

Stadion Sepak Bola di Kabupaten Tangerang Dengan Struktur Tegangan Membran

Sugiarto Fajar Handoko¹

¹Mahasiswa Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Alamat Email penulis : Sugiartofajarh@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Tangerang merupakan daerah dengan populasi tertinggi di Provinsi Banten. Dengan area selatan memiliki kepadatan lebih tinggi yang berbatasan dengan Kota Tangerang yang merupakan daerah penyangga Kota Jakarta. Kawasan ini didominasi oleh area pemukiman dengan pembangunan yang menarah pada hunian vertikal. Peningkatan pertumbuhan penduduk dan pembangunan perlu adanya ruang aktivitas publik untuk sarana rekreasi masyarakat dan menghindari dampak negatif dari kepadatan yang tinggi seperti kriminalitas dan kekumuhan. Salah satu sarana yang diajukan berupa stadion sepak bola untuk memenuhi kekurangan venue olahraga berupa sepak bola pada daerah ini. Pemaksimalan bentuk atap stadion dibutuhkan jenis struktur dengan efisiensi dalam menyalurkan gaya pada struktur bentang lebar. Penggunaan jenis struktur *form active* dan struktur tegangan membran diharapkan dapat memberikan rancangan struktur untuk bentang lebar pada stadion dengan efisiensi penyaluran gaya dan beban atap yang ringan.

Kata kunci : Stadion sepak bola, struktur *form active*, struktur tegangan membran

ABSTRACT

Tangerang district is region with the highest population in Banten. With south sector has a higher density ratio for adjacent to the City of Tangerang witch is the buffer area of Jakarta. This area dominated by residential area with development that focus on vertical housing. With increasing population growth and development, there is a need for public space for recreation facilities and avoiding the negative impact of high density area such as high crime rate and slums. One of propose facilities is football stadium to meet the lack of sport venue in form of football in the area. In maximizing for the shape of stadium roof it takes the type of structure with good eficiency for distributed the force on long span structure. Using the form active structure and membrane tension structure is expexted to provide structural design for long span in stadium with eficiency of load distribution and light weight roof.

Keywords : Football Stadium, form active structure, membrane tension structure

1. Pendahuluan

Karakteristik stadion sebagai arena pertandingan adalah konstruksi struktur atap yang membentang melingkupi tribun penonton. Struktur atap dengan bentang lebar yang tidak menghalangi pandangan penonton menjadi keharusan dari stadion. Dalam (Macdonald, 2001:45) struktur dikelompokkan menurut kompleksitas dan efisiensi dalam penyaluran gaya yaitu *non form active*, *semi form active* dan *form active*. Struktur *form active* digunakan untuk bangunan yang memerlukan kebutuhan khusus dalam kasus ini sturktur dengan bentang sangat lebar. Dengan kemampuan menahan gaya dari bentang struktur itu sendiri dan faktor eksternal seperti iklim dibutuhkan struktur dengan material yang ringan. Dalam kategori ini termasuk struktur cangkang

(*shells*), jaringan kabel tarik (*tensile cable networks*) dan struktur membran tarik (*air supported tensile membrane*).

Struktur membran yang merupakan kategori struktur *form active* memiliki karakteristik sebagai struktur bentang lebar yang fleksibel sehingga dapat menyesuaikan dengan bentuk massa bangunan yang dinamis. Material membran yang semi transparan juga dapat memberikan suasana malam yang menarik dengan penggunaan cahaya yang memantul pada atap membran dapat memberikan kesan modern pada bangunan. Material membran juga merupakan material yang baik untuk mereduksi radiasi cahaya matahari di siang hari. Dengan kemampuan merefleksi radiasi panas matahari sekitar 70% memberikan kenyamanan untuk mengunjung di siang hari. Sehingga cahaya matahari yang diteruskan sekitar 7% - 20% cahaya alami. Material membran umumnya merupakan material tahan api sehingga meminimalisir terjadinya kebakaran dalam bangunan.

