

# Kajian terhadap Perbedaan Spesifikasi Material Perencanaan dan Ketersediaan pada Proyek Konstruksi

Agie Vianthi<sup>1</sup>, Jimmy Chandra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Taiyo Kogyo Corporation  
Boulevard Gading Serpong Blok O/2 Scientia Business Park Tower 2 Lt.2, Tangerang  
agie@makmax.com

<sup>2</sup> Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra  
Sivalankerto 121-131, Surabaya  
chandra.jimmy@petra.ac.id

**Abstract**— Failures of construction projects due to differences between material specifications and material availability in the field continue to be an issue. Professionalism and effective communication from all parties involve, notably the planners and implementers, are necessary to prevent and reduce construction work failure. As a result, the project planning phase, which also involves the preparation of drawings and specification that correspond to the planning document, is crucial to the project management. If specification discrepancies cannot be prevented and arise in the field, decisions need to be thoroughly thought through by the involved parties. The case study of membrane canopies project that encounter similar issues is presented in this article. Some of the material specifications were found to be inconsistent with the planning document throughout the installation phase. The methods used to address the issue included conducting an analysis of the causal factors, estimating prospective losses, and making final decision to address the problem. This case study has led to the conclusion that such issue primarily results from human error, during the procedures of procurement, manufacture, and installation in the field, also strict management and excellent communication are required. Furthermore, regardless of the solution implemented, minimizing losses should be prioritized while ensuring the safety and functionality of the structure.

**Intisari**— Permasalahan kegagalan pekerjaan konstruksi terkait ketidaksesuaian spesifikasi material dengan ketersediaan material di lapangan masih sering terjadi. Untuk mencegah dan mengurangi kegagalan pekerjaan konstruksi diperlukan profesionalisme dan komunikasi yang baik dari pihak-pihak terkait, terutama perencana dan pelaksana. Sehingga tahapan perencanaan proyek merupakan tahapan yang penting dalam manajemen proyek, termasuk didalamnya persiapan gambar dan spesifikasi yang sesuai dengan dokumen perencanaan. Selain itu juga perlu diperhatikan keputusan-keputusan yang perlu diambil pihak-pihak terkait apabila perbedaan spesifikasi benar-benar tidak dapat dicegah dan terjadi di lapangan. Dalam artikel ini dilakukan studi kasus pada salah satu proyek kanopi *membrane* yang mengalami permasalahan serupa. Dalam proses instalasinya ditemukan beberapa spesifikasi material yang tidak sesuai dengan dokumen perencanaan saat proses instalasi. Adapun langkah-langkah yang diambil untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dilakukannya analisa faktor penyebab, analisa kemungkinan kerugian yang ditimbulkan dan keputusan akhir yang diambil untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dari studi kasus ini disimpulkan bahwa permasalahan seperti ini terjadi sebagian besar diakibatkan oleh *human error*, diperlukan kontrol yang ketat dan komunikasi yang baik pada saat proses pengadaan, fabrikasi dan instalasi dilapangan, dan yang terpenting apapun bentuk solusi yang diambil, selain mempertimbangkan agar kerugian yang dialami adalah seminimal mungkin, tetap harus mengutamakan keamanan dan fungsi struktur tersebut.

**Kata Kunci**—Spesifikasi material, pekerjaan konstruksi, perencanaan proyek, kanopi *membrane*.

## I. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah No. 29 Tahun 2009, kegagalan dibidang konstruksi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kegagalan pekerjaan konstruksi dan kegagalan bangunan. Kegagalan pekerjaan konstruksi adalah keadaan hasil pekerjaan konstruksi yang tidak sesuai dengan spesifikasi pekerjaan sebagaimana disepakati dalam kontrak kerja konstruksi baik sebagian maupun keseluruhan sebagai akibat kesalahan pengguna jasa atau penyedia jasa. Sedangkan kegagalan bangunan merupakan keadaan bangunan yang tidak berfungsi baik secara keseluruhan maupun sebagian dari segi teknis, manfaat, keselamatan dan kesehatan kerja, dan atau keselamatan umum sebagai akibat kesalahan penyedia jasa dan atau pengguna jasa setelah

penyerahan akhir pekerjaan konstruksi [1]. Dalam bukunya,

Feld, J., & Carper, K. L. (1996) menyebutkan penyebab kegagalan bangunan diklasifikasikan menjadi beberapa kategori. Salah satu kategori yang berkontribusi terbanyak menyebabkan kegagalan bangunan adalah kesalahan desain [2]. Adapun yang termasuk di dalam kategori kesalahan desain adalah konsistensi dari spesifikasi material dan kualitas pekerjaan di lapangan. Ketidaksesuaian dimensi dan spesifikasi elemen struktur yang terlampir pada gambar dan laporan dengan keadaan riil di lapangan dapat menjadi penyebab terjadinya kedua masalah tersebut. Runtuhnya 2000 Commonwealth Avenue, Boston, Massachusetts di tahun 1971 merupakan salah satu contoh proyek yang mengalami kegagalan bangunan. Berdasarkan hasil

investigasi pihak terkait salah satu penyebab runtuhnya bangunan tersebut adalah kualitas material konstruksi yang buruk dan tidak sesuai dengan dokumen hasil perencanaan [3].

