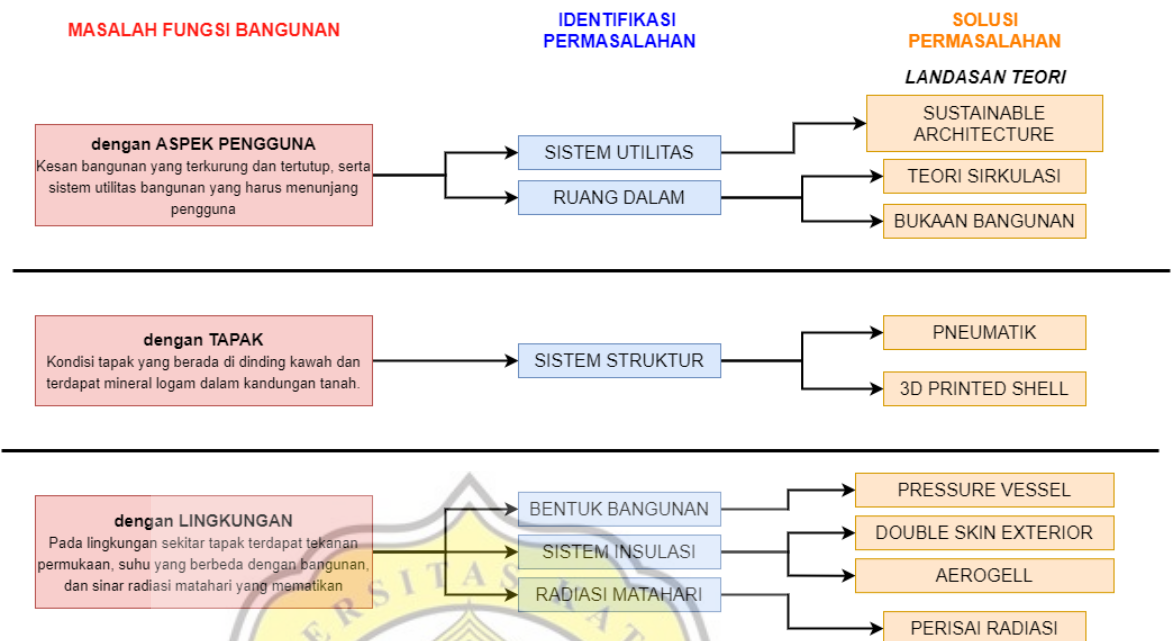


BAB 5. LANDASAN TEORI



Gambar 5.1 Kajian Landasan Teori
Sumber : Analisa Pribadi

Teori-teori yang akan digunakan sebagai landasan untuk menjawab permasalahan desain yang telah dirumuskan adalah :

5.1 Landasan Teori *Sustainable Architecture*

5.1.1 Definisi *Self Sufficient*

Menurut kamus merriam-webster, arti dari *Self Sufficient* adalah dapat mempertahankan atau berkecukupan tanpa bantuan dari luar : Mampu untuk menyediakan keperluan sendiri. (Merriam-Webster)

Dalam konteks untuk proyek *base camp* koloni di Mars, *self sufficient* berarti bangunan *base camp* mampu menyediakan semua keperluan hidup dengan sendirinya, melalui ekstraksi dan produksi baik dalam segi material dan organik. Selain produksi, *base camp* dapat menerapkan *self sufficient* dengan mendaur ulang hasil limbah kebutuhan kelangsungan hidup menjadi sesuatu yang bisa dipakai kembali. Oleh karena itu dapat disimpulkan *self sufficient* digolongkan termasuk dalam *sustainable architecture*.

5.1.2 Teori *Sustainable Architecture*

Berdasarkan buku *Strategies for Sustainable Architecture* dari Paola Sassi, terdapat 6 area penting dalam menciptakan *sustainable design*. 6 area tersebut adalah :

- Penggunaan lahan
- Komunitas
- Kesehatan
- Material
- Energi
- Air

Bidang penggunaan lahan, dimana bagian ini mempertimbangkan efek dari arsitektur pada lingkungan fisik dan sosial secara langsung, serta koneksinya untuk konteks perkotaan, pedesaan dan area yang lebih luas.