Struktur membran memiliki prinsip gaya tarik membran menjadi tegangan gaya yang menahan gaya yang terjadi pada struktur. Bentuk melengkung pada membran memberikan gaya tegangan dalam menopang kestabilan struktur, sehingga bentuk permukaan membran haruslah melengkung. Bentuk permukaan datar yang besar dapat berakibat terbebannya membran karena gaya tegangan yang besar, sehingga bentuk datar kurang baik dalam struktur membran. Dalam Neufert (2002:87) tumpuan pada struktur ini menggunakan kabel yang dikaitkan ke tepi atap dan dikaitkan dengan pin yang diposisikan miring. Kabel pendukung untuk mengembangkan atap ini menumpu ke tumpuan utama yang menumpu langsung ke tanah.

Stadion sendiri diharapkan dapat mewadahi aktivitas olahraga masyarakat dan tempat diselenggarakan pertandingan olahraga sebagai sarana hiburan. Dengan menggunakan atap tegangan membran untuk memberikan kesan modern pada bangunan dan beban struktur yang ringan terhadap bentangan yang panjang.

2. Metode

Metode yang digunakan berupa metode deskriptif-analitik digunakan untuk menjelaskan perkembangan penduduk dan ekonomi pada Kabupaten Tangerang serta isu terhadap kebutuhan akan fasilitas olahraga pada hal ini berupa stadion sepak bola. Selanjutnya fungsi stadion sepak bola sebagai fasilitas publik yang dapat menjadi ruang terbuka untuk mewadahi aktifitas masyarakat, dengan fokus pada struktur atap bangunan. Metode analitik digunakan dalam menganalisa kebutuhan akan hal – hal yang berkaitan dalam perancangan yaitu, teori terkait stadion sepak bola, prinsip dan standar dalam menunjang perancangan. Serta tinjauan teori dan contoh yang berkaitan dengan penggunaan material membran sebagai pelingkup atap bangunan. Juga terhadap jenis struktur yang dapat diterapkan berada dalam kategori *form active* untuk menyesuaikan terhadap kepraktisan dan efisiensi struktur untuk bangunan bentang lebar.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data primer dan sekunder dengan data primer berupa survey lingkungan tapak, dokumentasi dan wawancara kepada pihak yang memiliki kebijakan yang berhubungan dengan pengembangan dan perencanaan wilayah yaitu Dinas Tata Kota dan Dinas Pemuda dan Olahraga. Data sekunder berupa studi literatur dan komparasi bangunan yang selanjutnya dilakukan analisa data sebagai bagian dari proses perancangan.

2.2 Analisa dan Sintesa

Analisa yang dilakukan dibagi menjadi beberapa proses berdasarkan kriteria berupa analisa kawasan untuk mengetahui aspek sekitar kawasan perancangan yang akan berpengaruh ke proses perancangan. Analisis kebutuhan standar stadion yang direkomendasikan oleh FIFA untuk menghasilkan program ruang. Analisa struktur bentang lebar dan analisa penutup atap stadion.

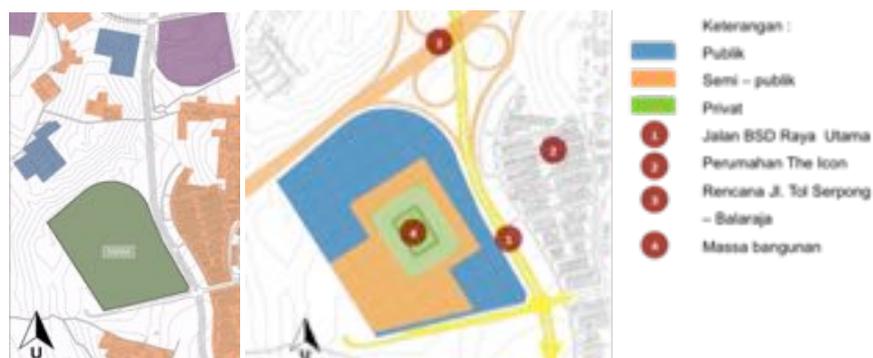
2.3 Metode Perancangan

Dalam tahap perancangan hasil dari sintesa digunakan untuk menghasilkan konsep yang sesuai dengan ketentuan bangunan dan juga prinsip dari struktur atap bangunan. Metode yang digunakan merupakan metode pragmatik dalam menentukan program bangunan yang sesuai juga perancangan strukturnya, menggunakan cara *trial and error* agar sesuai dengan hasil yang diharapkan. Metode ini digunakan untuk mendapatkan rancangan struktur atap membran dalam aplikasi pada stadion sepak bola sesuai prinsip strukturnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Tapak