Dibandingkan dengan perkembangan zaman yang begitu cepat, kegagalan pada proyek-proyek konstruksi masih sering terjadi terlebih akibat ketidaksesuaian spesifikasi material dan pekerjaan di lapangan. Sehingga dibutuhkan upaya untuk mencegah dan mengurangi kegagalan suatu proyek konstruksi apabila terjadi ketidaksesuaian antara hasil perencanaan dan keadaan riil di lapangan. Selain itu juga perlu diperhatikan keputusan-keputusan yang perlu diambil pihak-pihak terkait apabila perbedaan spesifikasi benar-benar tidak dapat dicegah dan terjadi di lapangan. Untuk menghadapi permasalahan tersebut diperlukan profesionalisme setiap pihak-pihak yang berperan dan berkepentingan dalam suatu proyek terutama pihak perencana dan pelaksana. Dalam artikel ini akan dibahas salah satu proyek kanopi *membrane* di daerah Jakarta Pusat yang menghadapi permasalahan serupa yang meliputi perbedaan dimensi dan spesifikasi material pada elemen struktur sekundernya dan hal-hal yang dilakukan dalam menghadapi permasalahan tersebut.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Perencanaan Proyek

Perencanaan adalah tahapan dalam manajemen proyek yang mengandung dasar tujuan, sasaran serta mempersiapkan segala program teknis and administrasi untuk diimplementasikan. Adapun perencanaan proyek adalah tahap pertama untuk mengatur langkah-langkah, sumber daya, dana, dan jadwal yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek [4]. Perencanaan yang baik diperlukan dan sangat penting dalam manajemen proyek agar tujuan dari suatu proyek dapat tercapai. Adapun lingkup pekerjaan selama proses perencanaan dan pengendalian proyek adalah sebelum proyek dimulai, selama proyek berjalan dan tindakan koreksi yang diperlukan. Sebelum proyek dimulai, proses perencanaan perlu dipersiapkan untuk menentukan tujuan proyek, cakupan pekerjaan, jadwal dan anggaran yang diperlukan. Selanjutnya rencana yang dipersiapkan dibandingkan dengan pelaksanaan, hasil, waktu dan biaya yang sebenarnya dibutuhkan selama proyek berlangsung. Apabila terdapat perbedaan antara perencanaan dan yang terjadi di lapangan, maka tindakan koreksi perlu dilakukan serta estimasi biaya dan waktu perlu diperbaharui [5].

### B. Gambar

Gambar pada suatu proyek adalah alat komunikasi antara perencana dan pelaksana di lapangan yang tertuang di dalamnya meliputi bagian-bagian elemen struktur, dimensi, detail konstruksi dan informasi penting lainnya yang dibutuhkan dalam proses konstruksi [6]. Gambar dalam bidang konstruksi terbagi dalam beberapa bidang diantaranya arsitektural, struktural, mekanikal dan elektrik. Gambar arsitektural secara lengkap dibedakan menjadi dua macam yaitu gambar umum dan gambar detail. Gambar umum arsitektural meliputi denah situasi, denah lantai,

gambar tampak, gambar potongan, denah rencana atap, rencana plafond, dan rencana pola lantai. Sedangkan gambar detail arsitektural meliputi gambar detail dan potongan seperti detail tangga dan potongannya, detail atap, detail lift, dan detail setiap bagian lain yang diperlukan [7]. Adapun gambar struktur merupakan gambar detail dari setiap elemen struktur yang berisi informasi yang dibutuhkan seperti gambar pondasi dan bagian-bagian yang berhubungan dengan pondasi, gambar kolom, gambar balok, gambar plat, gambar sambungan pada struktur baja, dan gambar elemen struktur lainnya yang diperlukan.

### C. Spesifikasi

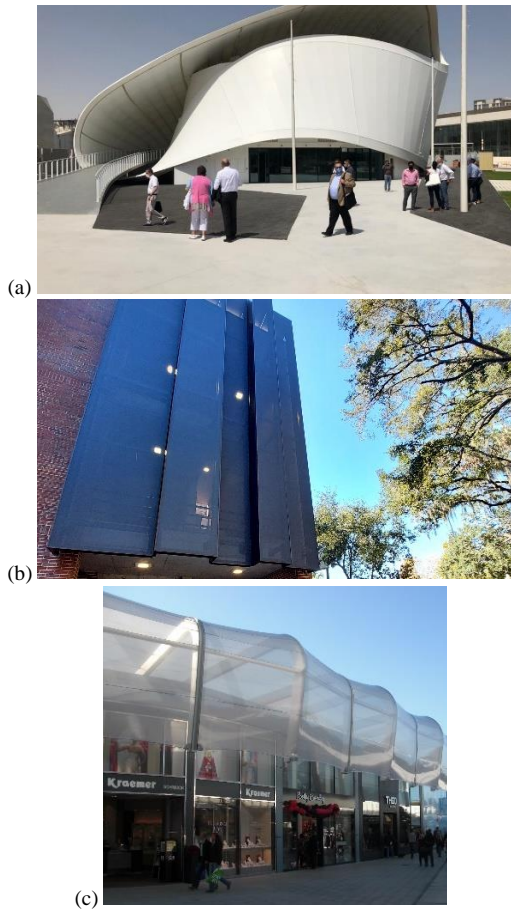
Spesifikasi merupakan media yang digunakan perencana untuk memberikan informasi yang tidak dapat ditampilkan dalam bentuk gambar kepada pelaksana [8]. Selain itu, spesifikasi konstruksi juga dapat didefinisikan sebagai persyaratan tertulis untuk bahan, peralatan, sistem konstruksi, serta standar untuk produk, pengerjaan, dan layanan konstruksi lainnya dalam suatu proyek [9]. Hal-hal yang dapat diuraikan dalam spesifikasi diantaranya adalah jenis dan kekuatan material suatu elemen struktur yang diperlukan, warna cat yang digunakan, dan sebagainya. Hubungan antara gambar konstruksi dan spesifikasi konstruksi sangat penting, sehingga keduanya harus diupayakan disusun sedemikian rupa sehingga tidak terjadi konflik di antara keduanya. Adapun syarat teknis yang perlu dimuat dalam spesifikasi dibagi dalam tiga kategori yaitu syarat bahan, syarat pelaksanaan, dan syarat produksi. Syarat bahan meliputi informasi mengenai keterangan material yang digunakan termasuk di dalamnya jenis dan kualitas bahan yang diperlukan oleh perencana. Syarat pelaksanaan memberikan penjelasan tentang cara dan proses pelaksanaan serta cara pengolahan bahan material bangunan, metode dan standar kerja, dan toleransi yang diijinkan. Sedangkan syarat produk berkaitan pengolahan material untuk mencapai kapasitas yang diinginkan oleh perencana.