- Bidang komunitas, dimana implikasi sosial dari arsitektur dan bagaimana bangunan dapat membantu menciptakan komunitas yang layak dan meningkatkan kualitas hidup orang.
- Bidang Kesehatan, baik didalam bidang fisik maupun mental kesejahteraan manusia, dan bidang ini mempertimbangkan masalah kenyamanan, polusi udara dalam ruangan dan masalah desain lainnya pada bangunan yang berhubungan dengan kesehatan
- Untuk bidang material, energi dan air, bidang ini membahas tentang penggunaan sumber daya untuk membangun dan operasional bangunan.

Akan tetapi area *sustainable design* yang akan diimplementasikan pada bangunan proyek ini adalah bidang energi dan air, dimana pendekatan *sustainable design* ini harus mempertimbangkan kedua sumber daya ini dalam penggunaannya, dampak lingkungan dan sosial yang terkait dengan bidang tersebut. Bidang ini akan membahas praktik desain yang membantu meminimalkan dampak yang terkait dengan penggunaan, dan efisiensi menganalisis penggunaan energi dan air. (Sassi, 2006)

5.1.3 Teori *Sustainable Energy dan Air*

Untuk bidang energi, energi untuk operasional bangunan bervariasi tergantung pada lokasi bangunan, iklim dan musim, dan penggunaan bangunan. Iklim dan musim memiliki dampak terbesar pada bangunan persyaratan untuk pemanasan dan pendinginan, tetapi semua faktor harus dipertimbangkan. Merancang bangunan untuk

meminimalkan kebutuhan energi berarti mengadopsi langkah-langkah yang terutama mempengaruhi pelingkup bangunan dan desain spasial. Ini adalah cara tindakan secara pasif yang mencakup: mengorientasikan bangunan dengan merespon orientasi matahari, angin dan karakteristik tapak, menginsulasi bangunan dan menyediakan penyimpanan sesuai dengan kebutuhan iklim; mengintegrasikan sistem untuk mendinginkan dan mengatur ventilasi gedung secara pasif; dan menyediakan cahaya alami yang tepat untuk meminimalkan kebutuhan penerangan listrik.

Sedangkan dalam bidang air, di negara maju, air minum umumnya digunakan untuk semua penggunaan terkait bangunan terlepas dari apakah standar kebersihan seperti itu diperlukan. *Greywater* dan air hujan adalah sumber air alternatif yang dapat digunakan untuk penggunaan non-minum dan, jika diolah secara tepat, air hujan juga bisa digunakan untuk minum. Menggunakan sumber air alternatif yang diambil dari tapak mengurangi kebutuhan untuk ekstraksi, perawatan, dan distribusi air, mengurangi tekanan pada sumber air tawar dan penggunaan energi.

Air limbah dari penggunaan air dalam bangunan digolongkan sebagai *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* adalah air limbah dari wastafel, bak cuci, bak mandi dan *shower*, sedangkan *blackwater* adalah air limbah dari WC dan urinal.

Greywater yang telah dibersihkan dengan cara menghilangkan partikel, mensterilkan, dan mungkin memperbaiki tampilannya, dapat digunakan kembali untuk menyiramnya taman, penyiraman WC dan cucian. Hal ini bisa menghemat hingga 40 % kebutuhan air bangunan.

