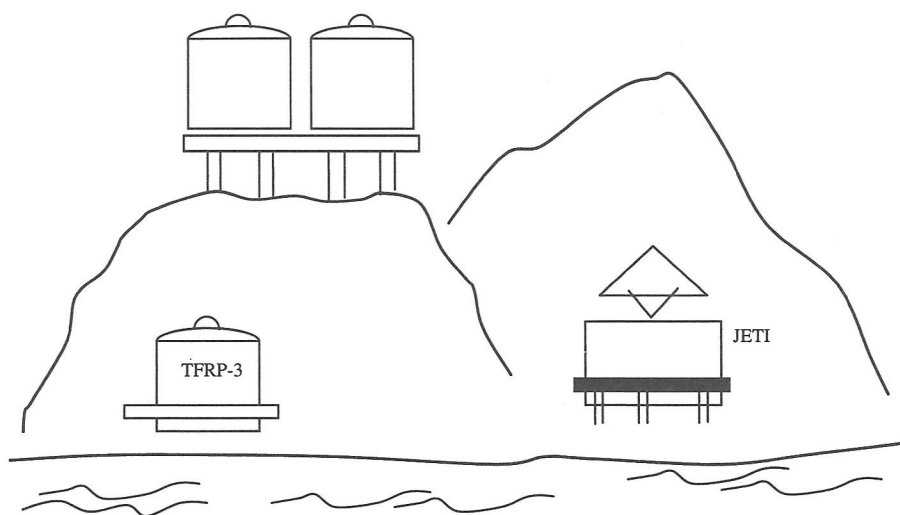
Projek tersebut telah mengambil masa hampir setahun untuk disempurnakan (23hb. November 1998 hingga 23hb. September 1999) dan jangkamasa ini telah tersasar dari masa yang dijangkakan, iaitu selama tiga (3) bulan (23hb. November 1998 hingga 22hb. Februari 1999).

Jumlah keseluruhan tangki yang telah dibina adalah sebanyak tiga (3) unit, di mana masing-masing mempunyai ukuran saiz yang sama (Rajah 1) dan kapasiti muatan adalah sebanyak 40,000 gelen (181.84m^3). Secara umumnya, kedudukan tangki-tangki tersebut adalah seperti pada Rajah 2, dimana dari jumlah tersebut dua unit digunakan sebagai tangki penyimpanan air yang masing-masing terletak di

kedudukan tanah tinggi (TFRP - 1 dan TFRP - 2) dan disokong oleh struktur konkrit, dan tangki yang ketiga (TFRP -3) merupakan tangki serapan (suction) yang terletak di kedudukan terendah dan di sokong oleh papak gelas konkrit.



Rajah 1 Rekabentuk Tangki Air GFRP Berkapasiti 40,000 Gelen



Rajah 2 Kedudukan Skematik Tangki-tangki Air GFRP Masing-masing Berkapasiti 40,000 galen (TFRP – 1/2/3) di Sibu Island Resort, Mersing

Dilihat dari faktor geografinya, kedudukan tapak projek merupakan sebuah pulau yang sentiasa didatangi para pelancung dari dalam dan luar negeri dan merupakan satu kawasan percutian yang menarik. Perjalanan dari Pusat Bandaraya Johor Bahru mengambil masa lebih kurang 2 jam dan $\frac{1}{2}$ jam diperlukan dari jeti Tanjung Leman untuk ke Sibu Island Resort.

Antara faktor utama bahan komposit dipilih sebagai struktur utama tangki air adalah berdasarkan kepada keupayaan bahan komposit dalam mengatasi masalah kekaratan kesan dari alam sekeliling pulau disamping mempamirkan sifat-sifat mekanikal yang tinggi untuk bertindak sebagai bahan struktur.