### D. Tensile Membrane

*Tensile membrane* atau yang juga dikenal sebagai *tensile fabric* merupakan material yang banyak digunakan sebagai material *roofing*, *façade exterior* ataupun *interior* terlebih untuk struktur-struktur yang memiliki bentuk *freeform* dan bentang panjang dan lebar seperti fasilitas olahraga [10]. Selain itu *tensile membrane* juga dikenal sebagai *lightweight material* dikarenakan berat sendiri dari *membrane* sangatlah ringan dan juga dikarenakan *tensile membrane* tidak didesain untuk akses manusia. Struktur *membrane* didesain untuk menahan beban-beban yang bekerja dengan *prestress* yang diaplikasi pada seluruh permukaan *membrane* sehingga saat beban-beban bekerja pada permukaan *membrane* struktur tetap stabil [11]. Pada umumnya struktur *tensile membrane* membutuhkan struktur pendukung utama dan struktur pendukung tambahan (*secondary structure*). Struktur baja digunakan sebagai struktur pendukung utama dan berbagai jenis profil aluminium dan pelat baja sebagai struktur pendukung tambahan yang berfungsi sebagai koneksi antara *membrane* dengan struktur baja.

Jenis material *membrane* atau *fabric* yang tersedia bervariasi tergantung dengan kebutuhan diantaranya bahan

PTFE, PVC, dan ETFE. Untuk jenis PTFE dan PVC perbedaannya terletak pada spesifikasi materialnya dan jenis fabric (*mesh, solid, dll*). PTFE dan PVC sebagian besar memiliki kemampuan untuk menahan sinar UV dan air, sedangkan untuk ETFE, selain memiliki perbedaan pada spesifikasi materialnya juga terlihat jelas perbedaannya dari tampilannya. Hal ini dikarenakan ETFE merupakan material transparan sebagai pengganti kaca yang lebih aman sehingga kemampuan untuk menahan sinar UV sangat terbatas. Adapun perbandingan beberapa material membrane yang disebutkan terlihat pada Gambar 1.



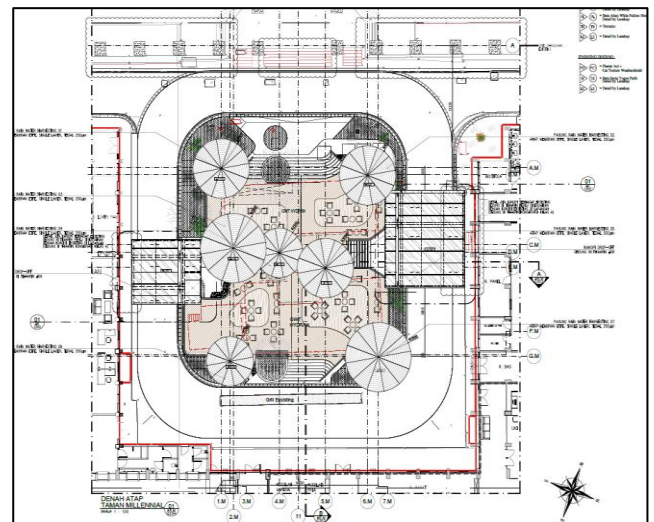
Gambar 1. Perbandingan Material (a) PTFE, (b) PVC, dan (c) ETFE (sumber: Taiyo Kogyo Corporation dan BIRDAIR, Inc.)