Ada berbagai sistem yang berbeda untuk penggunaan kembali *greywater*. Sistem dasar dari sistem ini adalah dengan mengumpulkan air dari shower, bak mandi, dan bak, tetapi tidak wastafel, melalui wadah terpisah drainase. Air disaring dan disimpan dalam tangki 120 liter di bawah tanah. Air kemudian dipompa ke tangki header 60 liter, dan jika diperlukan, akan diberikan dengan penjernih secara kimiawi. Tangki header memiliki sambungan listrik untuk mengisi tangki jika diperlukan. Dari tangki header air secara gravitasi dialirkan ke WC. (Sassi, 2006)

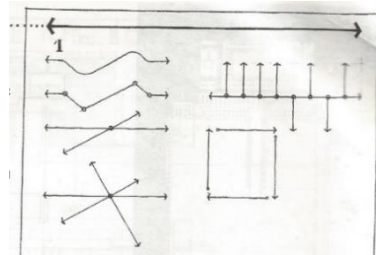
5.2 Unsur – unsur Sirkulasi Ruang Dalam

Berikut beberapa unsur – unsur dalam sirkulasi berdasarkan Buku Arsitektur *Form, Space, and Order*. (Ching, 2007)

5.2.1 Konfigurasi Jalan

a. Linear

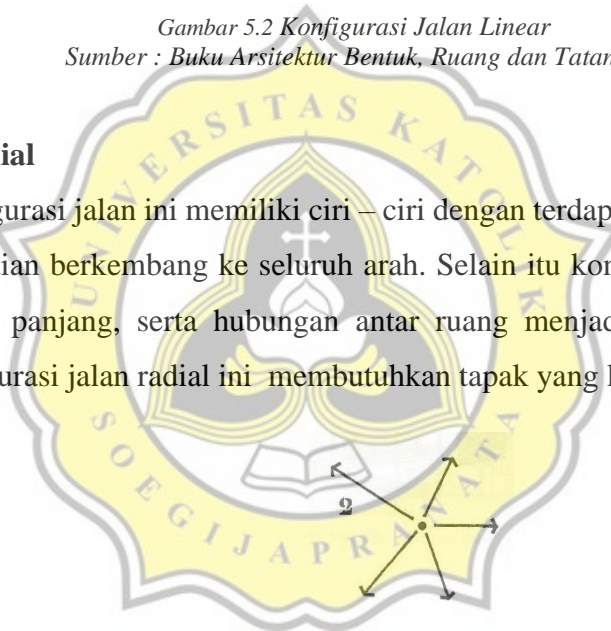
Konfigurasi jalan secara linear ini berupa satu atau dua arah yang polanya dapat dikatakan sangat sederhana. Selain itu pencapaiannya juga mudah dan statis terhadap jarak. Jalur ini dapat dalam bentuk kurvalinear atau terpotong – potong serta bersimpangan dengan jalur lain, atau bercabang.



Gambar 5.2 Konfigurasi Jalan Linear
Sumber : Buku *Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tata*

b. Radial

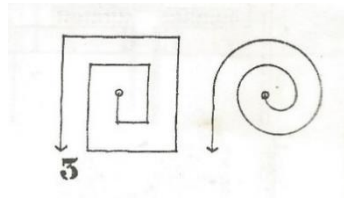
Konfigurasi jalan ini memiliki ciri – ciri dengan terdapatnya pusat ruang yang kemudian berkembang ke seluruh arah. Selain itu konfigurasi jalan ini tidak terlalu panjang, serta hubungan antar ruang menjadi sangat erat. Namun konfigurasi jalan radial ini membutuhkan tapak yang luas



Gambar 5.3 Konfigurasi Jalan Radial
Sumber : Buku *Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tata*

c. **Spiral**

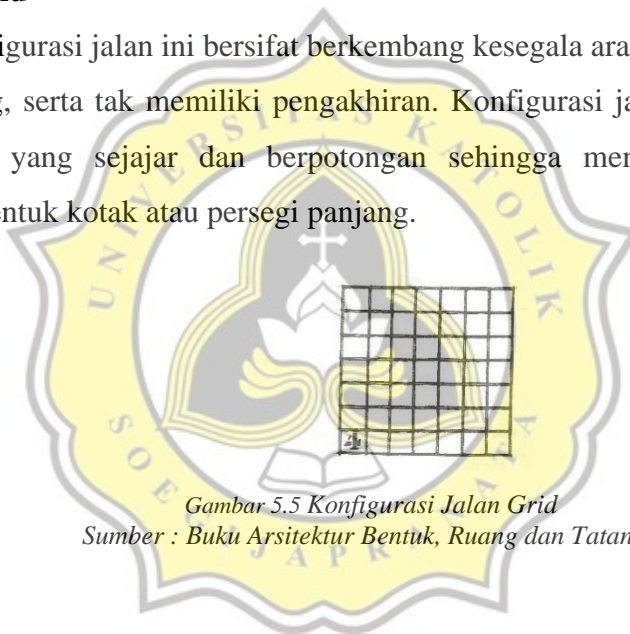
Konfigurasi jalan ini memiliki jalan tunggal yang menerus yang berasal dari titik pusatnya serta mengelilingi pusatnya dengan jarak yang dapat berubah – ubah.