Tapak berada pada Kecamatan Pagedangan yang berbatasan langsung dengan Kota Tangerang Selatan. Lokasi tapak berada di koridor Jalan BSD Raya Utama dengan luas tapak 223.412,09 m² atau 22,34 Ha. Kondisi tapak memiliki kontur dengan kemiringan 3%. Dengan bangunan pada bagian tengah tapak yang merupakan area terendah untuk dimanfaatkan dalam tinggi bangunan. Orientasi bangunan mengikuti orientasi lapangan dengan ketentuan arah hadap lapangan agar terhindar dari pantulan cahaya matahari langsung. Arah orientasi lapangan membujur barat laut – tenggara. Zonasi pada tapak mengikuti ketentuan perimeter bangunan saat pertandingan untuk akses penonton dan area pengamanan yang ditentukan FIFA.



Gambar 1. Lokasi dan zonasi tapak

3.2 Analisa Bangunan

Regulasi intensitas bangunan untuk bangunan olahraga pada daerah Pagedangan dengan KDB sebesar 40%, dengan luas tapak 223.412 m² luas dasar bangunan yang diperbolehkan sebesar 89.364,8 m² atau 8,9 Ha. Luas dasar bangunan stadion sebesar 38.626 m² dengan jumlah 5 lantai bangunan. Luasan tersebut masih memenuhi ketentuan KDB untuk daerah ini.

Organisasi ruang menyesuaikan dengan zonasi dan akses ke dalam bangunan peletakan fungsi ruang berdasarkan sirkulasi dan pengelompokan penonton berdasarkan sisi tribun. Pada lantai dasar merupakan area pemain, pengelola dan media.



Gambar 2. Lantai dasar

Pada lantai satu merupakan fasilitas publik untuk membeli tiket, kafetaria, musholla dan akses VIP, juga terdapat area pengelola dan kantor. Akses tangga darurat terdapat pada sudut bangunan. Pada lantai dua merupakan akses penonton dan memasuki area perimeter dua untuk masuk menggunakan tiket. Terdapat ruang VVIP pada lantai ini dan fasilitas tenant makanan dan toilet untuk penonton.



Gambar 3. Lantai 1 dan 2

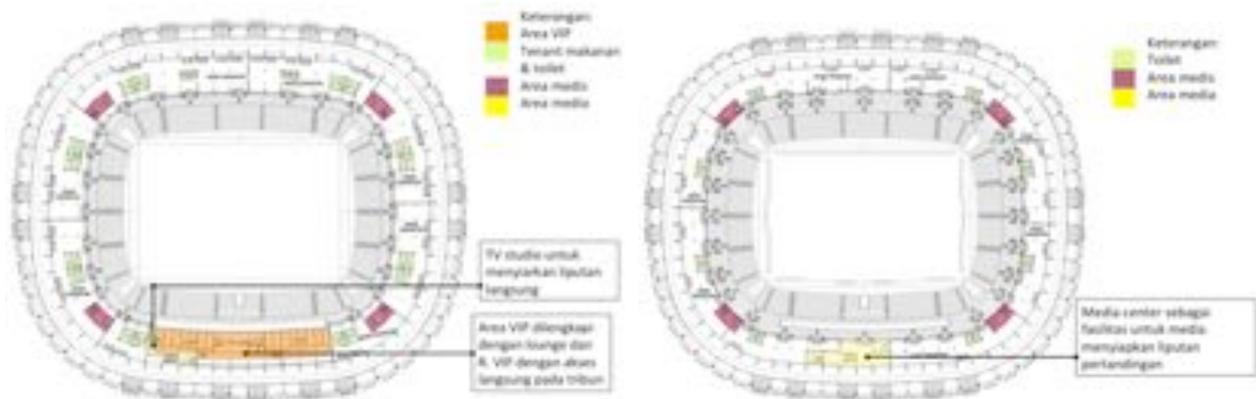
Pada lantai tiga dan empat merupakan area tribun atas yang menggunakan akses tangga. Terdapat area VIP berupa lounge dan VIP box pada lantai tiga dan media center pada lantai empat.