III. METODE PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN SERTA MASALAH YANG TIMBUL DALAM PROYEK

A. Tinjauan Umum Proyek

Salah satu proyek yang akan dijadikan studi kasus dalam artikel ini adalah proyek kanopi *membrane* sederhana di kawasan Jakarta Pusat. Secara umum proyek ini terdiri tujuh kanopi yang berbentuk *fixed edge inverted cone* dengan ukuran diameter dan ketinggian yang berbeda-beda seperti terlihat pada

Gambar 2. Diameter kanopi ini memiliki ukuran 5 m, 6 m, dan 7 m dengan ketinggian yang beragam dari 4.5 m hingga 7 m. Material *membrane* yang digunakan untuk ketujuh kanopi tersebut berbahan *Ethylene Tetrafluoroethylene Copolymer (ETFE) single layer 250NJ* yang merupakan *membrane* transparan pengganti panel kaca dengan seluruh tepi terjepit pada profil aluminium. Adapun spesifikasi teknis dari material ETFE terlihat TABEL 1. Struktur pendukung utama kanopi ini adalah struktur baja dan material koneksi *membrane* menggunakan aluminium. Salah satu kanopi dengan ukuran diameter terbesar tampak seperti Gambar 3.



Gambar 2. Denah Atap Proyek Kanopi Membrane (sumber: Taiyo Kogyo Corporation)

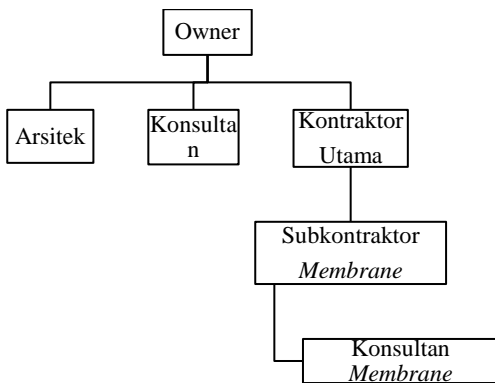
TABEL 1  
SPESIFIKASI TEKNIS MATERIAL ETFE (SUMBER: DOKUMEN TEKNIS OLEH AGC)

Performances of ETFE Film		
Type	250NJ	Test method
Ketebalan (µm)	250 ± 13	DIN-53370
Berat (g/m <sup>2</sup> )	437 ± 22	ISO-2286-2
Tensile strength at break (MPa)	50 min.	DIN-EN-ISO-527-3
Tensile strain at break (%)	350 min.	DIN-EN-ISO-527-3
Tensile strength at 10% strain (MPa)	18 min	DIN-EN-ISO-527-3
Tear strength (N/mm)	400 min	DIN-EN-ISO-1875-3
Fire proof	Fire Proof Class 1	JIS A 1332
	BI passed	DIN 4102-1
	V-0	UL94VTM/UL94V



Gambar 3. Kanopi *Inverted Cone* dengan Diameter Terbesar (sumber: Taiyo Kogyo Corporation)

Adapun dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek kanopi ini terdapat kontraktor utama, subkontraktor dan konsultan *membrane*. Kontraktor utama terikat kontrak langsung dengan subkontraktor *membrane*. Sedangkan subkontraktor memiliki kontrak tersendiri dengan konsultan *membrane*. Subkontraktor *membrane* yang ditunjuk dan terikat kontrak langsung dengan kontraktor utama memiliki cakupan kerja keseluruhan struktur kanopi *membrane*. Hubungan kerja antara pihak-pihak terkait ditampilkan pada Gambar 4. Dalam perjanjian kontrak antara subkontraktor dan konsultan *membrane*, pihak konsultan memiliki cakupan kerja yaitu analisa struktur kanopi, pengadaan material dan fabrikasi *membrane*, serta berperan sebagai *supervisor* dalam proses instalasi ETFE pada struktur kanopi. Sedangkan pihak subkontraktor *membrane* bertanggung jawab dalam pengadaan material untuk struktur pendukung tambahan atau koneksi *membrane*, pekerja di lapangan, dan pelaksanaan instalasi *membrane*. Dalam gambar tender proyek ini konsultan utama dan arsitek telah memberikan gambar arsitektural beserta gambar struktur untuk masing-masing kanopi. Sehingga konsultan *membrane* berkewajiban untuk meninjau kembali kelayakan kekuatan dan dimensi elemen struktur pendukung terhadap beban-beban yang bekerja termasuk detail koneksi *membrane* yang dibutuhkan.

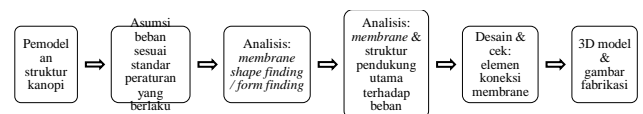


Gambar 4. Hubungan Kerja antara Pihak-Pihak Terkait pada Proyek Kanopi *Membrane*