Gambar 5.4 Konfigurasi Jalan Spiral
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatahan

d. **Grid**

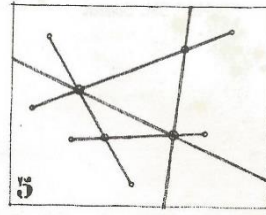
Konfigurasi jalan ini bersifat berkembang kesegala arah, tidak memiliki pusat ruang, serta tak memiliki pengakhiran. Konfigurasi jalan grid memiliki dua jalur yang sejajar dan berpotongan sehingga menciptakan ruang yang berbentuk kotak atau persegi panjang.



Gambar 5.5 Konfigurasi Jalan Grid
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatahan

e. **Network**

Konfigurasi ini memiliki ciri – ciri yang berkembang ke segala arah, dapat menyesuaikan dengan kondisi tapak, mengarah pada ruang yang dominan, tidak memiliki pusat ruang, dan tidak ada pengakhiran. Konfigurasi jalan ini terdiri dari jalur – jalur yang menghubungkan titik – titik yang terbentuk di dalam ruang.

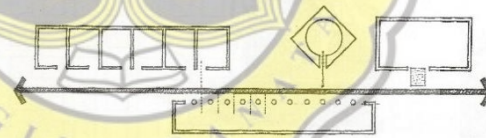


Gambar 5.6 Konfigurasi Jalan Network
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatanan

5.2.2 **Hubungan Jalur dan Ruang**

a. **Melalui Ruang – Ruang**

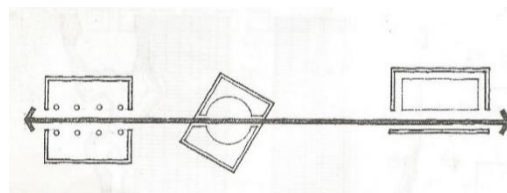
- Kesatuan dari tiap ruang dipertahankan
- Konfigurasi jalan menjadi fleksibel



Gambar 5.7 Melalui Ruang – Ruang
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatanan

b. **Menembus Ruang – Ruang**

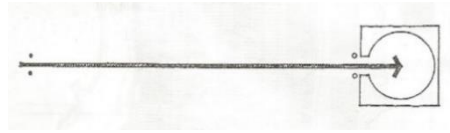
- Dalam memotong sebuah ruang, akan terciptka pola – pola istirahat dan gerak di dalamnya



Gambar 5.8 Menembus Ruang – Ruang
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatanan

c. **Berakhir dalam Ruang**

- Hubungan dari jalan dan ruang digunakan sebagai pencapaian dan jalan masuk ruang – ruang penting yang fungsional serta simbiolis



Gambar 5.9 Berakhir dalam Ruang
Sumber : Buku Arsitektur Bentuk, Ruang dan Tatahan