Kapasitas penonton stadion 40.780 penonton yang termasuk penonton umum, VIP, VVIP dan media. Terdapat 16 sektor untuk pembagian akses penonton dengan setiap sektor menampung penonton sekitar 2.500 – 3.000 penonton dan memiliki dua jalur sirkulasi dengan lebar 5 m untuk akses ke tribun penonton. Dengan mengikuti perbandingan sirkulasi penonton pada stadion dalam (Neufert, 2002 : 489) rata – rata stadion memerlukan waktu sekitar 10 sampai 7 menit untuk sirkulasi penonton keluar

$$\text{staircase width (m)} = \frac{\text{number of spectators}}{\text{emptying time (s)} \times 1.25}$$

stadion dengan rumus ,maka didapat perhitungan dengan waktu keluar penonton 8 menit. Pembagian sektor untuk

supporter tim tamu ditempatkan pada satu sektor sendiri yang berseberangan dengan supporter tuan rumah untuk menjaga keamanan. Idealnya pada tribun selatan dekat dengan sudut lapangan dengan kapasitas sekitar 3000 orang.



Gambar 4. Lantai 3 dan 4

3.3 Regulasi Keamanan

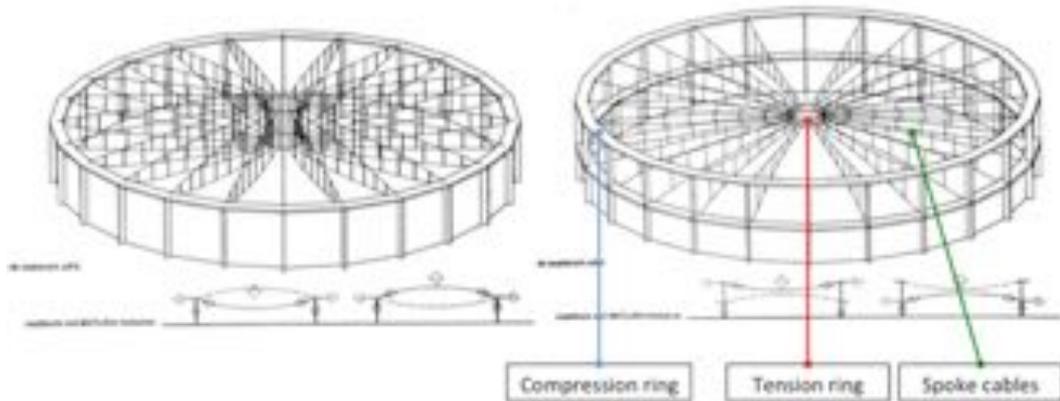
Keamanan dalam akses stadion dibagi menurut perimeter stadium untuk titik pemeriksaan dan penjagaan. Titik pengamanan lainnya terdapat pada area pemain dan penyelenggara, VIP dan VVIP, area penonton disabilitas, area akses tangga penonton dan pintu stadion. Terdapat juga petugas keamanan yang menyebar dan berpatroli dalam stadion selama pertandingan untuk menjaga keadaan saat pertandingan. Untuk pertandingan dengan tingkat bahaya rendah membutuhkan satu petugas setiap 250 penonton, dan pertandingan dengan bahaya tinggi membutuhkan petugas setiap 100 orang. Dengan kapasitas stadion sebesar 40.780 maka diperlukan petugas untuk tingkat bahaya rendah sebanyak 163 petugas, untuk tingkat bahaya tinggi sebanyak 408 petugas.

3.4 Analisa Struktur

Karakteristik struktur *form active* yaitu struktur dapat mengubah gaya eksternal yang terjadi pada struktur dan merubahnya menjadi gaya normal (Engel, 1981 :13). Salah satu dari jenis struktur *form active* adalah struktur kabel. Prinsip kerja struktur kabel merupakan penyaluran gaya melalui tegangan kabel yang saling menyangga untuk menghasilkan kestabilan tegangan struktur. Faktor yang berpengaruh untuk menghasilkan kestabilan tegangan berupa beban struktur dan bentang kabel. Jenis struktur yang digunakan berupa *rotational system* dengan membentuk lingkaran pada bagian luar dan dalam menggunakan *compression ring* pada sisi luar dan *tension ring* pada bagian dalam untuk menjaga kestabilan. Sistem ini dipilih untuk menjadi sistem struktur atap stadion dikarenakan bentuk struktur yang melingkar dapat menyesuaikan dengan bentuk atap stadion.