2.0 PEMBINAAN TANGKI AIR GFRP

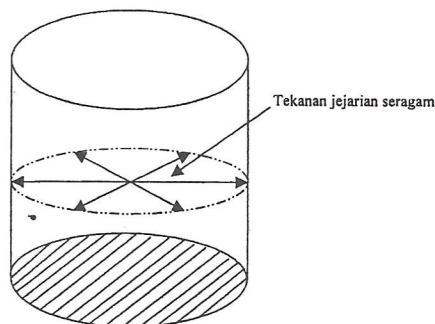
2.1 Pengenalan

Projek pembinaan tangki air ini telah memperlihatkan kemampuan dan pengalaman pihak Syarikat Hasilman Sdn. Bhd., dalam mengendalikan projek tersebut dengan cukup sempurna. Pihak syarikat mempunyai para pekerja mahir dan separuh mahir yang cukup berpengalaman khususnya dalam mengendali pembinaan tangki-tangki air berkapasiti tinggi di beberapa negeri di Semenanjung Malaysia.

Projek pembinaan tangki penyimpanan air di Sibul Island Resort ini merupakan projek yang memberi pengalaman baru kepada pihak syarikat khususnya dalam mengatasi masalah pengurusan seperti pengangkutan, kakitangan, anggaran kos dan pengendalian pembinaan di tapak kerja.

2.2 Konsep Rekabentuk Tangki Air

Syarikat Hasilman Sdn. Bhd. antara beberapa buah syarikat di negara ini yang menghasilkan tangki penyimpanan air berkapasiti tinggi yang menggunakan konsep rekabentuk berbentuk selinder. Konsep ini adalah antara yang terbaik, di mana ianya dapat mengatasi masalah tekanan ke atas dinding yang tak – seragam yang biasa dihadapi oleh konsep binaan tangki panel (empat segi tepat). Konsep bentuk selinder ini adalah seperti pada rajah 3.



Rajah 3 Menunjukkan Konsep Asas Rekabentuk Binaan Tangki Selinder GFRP Syarikat Hasilman Sdn. Bhd.

Konsep pembinaan yang dipraktikkan oleh syarikat berkenaan juga turut mempamirkan teknik pemasangan atau pembuatan tanpa sebarang ikatan mekanikal kecuali semasa proses pembentukan dinding asas. Konsep tanpa ikatan mekanikal ini mempamirkan satu binaan produk secara intergrasi iaitu ianya dapat mengatasi kesan kebocoran yang serius yang sering berlaku pada tangki yang berkonsepkan binaan secara sambungan mekanikal.

2.3 Bahan Utama Binaan Struktur Tangki

Pemilihan bahan komposit Gentian Kaca/Poliester dalam binaan struktur tangki penyimpanan air berkapasiti tinggi telah terbukti kemampuan penggunaannya di beberapa buah negara seperti Australia dan Jepun.

Kemampuan bahan komposit berbanding dengan bahan kejuruteraan logam adalah jauh lebih baik jika faktor-faktor seperti ketahanan dari kesan tindakan kimia, pengangkutan, pengendalian bahan dan jangka hayat produk diambilkira semasa proses pemilihan bahan dijalankan.

Berdasarkan kepada spesifikasi teknikal bahan yang ditetapkan oleh pihak syarikat kontraktor, bahan utama yang digunakan bagi pembinaan tangki penyimpanan air tersebut adalah dari bahan gentian kaca jenis E yang bertindak sebagai agen tetulang dan bahan matrik (resin) poliester sebagai bahan pengikat. Spesifikasi teknikal bahan komposit yang digunakan bagi pengendalian pembinaan tangki penyimpanan air di tapak projek Sibu Island Resort adalah ditunjukkan pada Jadual 1.

Jadual 1: Spesifikasi teknikal bahan komposit Gentian Kaca Poliester yang dikeluarkan oleh Syarikat Hasilman Sdn. Bhd.