5.3 Bukaan Bangunan

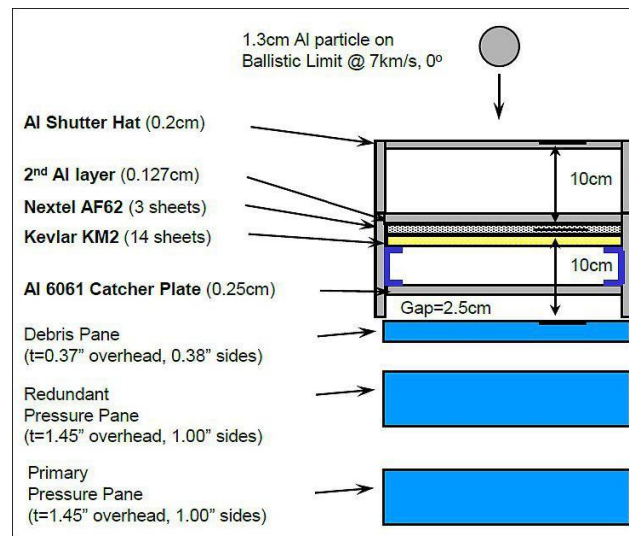


Gambar 5.10 Contoh Bukaan Bangunan
Sumber : <http://www.marsicehouse.com/habitat/level-four>

Meskipun dengan adanya bahaya sinar radiasi matahari, bukaan pada bangunan *base camp* ini tetap diperlukan supaya pengguna dalam bangunan *base camp* dapat melihat keadaan di permukaan Mars dan menciptakan kesan ruang yang terbuka pada bagian dalam bangunan. Prinsip bukaan pada bangunan *base camp* akan menggunakan prinsip konstruksi dari jendela dari *Cupola*, modul observasi dari ISS yang memiliki struktur kaca terbesar pada pesawat antariksa. Pada jendela modul observasi *Cupola*, material yang digunakan adalah *Fused Sillica & Borosilicate Glass*.

Alternatif lain untuk bukaan pada bangunan adalah menggunakan ETFE, yang diambil dari preseden dari Mars Ice House milik SEArch (Space Exploration Architecture) dan Clouds AO (Clouds Architecture Office).

5.3.1 Fused Silica / Borosilicate Glass



Gambar 5.11 Komponen Gelas Silika

Sumber : <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/iss-cupola>

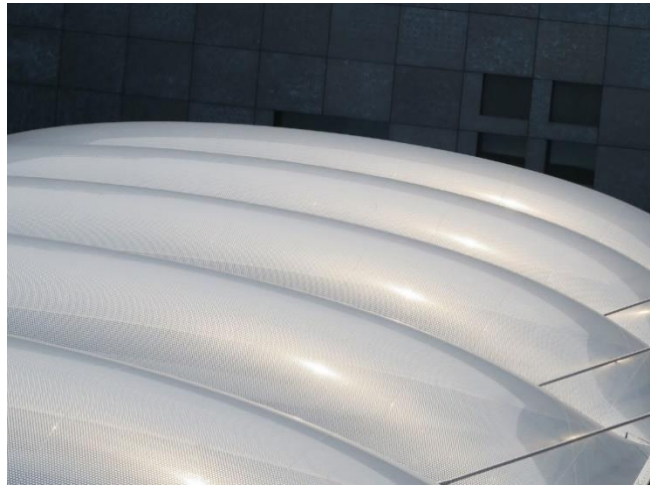
Fused Silica adalah kaca dengan kemurnian tinggi dan keras dengan suhu penggunaan tinggi dan ekspansi termal mendekati nol, sehingga sangat tahan perubahan termal. Kaca ini juga secara kimia lembam untuk sebagian besar zat kecuali beberapa zat termasuk asam fluorida dan kalium hidroksida panas.

Gelas borosilikat seperti *Tempax* dan *Pyrex* mengandung sekitar 80% silika, dan karenanya kurang stabil secara termal dibandingkan *fused silica*. Dibandingkan dengan kaca biasa, *fused silica* dan gelas borosilikat menunjukkan ekspansi termal yang jauh lebih rendah sehingga lebih tahan guncangan termal.

Baik kaca silika leburan dan kaca borosilikat memiliki stabilitas termal dan kimia yang sangat baik, dan harganya juga lebih murah untuk bahan dan mesin dibandingkan dengan bahan keramik.