Penerapan struktur membran memiliki beberapa langkah dalam perancangannya untuk mendapatkan bentuk yang sesuai. Langkah pertama adalah menentukan bentuk yang memiliki kekuatan tegangan yang cukup, untuk menghindari efek membran yang terdefleksi akibat gaya eksternal seperti angin dan hujan. Bentuk struktur membran umumnya memiliki bentuk menyesuaikan dengan penempatan penyangganya untuk menghasilkan bentuk. Langkah berikutnya menentukan batas untuk mengaplikasikan membran pada rangka, kolom, dinding atau kabel. Penentuan batas untuk mengetahui metode pemasangan membran dan memperkirakan penyaluran gaya tegangan yang

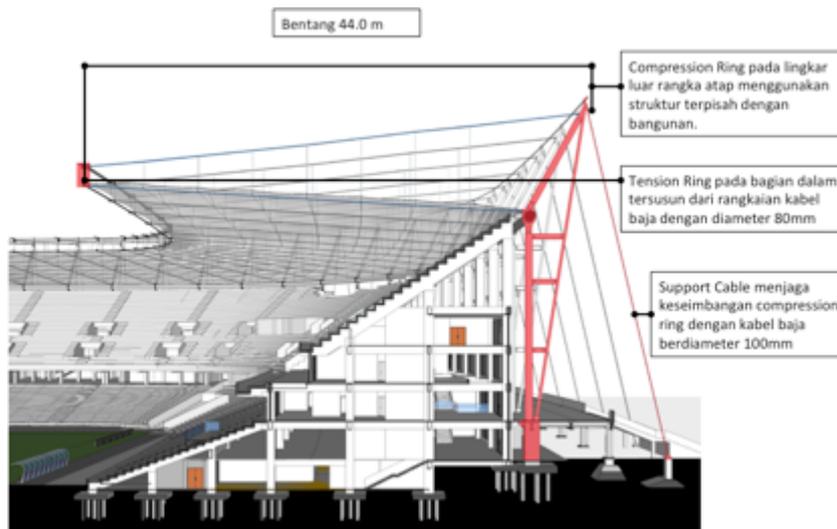
akan terjadi pada membran. Selanjutnya dilakukan proses pencarian bentuk (*form finding*) untuk menentukan efisiensi bentuk yang memungkinkan didapat dari atap membran. Langkah terakhir merupakan analisis struktur atap terhadap gaya yang bekerja pada struktur yang berupa gaya internal dan juga gaya gaya eksternal termasuk angin dan hujan.



Gambar 5. Flat rotational system
Sumber: Engel (1981:23)