*B. Tahap Awal Perencanaan dan Analisa Kanopi Membrane*

Langkah awal yang dilakukan untuk meninjau kelayakan struktur yang tertuang dalam gambar adalah dengan memodelkan ketujuh kanopi beserta dengan struktur pendukung kanopi tersebut. Asumsi beban yang bekerja dan standar yang digunakan untuk mengevaluasi kapasitas struktur perlu ditentukan terlebih dahulu sebelum melakukan analisis terhadap struktur kanopi yang bersesuaian dengan yang disebutkan pada dokumen spesifikasi. Dalam tahapan awal analisis, konsultan *membrane* perlu melakukan proses *shape finding* atau *form finding*. Proses ini diperlukan untuk mendapatkan *natural shape* dari *membrane* terhadap bentuk dari struktur pendukung utama. Dalam tahapan ini konsultan *membrane* belum tentu mendapatkan bentuk yang sesuai dengan permintaan klien. Untuk memenuhi kebutuhan dan permintaan bentuk *membrane* dari klien, konsultan *membrane* akan memberikan solusi atau memberikan pendekatan bentuk *membrane* yang dapat diperoleh dari hasil proses *shape finding*. Setelah proses *shape finding* selesai dilakukan dengan mendapatkan *natural shape* yang mendekati permintaan klien dan disetujui klien, proses analisa *membrane* dan struktur pendukung terhadap beban-beban yang bekerja dapat dilanjutkan. Setelah dilakukan analisis dan dipastikan bahwa *membrane* dan dimensi baja sebagai struktur pendukung utama memiliki kapasitas kekuatan yang memadai untuk menahan beban-beban yang bekerja, proses dilanjutkan dengan mendesain detail koneksi *membrane*. Dalam mendesain koneksi *membrane* pada proyek ini, dikarenakan sistem dari tepi *membrane* adalah *fixed edge* dimana terdapat banyak node yang diasumsikan sebagai tumpuan sendi selama analisis *membrane* sehingga gaya yang bekerja pada elemen koneksi *membrane* akan sangat kecil, maka elemen koneksi tersebut termasuk profil aluminium dan pelat-pelat baja yang diperlukan didesain terhadap kapasitas maksimum kuat tarik (*tensile strength at break*) *membrane* tersebut. Hal ini dilakukan sehingga kerusakan pada *membrane* terjadi sebelum kerusakan pada elemen koneksi dalam keadaan ekstrim atau keadaan saat *membrane* mencapai kapasitas maksimumnya.

Setelah keseluruhan proses desain dan analisis untuk struktur pendukung utama dan struktur pendukung tambahan selesai, maka gambar dapat dipersiapkan untuk mendapatkan persetujuan klien. Setelah itu, maka tahap perencanaan kanopi *membrane* dapat dilanjutkan untuk proses fabrikasi. Dalam tahap ini, kontraktor utama memiliki cakupan untuk fabrikasi seluruh struktur pendukung utama baja termasuk pelat-pelat baja. Adapun subkontraktor berperan untuk menyediakan *aluminium extrusion* yang merupakan material koneksi *membrane* dan konsultan *membrane* bertugas untuk fabrikasi material *membrane*. Adapun tahapan awal perencanaan dan proses analisa struktur kanopi terangkum pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahapan Awal dan Proses Analisis Perencanaan Struktur Kanopi

### C. Fabrikasi dan Instalasi Kanopi Membrane serta Permasalahan di Lapangan.

Sebelum melakukan proses fabrikasi perlu dipersiapkan gambar fabrikasi untuk baja dan *membrane*. Pihak konsultan *membrane* mempersiapkan model 3D dari ketujuh struktur kanopi yang sudah dilengkapi dengan setiap detail dari elemen struktur pendukung utama dan struktur pendukung tambahan termasuk koneksi *membrane*. Dari model 3D inilah gambar fabrikasi dipersiapkan termasuk gambar fabrikasi baja dan *membrane* beserta koneksinya yang dilanjutkan dengan proses fabrikasi. Dalam proses fabrikasi *membrane* dimulai dengan melakukan *cutting pattern*. Pada tahapan ini, desainer *membrane* perlu untuk menentukan pola dari potongan *membrane* dan *seam line* untuk proses *welding* antar potongan *membrane*. Selain itu juga besarnya kompensasi dari pola tersebut juga perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan *prestress* yang sesuai dengan hasil analisis *membrane*. Setelah seluruh tahapan *cutting pattern* selesai dilakukan maka *membrane* dapat mulai difabrikasi sesuai dengan hasil *cutting pattern*. Adapun tahap selanjutnya setelah *membrane* selesai difabrikasi adalah menentukan arah lipatan dan bukaan beserta petunjuknya (*membrane folding plan*) untuk mencegah kerusakan *membrane* saat proses membentangkan di lapangan. Setelah itu *membrane* akan siap dikemas dan dikirim. Adapun urutan proses fabrikasi *membrane* ETFE terangkum pada Gambar 6 dan beberapa prosesnya terlihat pada (b)

Gambar 7.



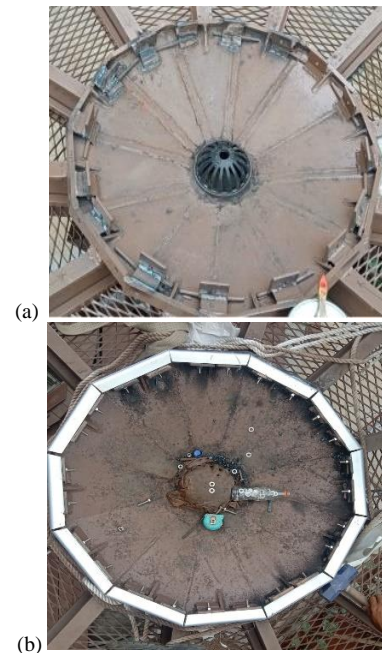
Gambar 6. Tahapan Proses Fabrikasi ETFE



Gambar 7. Proses Fabrikasi ETFE: (a) Pemotongan dan Inspeksi Pengukuran dan (b) Pemotongan ETFE (sumber: Taiyo Kogyo Corporation)

Setelah setiap elemen struktur baja dan *membrane* beserta koneksinya selesai difabrikasi dan tiba di lapangan, maka proses instalasi dapat dimulai. Proses instalasi dimulai dari struktur baja terlebih dahulu sebagai elemen struktur pendukung utama. Setelah setiap struktur baja selesai dipasang, maka dilanjutkan dengan pemasangan pelat-pelat baja sebagai struktur pendukung tambahan dan profil aluminium sebagai koneksi *membrane* seperti tampak pada

Gambar 8.