Kaca keras ini dapat dipoles atau dilapisi untuk hasil akhir permukaan berkualitas tinggi untuk menghasilkan permukaan yang halus secara optik, atau menjadikannya transparan terhadap sinar UV / inframerah. (NOWOFOL, 2008)

5.3.2 ETFE



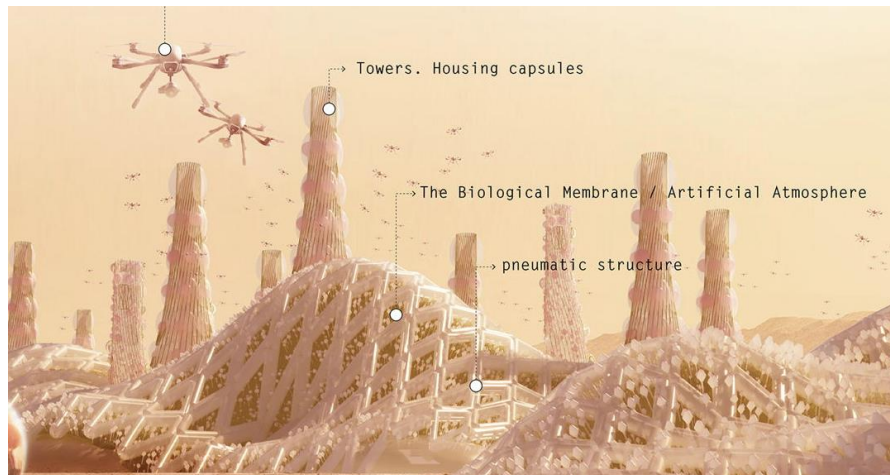
Gambar 5.12 Komponen Gelas Silika
Sumber : <https://fabritecture.com/knowledge/etfe/>

ETFE (*Ethylene-Tetrafluoroethylene Copolymer*) adalah turunan plastik yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dalam bentuk membran ETFE. Keunggulan material ini adalah memiliki transmisi cahaya dan UV yang tinggi, tahan suhu ekstrem dan berat yang sangat ringan. Film ETFE seratus kali lebih ringan dari kaca dan memungkinkan lebih banyak sinar matahari untuk lewat. Akibatnya, sering digunakan untuk konstruksi atap yang ringan

Film ETFE sangat tahan api dan memiliki titik leleh 270°C . Dengan keunggulan ini, dan dengan kualitas bahan yang *self cleaning* ini, memastikan bahwa membran ETFE dapat diaplikasikan pada berbagai hal. Fungsi *self cleaning* ini sendiri menyerupai efek lotus, dimana struktur permukaan khusus memastikan bahwa angin dan hujan cukup untuk menghilangkan kotoran dari kulit ETFE. Selain itu, kopolimer sepenuhnya dapat didaur ulang dan tersedia dalam lebih dari 40 warna.

Ketika membran ETFE pertama kali dikembangkan, ia dirancang untuk menahan korosi dan kisaran suhu operasi yang luas. Membran ETFE cocok untuk digunakan pada suhu hingga 155°C , menjadikannya solusi serbaguna untuk kebutuhan konstruksi. (Seiko, 2012)

5.3.3 Cyanobacteria



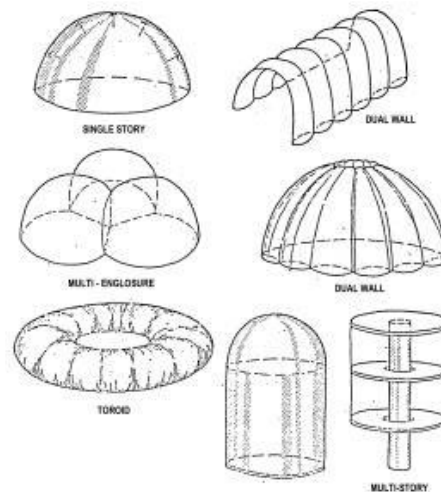
Gambar 5.13 Contoh Pengaplikasian Cyanobacteria pada pelingkup
Sumber : https://launchforth.io/nachomartin1/alg_i_the-green-million-city/overview/