Sifat Mekanikal	Nilai Kekuatan
1. Kekuatan unit tegangan muktamad (Ultimate tensile unit strength) (a) Laminat CSM 450/poliester (b) Laminat WR 600/poliester	200 N/mm per kg/m ² gentian kaca (min.) 220 N/mm per kg/m ² gentian kaca (min.)
2. Unit modulus (a) Laminat CSM 450/poliester (b) Laminat WR 600/poliester	15,000 N/mm per kg/m ² gentian kaca (min.) 15,000 N/mm per kg/m ² gentian kaca (min.)
3. Kekuatan tegangan	70 N/mm ² (min.)
4. Kekuatan lenturan	100 N/mm ² (min.)
5. Modulus elastik lenturan, E_{mod}	6000 N/mm ² (min.)
6. Kekuatan ricih tindihan (a) Laminat CSM 450/poliester (b) Laminat WR 600/poliester	7.0 N/mm ² (min.) 6.0 N/mm ² (min.)

2.4 Kaedah Pembinaan Tangki Air GFRP

Konsep kerja pembinaan tangki penyimpanan air GFRP berkapasiti tinggi yang dipraktikkan oleh pihak kontraktor adalah berkonsepkan pra-fabrikasi (pre-fabricated). Peratusan jumlah kerja keseluruhan di tapak adalah dianggarkan sebanyak 80% dan selebihnya adalah ditumpukan di kilang. Aktiviti-aktiviti di kilang meliputi kerja penyediaan dinding asas tangki dan bumbung. Komponen-komponen tersebut dibawa ke tapak projek untuk menjalani proses pembinaan seterusnya. Aktiviti-aktiviti pembinaan keseluruhan tangki adalah seperti yang ditunjukkan pada lampiran 1.

Kaedah Bengkalai Tangan (Hands Lay-Up) merupakan teknik asas yang dipraktikkan hampir sepenuhnya dalam pembuatan tangki air GFRP ini.

Peringkat pembuatan bagi keseluruhan tangki tersebut adalah seperti tertera pada Rajah 4, dimana proses pembuatan boleh dibahagikan kepada dua (2) peringkat utama, iaitu:

2.4.1 Peringkat kerja Pembinaan tangki Air GFRP

- i. Peringkat I - Penyediaan atau fabrikasi lapisan luar dinding tangki (outer shell) dan bumbung.