Gambar 8. Elemen Struktur Pendukung Tambahan pada Struktur Kanopi (a) tanpa Profil Aluminium dan (b) dengan Profil Aluminium (sumber: Taiyo Kogyo Corporation)

Pada saat instalasi pelat-pelat baja akan dilakukan, *supervisor* dari pihak konsultan *membrane* akan melakukan pengecekan terhadap komponen-komponen sambungan *membrane*. Saat pengecekan inilah ditemukan permasalahan pada komponen sambungan *membrane* yaitu ketidaksesuaian material yang tersedia di lapangan dengan dokumen perencanaan diantaranya adalah dimensi pelat baja yang tidak sesuai dengan gambar fabrikasi dan hasil perhitungan perencanaan tetapi memiliki kuantitas yang lebih banyak dari seharusnya. Dimensi pelat ini seharusnya mengikuti hasil perhitungan dari pihak konsultan *membrane* terhadap gaya-gaya tarik dari *membrane* yang bekerja pada pelat tersebut. Selain permasalahan tersebut, ada pula permasalahan pada spesifikasi material koneksi *membrane* yaitu profil



aluminium yang tidak sesuai dengan dokumen perencanaan. Spesifikasi pada material yang tersedia di lapangan lebih rendah daripada yang disebutkan dalam laporan. Perbedaan spesifikasi material tersebut mempengaruhi kekuatan dari profil aluminium yang dapat mempengaruhi kemampuan profil aluminium tersebut untuk menahan beban-beban yang bekerja pada kanopi *membrane*. Dikarenakan adanya perbedaan spesifikasi material antara hasil desain dan ketersediaan dilapangan, maka perlu dilakukan cek ulang berdasarkan spesifikasi material yang tersedia di lapangan agar memastikan bahwa kanopi tersebut layak untuk berperan sesuai dengan fungsi strukturnya.

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

Dikarenakan adanya ketidaksesuaian pada elemen struktur pendukung untuk koneksi *membrane* dengan dokumen perencanaan pada saat pengecekan oleh *supervisor* di lapangan, maka proses instalasi dihentikan sejenak dan diperlukan beberapa hal yang perlu direncanakan untuk menentukan langkah yang harus diambil selanjutnya agar dapat menyelesaikan proyek dan struktur dapat berfungsi semestinya. Adapun beberapa langkah tersebut harus dilakukan segera diantaranya adalah analisa faktor penyebab permasalahan yang timbul, kemungkinan kerugian yang timbul untuk memperbaiki permasalahan yang ada, dan cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

##### A. Analisa Faktor Penyebab Perbedaan Spesifikasi Material

Pada saat ditemukan permasalahan di lapangan terlebih dikarenakan oleh spesifikasi material yang tidak sesuai dengan dokumen perencanaan dan gambar, maka perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap dokumen dimana spesifikasi material disebutkan. Hal ini dilakukan agar dapat dipastikan bahwa dokumen dan gambar yang dijadikan acuan untuk pengecekan yang dimiliki *supervisor* di lapangan benar-benar sesuai spesifikasi awal dokumen perencanaan. Selain itu, juga perlu dilakukan pengecekan dimana awal dari ketidaksesuaian spesifikasi disebutkan pada dokumen-dokumen terkait termasuk gambar fabrikasi. Hal ini dimaksudkan agar apabila terjadi keterlambatan dalam jadwal proyek tersebut yang diakibatkan karena perbedaan spesifikasi material di lapangan dan dokumen perencanaan dapat diketahui dengan jelas pihak-pihak yang perlu bertanggung jawab apabila ada sanksi yang perlu dikenakan sesuai dengan kontrak yang telah disetujui. Dari studi kasus pada proyek ini, tidak ditemukan kesalahan pada gambar fabrikasi yang diserahkan kepada kontraktor utama untuk proses fabrikasi struktur sekunder (pelat baja). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketidaksesuaian dimensi pelat baja di lapangan dengan spesifikasi dan gambar kemungkinan besar diakibatkan oleh *human error* atau kurangnya koordinasi pada saat proses fabrikasi. Dikarenakan juga, ditemukan bahwa kuantitas pelat baja yang telah difabrikasi dan tersedia di lapangan lebih banyak dari yang tercantum pada BOQ (*Bill of Quantity*) dan gambar fabrikasi.

Selain permasalahan dimensi pelat baja, adapun permasalahan perbedaan material pada profil aluminium. Berdasarkan hasil dari pengusutan lebih lanjut, hal ini diakibatkan ketersediaan material di lapangan saat proses pengadaan dan keterbatasan waktu untuk menyelesaikan proyek tersebut. Sehingga yang semestinya menggunakan profil aluminium T6 tetapi karena kekosongan material di lapangan sehingga yang tersedia di lapangan adalah profil aluminium T5. Tetapi kedua jenis profil aluminium tersebut memiliki perbedaan kekuatan yang cukup signifikan. Sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang apakah profil aluminium T5 memiliki kapasitas untuk menahan beban yang bekerja.