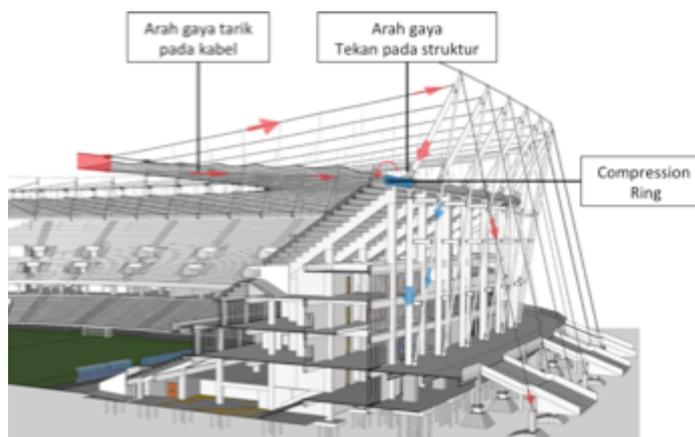
3.5 Konsep Struktur

Konsep struktur menggunakan jenis *rotational system* dengan menggunakan dua ring pada sisi luar berupa *compression ring* dan sisi dalam berupa *tension ring* dengan dihubungkan dengan kabel, menggunakan prinsip gaya yang saling tarik menarik dari kabel yang menghubungkan kedua ring. *Compression ring* berupa struktur *steel truss* agar memiliki kekakuan yang baik dalam menopang beban sedang untuk *tension ring* menggunakan kabel baja dengan diameter 80 mm yang menggunakan pengait antar sambungan kabel dengan pengaku pipa baja antar pengait. Dibantu dengan kabel *support* pada bagian *compression ring* mengarah keluar dengan diameter kabel 100 mm. Struktur atap menggunakan material baja dan terpisah dengan struktur bangunan menggunakan beton, sehingga beban atap hanya ditumpu pada struktu rangka baja. *Compression ring* menggunakan rangka baja berbentuk segitiga dengan ring keliling atap berupa pipa baja dengan diameter 1 m pada bagian bawah yang menjadi tumpuan dari gaya pada struktur. Pada bagian atas terpadat ring pipa baja dengan diameter 16 cm sebagai penyeimbang pada struktur bagian atas. Penyaluran gaya pada atap melalui kabel baja yang menghubungkan ring dalam dan luar. Kabel baja berjumlah 66 kabel dengan jarak antar kabelnya sekitar 10 m yang mengikuti jarak kolom. Arah penyaluran gaya mengarah dari sisi dalam keluar, karena terjadi pembebanan pada *compression ring* yang menjadi penyangga utama atap, dan dibantu dengan kabel mengarah keluar untuk menyeimbangkan arah gaya.



Gambar 6. Konsep struktur

Penyaluran gaya pada struktur untuk menahan gaya tarik dari kabel maka modul struktur dibentuk modul segitiga dengan titik tumpuan utama pada compression ring untuk menahan gaya tarik dari modul kolom. Kolom penyeimbang pada bagian luar memiliki fungsi sebagai struktur penyangga untuk menjaga bentuk struktur.



Gambar 7. Arah gaya struktur

3.6 Material Membran

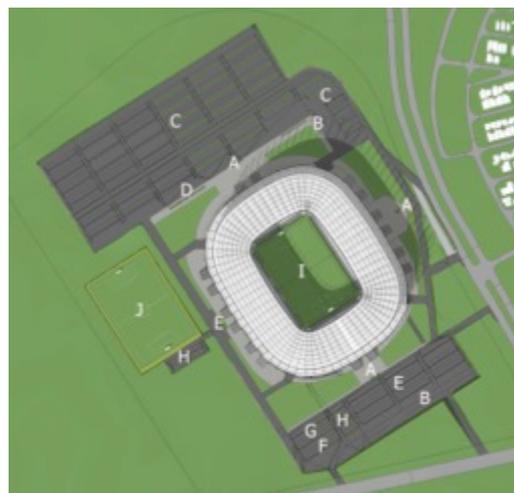
Material membran yang digunakan berjenis PTFE dengan tingkat transparansi mencapai 13% dalam memasukan cahaya. Material dengan jenis PTFE ini memiliki daya tahan hingga 30 tahun dengan spesifikasi permukaan bebas perawatan dengan permukaan yang tidak lengket. Ketahanan terhadap suhu dengan rentang -70°C – 260°C dan juga tahan api. Membran dengan jenis PTFE ini umumnya digunakan untuk struktur permanen karena kemampuan mempertahankan kekuatan tarik membran yang baik, material ini banyak digunakan dalam bangunan dengan bentang lebar juga termasuk bangunan stadion. Pengait yang digunakan untuk memasang material membran terdapat pada sisi membran dan juga antar jaringan kabel. Mekanisme pengait berbentuk segitiga yang dapat diletakan pada tiang maupun kolom yang menjadi tumpuan dan menghubungkan membran dengan kabel untuk menghasilkan bentuk dan kekuatan tanrik membran.



Gambar 8. Pengait membran untuk sisi sudut
 Sumber: <https://www.carlstahl-architektur.com>

3.7 Hasil Desain

Orientasi bangunan 120° pada arah barat laut untuk mengurangi cahaya matahari langsung. Akses ke dalam bangunan untuk pengunjung terdapat tangga dan ram untuk penyandang disabilitas. Akses kendaraan ke dalam lapangan terdapat pada setiap sudut lapangan, dapat digunakan untuk akses bus tim dan evakuasi darurat.