Berdasarkan dari sub bab 2.1.3 Sistem Utilitas Bangunan pada bagian Sistem Manajemen Atmosfer, disebutkan bahwa cyanobacteria berfungsi tidak hanya untuk memproduksi oksigen bagi keperluan *base camp*, tetapi cyanobacteria juga dapat diaplikasikan pada bagian dalam pelingkup bangunan untuk memfilter debu mikroskopik di planet Mars . Selain untuk memfilter, cyanobacteria juga bisa menjadi elemen estetik bagi pengguna bangunan dengan menghadirkan benda organik pada pelingkup bangunan

5.4 Struktur bangunan Mars

Karena kondisi Mars yang berbeda pada bumi, maka struktur yang akan digunakan untuk bangunan *base camp* pada planet Mars ini harus memenuhi syarat-syarat tertentu agar bangunan dapat menunjang kehidupan manusia. Pertama struktur bangunan harus dapat menahan tekanan permukaan bagian dalam bangunan yang berbeda jauh dengan tekanan permukaan di planet Mars. Selain itu, struktur harus bersifat mudah diaplikasikan dan menggunakan material lokal dari planet Mars. Hal itu dikarenakan material-material yang dapat dibawa dari bumi terbatas dan harus memiliki bobot seminim mungkin, dimana tiap 10 kg barang atau material yang dibawa oleh roket membutuhkan bahan bakar sebesar 90 kg. Oleh karena itu diperlukan sebuah struktur bangunan *base camp* yang dapat menahan tekanan permukaan yang tinggi, dan dalam pengaplikasiannya mudah atau menggunakan material lokal dari Mars. Berikut merupakan opsi-opsi struktur yang dapat digunakan pada bangunan *base camp* planet Mars :

5.4.1 Struktur Pneumatik



Gambar 5.14 Macam Desain Struktur Pneumatik
Sumber : (Purwanto, 2000)

Struktur pneumatik merupakan salah satu sistem struktur yang termasuk dalam kelompok *Soft Shell Structure* yang memiliki ciri khas semua gaya yang terjadi pada membran-nya berupa gaya tarik. Pada Pneumatik, gaya tarik terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara di dalam struktur pneumatic dengan tekanan udara diluar struktur ini. Pneumatik Structure dibagi dalam dua kelompok besar yaitu *Air Inflated Structure* dan *Air Supported Structure*. (Purwanto, 2000)

a. Air Inflated Structure

Air Inflated Structure disebut pula *Double Membrane Structure* dan membutuhkan tekanan udara yang lebih besar dibandingkan dengan *Air Supported Structure* sehingga sering disebut juga dengan nama *High Pressure System*. Tekanan udara pada sistem ini hanya diberikan pada strukturnya bangunan, sehingga pemakai bangunan tidak berada dalam tekanan udara. Dari sebab itu sistem ini lebih bebas dipakai sebagai penutup space, karena tidak membutuhkan air lock dan peralatan lain agar struktur ini tetap berdiri. Elemen dari sistem ini lebih berlaku sebagai elemen rigid (kaku), sehingga lebih tahan terhadap tekuk maupun lendutan (momen) dibandingkan dengan sistem *Air Supported Structure*. Sistem struktur ini membutuhkan tekanan udara sebesar 2-100 Psi (0,2 – 7 Atm) besarnya sekitar 100 sampai 1000 kali dibandingkan sistem *Air Supported Structure*. Karena membutuhkan tekanan udara yang besar, maka dibutuhkan material membrane yang kuat dan kedap udara. Secara prinsip dapat digunakan untuk elemen batang (*Tubular System*) dan elemen

bidang (*Dual Wall System*), Perilaku struktur dengan sistem ini sangat kompleks, sehingga sampai sekarang belum diketahui prosedur perancangan yang tepat. (Purwanto, 2000)