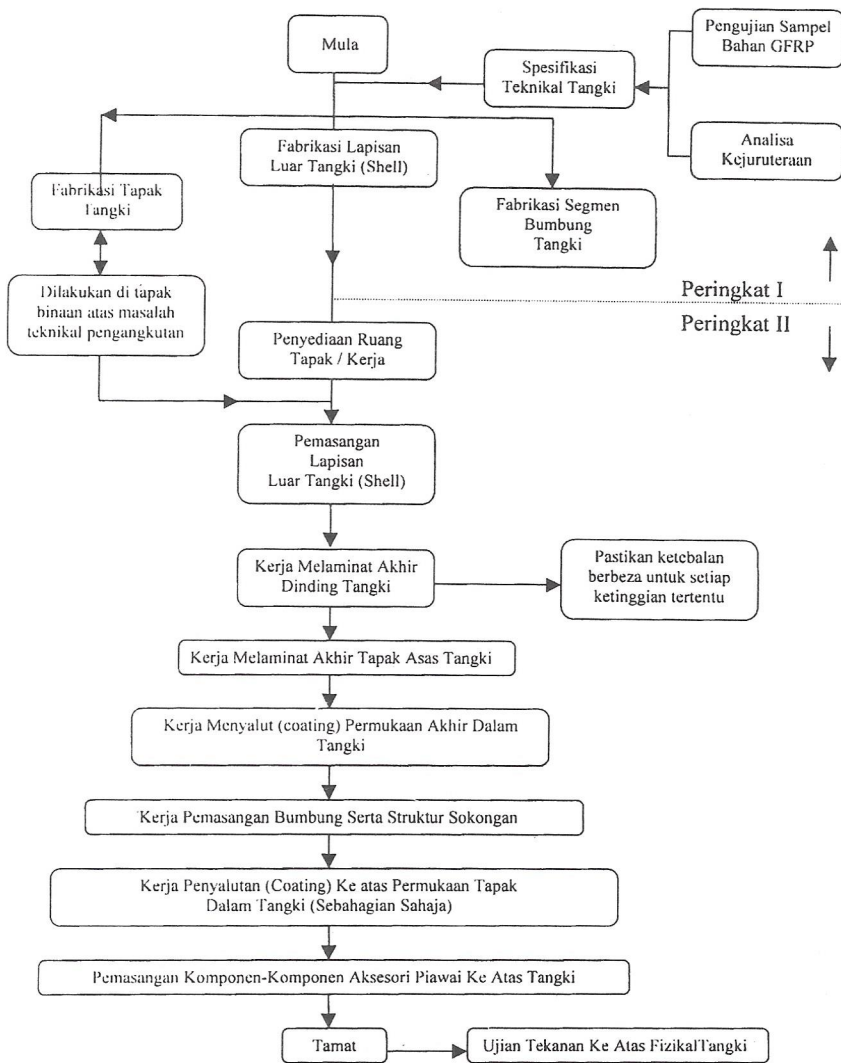
- ii. Peringkat II -
 - (a) Penyediaan ruang tapak tangki dan menjalankan kerja-kerja melaminat tapak asas tangki.
 - (b) Pemasangan lapisan luar dinding tangki (outer shell) dilakukan sejurus selepas penyediaan tapak asas tangki dilaksanakan.
 - (c) Kerja melaminat jumlah lapisan dinding tangki dilakukan mengikut spesifikasi rekabentuk yang dikeluarkan oleh pihak syarikat.
 - (d) Proses penyalutan (coating) atau penyediaan lapisan akhir menggunakan bahan resin dari gred tinggi (khas untuk menghalang tindakan kimia).

- (e) Peringkat pemasangan segmen-segmen bumbung dilakukan dimana turut melibatkan proses pemasangan penyokong dari bahan paip PVC/GFRP.
- (f) Peringkat terakhir adalah melibatkan pemasangan komponen-komponen piawai ke atas struktur tangki, contohnya:
 - i. Turbine Ventilator – pada kedudukan tertinggi tangki.
 - ii. Tangga (luar dan dalam tangki).
 - iii. Penunjuk aras air (water level indicator).
 - iv. Manhole (siap dibuat pada segmen bumbung).
 - v. Pemasangan paip seperti paip kemasukan, keluaran dan scour.

2.4.2 *Jangkamasa Pembinaan dan Jumlah Tenaga Kerja*

Jangkaan awal masa yang dibuat oleh pihak syarikat kontraktor bagi menyiapkan ketiga-tiga unit tangki penyimpanan air adalah selama tiga (3) bulan.

Di sebabkan beberapa faktor kekangan seperti cuaca yang tak menentu, pengurusan aktiviti resort dan masalah teknikal tapak sokongan tangki serapan (TFRP – 3) asal maka jangkaan awal tersasar jauh dari ramalan yang dibuat. Jangkaan awal menunjukkan bahawa kerja pembinaan untuk menyiapkan sesebuah tangki mengambil masa antara empat (4) ke enam (6) minggu.



Rajah 4 Kaedah Pembuatan Tangki Air GFRP Jenis 'Pre-Fabricated' yang Dipraktikkan oleh Syarikat Hasilman Sdn. Bhd.

Jumlah tenaga kerja yang terlibat bagi menyiapkan seunit tangki adalah seramai enam (6) orang termasuk seorang ketua pengawas yang dilantik khas oleh pihak syarikat.