##### B. Analisa Kerugian yang Ditimbulkan

Setelah melakukan investigasi penyebab permasalahan di lapangan, diperlukan analisa kemungkinan kerugian yang ditimbulkan. Dalam menyelesaikan permasalahan ini

langkah yang paling mudah diambil adalah dengan melakukan fabrikasi dan pengadaan ulang terhadap komponen-komponen yang tidak bersesuaian dengan dokumen perencanaan. Tetapi dengan mengambil langkah mudah tersebut terdapat beberapa kerugian yang timbul, diantaranya:

- Materi; untuk melakukan pengadaan dan fabrikasi kembali tentunya diperlukan materi meliputi bahan dan biaya. Hal ini tentunya tidak menguntungkan pihak-pihak terkait yang perlu melakukan fabrikasi ulang. Selain itu juga untuk ketersediaan profil aluminium T6 di pasar lokal saat proyek berlangsung cukup sulit untuk didapatkan. Sehingga apabila perlu melakukan pengadaan dengan mengimpor tentunya diperlukan biaya tambahan untuk material dan pengiriman.
- Waktu; apabila tindakan fabrikasi dan pengadaan ulang benar-benar dilakukan maka juga akan memakan waktu yang cukup lama dan memiliki konsekuensi keterlambatan proyek yang tentunya dalam hal ini kontraktor utama akan dikenakan sanksi keterlambatan oleh pihak owner.
- Sisa bahan; mengingat material yang sudah difabrikasi cukup banyak dan tidak dapat terpakai tentunya ini akan menjadi limbah dan pemborosan.

Mengingat beberapa kerugian yang ditimbulkan bila perlu dilakukan fabrikasi dan pengadaan ulang, maka dibutuhkan solusi lain untuk meminimalisir dampak dan kerugian yang mungkin terjadi dalam proyek ini dengan tetap mengutamakan keamanan dan fungsi awal dari struktur tersebut.

##### C. Penyelesaian Masalah dan Langkah-Langkah yang diambil

Adapun untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan dan menjaga struktur tetap berperan sesuai fungsinya, maka dalam proyek ini pihak konsultan *membrane* mencoba untuk mengkaji ulang bahan-bahan yang telah tersedia agar tetap dapat digunakan. Maka diperlukan pengecekan dimensi komponen struktur dan spesifikasi material yang tersedia terhadap beban-beban yang bekerja.

Pengecekan dimulai dengan dimensi pelat baja yang tidak sesuai tetapi kuantitasnya berlebih daripada yang tercantum pada BOQ dan gambar fabrikasi. Perhitungan terhadap dimensi pelat baja diperoleh dengan mengasumsikan jarak antar pelat baja tersebut dan juga beban-beban yang bekerja pada pelat tersebut. Dikarenakan kuantitas pelat baja yang berlebih maka dapat diatur ulang jarak antar pelat baja menjadi lebih rapat antara satu sama lain, sehingga dalam perhitungan kapasitas nya dimensi pelat baja yang tersedia dapat menahan beban-beban yang bekerja. Sehingga jarak antar pelat baja dengan ketebalan 6mm yang pada mulanya 300mm kini digunakan pelat baja ketebalan 3mm dengan jarak antar pelat 220mm. Dengan begitu pelat baja yang tersedia di lapangan tetap dapat digunakan.

Selanjutnya adalah pengecekan profil aluminium T5. Saat dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan profil aluminium T5 ditemukan bahwa kapasitas kekuatannya tidak mencukupi untuk menahan beban-beban yang bekerja. Sehingga seharusnya tetap menggunakan T6.

Namun, dikarenakan permintaan pihak-pihak terkait untuk tetap menggunakan profil aluminium T5, maka pihak konsultan *membrane* kembali melakukan perhitungan yaitu dengan mengasumsikan beban yang bekerja pada profil aluminium tersebut hanya sebatas dari kombinasi beban. Seperti yang telah disebutkan pada sub bab sebelumnya, bahwa setiap elemen koneksi *membrane* seharusnya didesain terhadap kapasitas maksimum kuat tarik (*tensile strength at break*) *membrane* tersebut sehingga kerusakan pada *membrane* terjadi sebelum kerusakan pada elemen koneksi dalam keadaan ekstrim atau keadaan saat *membrane* mencapai kapasitas maksimumnya. Dengan mengasumsikan beban yang bekerja pada profil aluminium hanya sebatas dari kombinasi beban, maka besarnya beban yang bekerja lebih kecil dikarenakan sistem dari tepi *membrane* adalah *fixed edge* dimana terdapat banyak node yang diasumsikan sebagai tumpuan sendi. Dengan mengasumsikan beban yang bekerja seperti ini maka dalam keadaan ekstrim, elemen koneksi *membrane* akan terjadi kerusakan terlebih dahulu dibandingkan kerusakan *membrane*. Walaupun hal ini bukanlah solusi yang cukup baik dan tidak disarankan oleh pihak konsultan *membrane*, namun jika dilihat dari nilai keamanan struktur *membrane* dengan perhitungan beban desain sebatas pada kombinasi beban dapat dikatakan masih dalam kondisi aman.