Gambar 9. Site plan

Bentang atap stadion sebesar 44 m dengan jarak rangka baja *compression ring* dan ring penyeimbang setinggi 10 m. Membran atap berbentuk dasar *barrel* dengan menggunakan purlin pada bentang atap sehingga menimbulkan atap yang bergelombang.



Gambar 10. Perspektif bangunan

4. Kesimpulan

Perancangan stadion sepak bola di Kabupaten Tangerang dengan atap membran bertujuan untuk mengaplikasikan sistem atap *form active* dalam bangunan bentang lebar sebagai jenis struktur yang memiliki tingkat efisiensi tinggi. Bangunan stadion pada area ini juga bertujuan untuk memberikan fasilitas olahraga dan ruang publik pada area Kabupaten Tangerang. Jenis struktur *form active* yang digunakan berupa struktur tegangan kabel, struktur yang memiliki kemampuan bentang diatas 100 m dinilai tepat untuk diterapkan pada bangunan stadion. Dalam perancangan stadion sepak bola maka ketentuan yang digunakan menggunakan standar FIFA, dengan penentuan kapasitas stadion untuk 40.000 penonton. Untuk menerapkan rancangan struktur atap tegangan membran menggunakan sistem kabel maka diperlukan langkah - langkah dalam perancangan untuk menentukan jenis struktur kabel yang digunakan.

Berikut langkah dalam menerapkan struktur tegangan membran kabel dalam bangunan stadion sepak bola :

1. Menentukan jenis membran yang digunakan untuk umur pemakaian dan karakteristik membran. Penggunaan membran dapat digunakan untuk struktur permanen maupun semi permanen, jenis membran yang digunakan juga dapat berbeda untuk kebutuhan ini.
2. Menentukan bentuk dasar membran dengan pertimbangan kekuatan tampilan dan juga kesesuaian dengan bentuk bangunan, bentuk dasar membran umumnya berupa dome, hyper, conical dan menggantung.
3. Menentukan batas membran untuk dikaitkan pada rangka bangunan yang dapat berupa kolom, dinding, tiang penyangga, kabel dan rangka struktur. Pada tahap ini dibutuhkan pertimbangan titik untuk penyangga membran dalam menyalurkan gaya.
4. Proses pencarian bentuk (*form finding*), tahapan ini merupakan pekerjaan untuk menentukan tampilan membran pada atap bangunan. Proses ini merupakan juga proses yang intuitif, karena pada tahap ini ekspresi bentuk membran menjadi penting untuk tampilan bangunan.
5. Proses terakhir merupakan analisis kekuatan struktur untuk menahan beban gaya. Dalam tahap ini juga dapat dilakukan proses pengetesan *wind tunnel* untuk melihat respon membran agar tetap pada kekuatan regangan yang baik.

Prinsip struktur membran dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang bangunan menggunakan struktur membran dengan aspek penyaluran gaya pada struktur, tumpuan struktur dan bentuk struktur. Gaya pada membran didapatkan dengan membentuk arah lengkung yang berlawanan pada membran. Bentuk permukaan datar yang luas pada membran harus dihindari, dapat dengan cara membagi modul membran dengan struktur lengkung untuk memberikan bentuk. Tumpuan membran menggunakan kabel yang dikaitkan pada setiap sudut ke struktur. Tumpuan utama struktur haruslah menumpu ke tanah dan memperhatikan arah gaya tarik dari struktur tegangan membran.

Daftar Pustaka

- Butler, Robert B. 2002. *Architectural Engineering Design: Structural System*. New York : McGraw - Hill
- Charleson, Andrew W. 2005. *Structure As Architecture A Source Book For Architects And Structural Engineers*. London : Architectural Press

Engel, Heinrich. 1981. *Structure Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold Company
FIFA. 2011. *Football Stadiums: Technical Recommendations And Requirments 5th Edition*
John, Geraint. 2000. *Stadia*. Oxford : Architectural Press
Kaltenbach, Frank. 2004. *Translucent Materials: Glass, Plastics, Metals*. Berlin :
Birkhauser
Macdonald, Angus J. 2001. *Structures and Architecture Second Edition*. Oxford :
Architectural Press
Neufert, Erns. 2002. *Data Arsitek*. Jakarta : Erlangga
Schodek, Daniel L. 1991. *Struktur*. Bandung : PT Eresco