2.4.3 Pengendalian Bahan dan Komponen

Pihak syarikat juga telah mengambil beberapa langkah pengawasan yang baik dalam memastikan bahan mentah yang dibawa ke tapak projek dikendali dan dijaga dengan sempurna. Bahan mentah yang digunakan bagi projek pembinaan ini adalah amat sensitif terhadap mutu udara seperti kadar kelembapan yang tinggi dan kandungan bahan kimia (garam) di sekitar pulau.

2.5 Prestasi keseluruhan Tangki

Sebagai pihak juru perunding yang dilantik oleh pihak Syarikat Hasilman Sdn. Bhd., pihak PUSKOM UTM telah memastikan setiap perjalanan atau pengendalian kerja diawasi secara profesional. Pihak PUSKOM UTM telah menggariskan aktiviti pengawasan kualiti kerja ke atas pihak syarikat adalah seperti berikut;

- (i) Pengawasan ke atas penggunaan bahan dan menjalankan rekabentuk kejuruteraan serta menyediakan lukisan terperinci.
- (ii) Pengawasan kualiti ke atas pelaksanaan kerja pembinaan serta pembuatan di kilang dan tapak projek.
- (iii) Pemeriksaan terakhir ke atas prestasi dan kualiti tangki.

2.5.1 Pengawasan Penggunaan Bahan Mentah

Pihak PUSKOM UTM telah menetapkan bahawa sebarang aktiviti kerja pembinaan termasuk di kilang atau di tapak projek tidak boleh dimulakan tanpa mendapat pengesahan dari pihak PUSKOM UTM. Pihak PUSKOM UTM terlebih dahulu perlu melakukan ujian ke atas penentuan sifat mekanikal dan fizikal bahan yang bakal digunakan sebagai bahan binaan.

Pihak syarikat telah diarah untuk menghasilkan sampel bahan komposit GFRP bagi tujuan pengujian di makmal UTM. Ujian yang dilakukan adalah penting bagi membantu pihak PUSKOM UTM dalam

melakukan kerja-kerja analisa rekabentuk, seterusnya memastikan bahawa spesifikasi teknikal dan rekabentuk syarikat adalah dipatuhi.

2.5.2 *Analisa Rekabentuk*

Pada asasnya, konsep rekabentuk tangki adalah dihasilkan oleh pihak syarikat kontraktor. Pihak PUSKOM UTM adalah bertanggungjawab dalam memastikan elemen-elemen serta spesifikasi teknikal bagi binaan tangki dipenuhi dan ditetapkan sebelum dikemukakan kepada pihak pengguna. Pihak PUSKOM UTM telah menggunakan Piawaian British, BS 4994:1987 sebagai panduan asas dalam memastikan jumlah lapisan, jenis bahan serta teknik susunan gentian seperti yang dikemukakan oleh pihak syarikat. Sebarang data dan spesifikasi yang dihasilkan oleh pihak PUSKOM UTM adalah merupakan panduan asas dan dijadikan sebagai nilai minimum untuk dibandingkan dengan spesifikasi pihak syarikat.

2.5.3 *Pengawasan Teknikal*

Sebanyak sepuluh siri lawatan pemeriksaan teknikal telah dibuat oleh pihak PUSKOM UTM samada diwakili oleh wakil pihak syarikat ataupun wakil pihak Perbadanan Johor iaitu dalam jangkamasa dari 10hb. Disember 1998 sehingga 27hb. November 1999.

Dalam setiap siri lawatan pihak PUSKOM UTM memastikan tahap kemajuan pembinaan, mengenalpasti masalah teknikal yang wujud dan seterusnya memastikan wakil (pengawas) pihak Perbadanan Johor yang ditetapkan di tapak projek memahami perjalanan proses pembinaan tangki berkenaan.

Pihak PUSKOM UTM juga bertanggungjawab dalam memastikan bahawa pihak syarikat pembuat menepati spesifikasi binaan seperti yang telah ditetapkan dan dipersetujui bersama.