Berdasarkan analisa lebih lanjut terhadap elemen koneksi yang tidak bersesuaian dengan dokumen perencanaan awal dan hasil diskusi pihak-pihak terkait, maka elemen koneksi yang tersedia di lapangan tetap dapat digunakan. Walaupun begitu pihak konsultan *membrane* tetap merekomendasikan untuk menggunakan detail dan spesifikasi sesuai dengan dokumen perencanaan awal, terutama untuk spesifikasi profil aluminium.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan studi kasus ini dapat disimpulkan bahwa:

- Ketidaksesuaian spesifikasi material pada dokumen perencanaan dengan pengadaan serta ketersediaan material di lapangan sangat mungkin dan sering terjadi pada proyek-proyek konstruksi skala kecil ataupun skala besar tanpa terkecuali.
- Kesalahan paling sering terjadi diakibatkan oleh *human error*, sehingga diperlukan tanggung jawab dan koordinasi yang baik antar berbagai pihak untuk mengeksekusi setiap pekerjaan konstruksi.
- Diperlukan kontrol yang ketat dan komunikasi yang baik pada proses pengadaan dan fabrikasi untuk material yang merupakan hasil pabrik dan siap pakai di lapangan agar sesuai dan memenuhi spesifikasi dokumen perencanaan. Sehingga bila terjadi kekosongan material pada saat proses pengadaan, pihak perencana dapat segera melakukan pengecekan untuk alternatif lain
- Kontrol pada setiap material siap pakai di lapangan tetap diperlukan sebelum instalasi sehingga dapat dipastikan setiap material yang digunakan sesuai dengan spesifikasi dokumen perencanaan.
- Apabila terjadi ketidaksesuaian material di lapangan dengan yang disebutkan pada dokumen perencanaan maka proses instalasi perlu ditunda sementara untuk menentukan solusi yang diambil. Pihak penanggung

jawab di lapangan wajib untuk membagi informasi dan melaporkan permasalahan yang terjadi pada pihak-pihak terkait

- Analisa terhadap akar permasalahan yang muncul juga perlu dilakukan agar dapat dijadikan sebagai pembelajaran pada proyek-proyek mendatang ataupun sebagai bagian untuk menentukan tanggung jawab dari pihak-pihak yang bersangkutan.
- Apapun bentuk solusi yang diambil selain mempertimbangkan agar kerugian yang dialami adalah seminimal mungkin, tetap harus mengutamakan keamanan dan fungsi struktur tersebut sehingga dikemudian hari tidak menyebabkan kerugian yang lebih besar.
- Akan lebih baik apabila solusi yang diambil untuk permasalahan terhadap ketidaksesuaian spesifikasi material dapat tetap menggunakan material yang bersesuaian dengan dokumen perencanaan awal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan penyertaannya selama proses penulisan sehingga *paper* ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin berterima kasih kepada Bapak Ir. Jimmy Chandra, S.T., M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing, Makmax Group - Taiyo Kogyo Corporation, BIRDAIR, Inc., dan seluruh tim yang berkenan untuk berbagi materi yang diperlukan untuk penulisan *paper* ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Petra Program Profesi Insinyur beserta Ibu Ir. Tanti Octavia, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Profesi Insinyur dan seluruh dosen yang terlibat dalam Program Profesi Insinyur. Tak lupa penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga, orang-orang terdekat, dan semua reka-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala doa dan dukungannya selama ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PP RI, "PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NO.29 Tahun 2000 Tentang Penyelenggaraan Jasa Konstruksi," *Penyelenggaraan Jasa Konstr.*, pp. 1–69, 2000.
- [2] J. Feld and K. L. Carper, *Construction Failure*, vol. 78. John Wiley & Sons, 1996.
- [3] S. King and N. J. Delatte, "Collapse of 2000 Commonwealth Avenue: Punching Shear Case Study," *J. Perform. Constr. Facil.*, vol. 18, no. 1, pp. 54–61, 2004, doi: 10.1061/(asce)0887-3828(2004)18:1(54).
- [4] H. Dimiyati and K. Nurjaman, *Manajemen Proyek*, 1st ed. Bandung: CV. Pustaka Setia, 2014.
- [5] B. Santosa, *Manajemen proyek : Konsep dan implementasi*, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [6] S. H. Bartholomew, *Construction Contracting Business and Legal Principles*, 2nd ed. Virginia: The Open Education Initiative University Libraries at Virginia Tech 560 Drillfield Drive Blacksburg, VA 24061 USA, 2022.
- [7] M. L. Thomas, *Architectural Working Drawings: A Professional Technique*, 1st ed. McGraw-Hill Companies, 1978.
- [8] H. J. Rosen and J. Regener, "Construction Specifications Writing: Principles and Procedures (Fifth Edition)," 2005.
- [9] J. A. Demkin, *The Architect's Handbook of Professional Practice*, 13th ed. Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [10] C. Editors, *Prospect for European Guidance for the Structural design of Tensile Membrane Structures*. 2023.
- [11] J. Schlaich, R. Bergermann, and W. Sobek, "Tensile Membrane Structures," no. September, pp. 19–32, 1989.