2.5.4 Pemeriksaan Kualiti dan Pengesahan

Pihak PUSKOM UTM telah menyenaraikan beberapa maklumat asas yang dijadikan panduan dalam mengesahkan keupayaan dan kualiti keseluruhan tangki-tangki yang telah dibina. Hasil dari pemeriksaan akhir yang telah dibuat (27hb. November 1999), pihak PUSKOM UTM telah berpuas hati akan segala kemajuan dan pelaksanaan pembinaan ketiga-tiga unit tangki berkenaan. Keputusan dari hasil pemeriksaan keseluruhan adalah seperti Jadual 2.

Jadual 2: Maklumat pemeriksaan dan kawalan kualiti tangki TFRP – 1/2/3

Jenis Pemeriksaan	Kod Tangki: TFRP – 1 (400001 – F)	Kod Tangki: TFRP – 2 (400002 – F)	Kod Tangki: TFRP – 3 (400003 – F)
Tarikh Mula Dibuat	11hb. Dis. 1998	18hb. Feb. 1999	11hb. Ogos 1999
Tarikh Disiapkan	14hb. Jan. 1999	20hb. Mac 1999	23hb. Sept. 1999
Rupabentuk (Appearance)	Memuaskan	Memuaskan	Memuaskan
Kualiti Penyambungan	Memuaskan	Memuaskan	Memuaskan
Tanda-tanda Kebocoran	Tiada	Tiada	Tiada
Mutu Laminat (Rujuk Sampel)	Memuaskan	Memuaskan	Memuaskan
Penandaan dan Label	Ada	Ada	Ada
Kesan-Kesan Pembaikan	Tiada	Tiada	Tiada
Bucu-bucu Tajam yang Terdedah	Tiada	Tiada	Tiada

3.0 KESIMPULAN

Pembinaan tangki air selinder GFRP muatan berkapasiti 40,000 gelen di Sibuland Resort merupakan antara tangki air yang berprestasi tinggi dan memerlukan prosedur kerja yang teliti dari peringkat rekabentuk, fabrikasi di kilang dan mengangkut ke tapak bina sehinggalah ke peringkat pemasangan dan laminasi (pembinaan) di tapak bina. Prosedur dan pengawasan kerja di setiap peringkat memerlukan kemahiran dan kepakaran dalam bidang pembinaan dan pengetahuan mendalam mengenai bahan GFRP. Hasil daripada tinjauan akhir pihak perunding telah mendapati bahawa tangki-tangki TFRP-1, TFRP-2 dan TFRP-3 telah dapat berfungsi dengan baik sehingga hari ini. Malahan tangki-tangki GFRP ini diyakini mampu berfungsi selama hayat rekabentuknya.

Pengawasan yang teliti di setiap peringkat kerja dan penglibatan langsung pihak perunding (PUSKOM, UTM) dan pihak Perbadanan Johor merupakan faktor penting dalam memastikan kualiti kerja pihak kontraktor dan kelancaran perjalanan kerja pembinaan keseluruhan.

Kerja-kerja pembinaan tangki air telah dijalankan dengan sempurna sehingga siap sepenuhnya. Hasil kerja telah didapati memenuhi kehendak spesifikasi. Masalah dan cabaran kerja pembinaan di pulau telah dapat dihadapi dengan jayanya oleh semua pihak dan ini juga telah meningkatkan pengalaman dan pengetahuan semua pihak terlibat dalam semua aspek pembinaan tangki air GFRP bermuatan tinggi.

RUJUKAN

1. BS 4994, Specification for Design and Construction of Vessels and Tanks in Reinforced Plastics, 1987.
2. AS 2634, Chemical Plant Equipment Made from GFRP Based on Thermosetting Resins, 1983.
3. JIS A 4110, Glassfibre Reinforced Plastic Water Tanks, 1989.
4. Spesifikasi Produk Syarikat Hasilman Sdn. Bhd.