b. **Air Supported Structure**

Air Supported Structure disebut juga Single Membrane Structure karena hanya menggunakan satu lapis membrane dan membutuhkan tekanan udara yang rendah (*Low Pressure System*). Ciri-ciri dari sistem *Air Supported Structure* ini adalah membutuhkan sedikit perbedaan tekanan udara untuk mengangkat membran-nya. Tekanan udara yang dibutuhkan sekitar 2-20 Psf (pon per feet) di atas tekanan atmosfer. Besarnya tekanan udara ini direncanakan berdasar kondisi angin, ukuran struktur, kedap udara (perembesan udara melalui membran, tipe dan jumlah jendela/pintu, dsb). Tekanan udara pada sistem ini mempunyai pengaruh terhadap geometri membran. Memperbesar radius kurvatur (lengkung) akan menambah kekuatan membran, pengurangan kekuatan membran (*membrane force*) dapat dilakukan dengan mereduksi kurvatur melalui penggunaan kabel atau kolom tarik. Pada umumnya *Air Supported Structure* ini dirancang untuk dapat mengantisipasi pengaruh angin, mengingat beban angin paling besar pengaruhnya, maka sedapat mungkin gaya kritis angin harus diketahui untuk menentukan besaran tegangan membrane dan gaya pada angkutnya. (Purwanto, 2000)

5.4.2 3D Printed Shell

3D Printing adalah teknologi manufaktur aditif dengan cara membuat model 3D dengan melapiskan lapisan material yang berurutan. Model-model ini dapat dibuat melalui printer 3D yang berkisar dari berbagai ukuran dan tujuan. Printer mengumpulkan perintah dari program Computer Aided Design (CAD) untuk membuat model.



Gambar 5.15 Contoh gambar 3D Printing

Sumber : <https://www.aospacefactory.com/ai-spacefactory-technology>

Dalam konteks Arsitektur, 3D printing masih dalam tahap awal tetapi menunjukkan potensi. Saat ini, pencetakan 3D secara perlahan tapi pasti menjadi alat vital dalam keseluruhan desain dan proses konstruksi. Menggunakan teknologi 3D Printing ini untuk membuat bangunan memberikan dampak pada waktu, biaya, keamanan tenaga kerja, dan pasar ekonomi. Kami telah mengenal dua abad dalam Arsitektur, Pra Revolusi Industri; ketika bangunan lambat untuk dibangun tetapi unik dan dapat disesuaikan dan Revolusi Industri; ketika bangunan menjadi lebih cepat untuk dibangun karena produksi massal tetapi kehilangan keunikan dan kemampuan penyesuaiannya. Pencetakan 3D dapat memungkinkan kita menjembatani kesenjangan antara produksi massal dan kemampuan penyesuaian tersebut. (Mathur, 2015)

3D printing pada proyek ini bertujuan supaya beban yang dibawa oleh roket dari bumi tidak terlalu banyak, sehingga lebih menghemat bahan bakar yang diperlukan, dan 3D printing lebih fleksibel dalam memproduksi suatu produk.

Lalu untuk bentuk yang akan dicetak oleh 3D Printer ini adalah struktur Shell. Pada dasarnya shell diambil dari beberapa bentuk yang ada di alam seperti kulit telur, tempurung buah kelapa, cangkang kepiting, cangkang keong, dan sebagainya (Curt Siegel).



Gambar 5.16 Contoh Struktur Shell

Sumber : <https://www.aospacefactory.com/ai-spacefactory-technology>

Menurut (Joedicke, 1963 ; Haryanto, 2005 : 2) struktur shell adalah plat yang melengkung ke satu arah atau lebih yang tebalnya jauh lebih kecil daripada bentangnya. Sedangkan menurut (Schodecik, 1998 ; Haryanto, 2005), shell atau cangkang adalah bentuk structural tiga dimensional yang kaku dan tipis yang mempunyai permukaan lengkung. Sejalan dengan pengertian di atas, menurut Ishar, 1995 ; Haryanto, 2005 : 2), cangkang atau shell bersifat tipis dan lengkung. Jadi, struktur yang tipis datar atau lengkung tebal tidak dapat dikatakan sebagai shell. Istilah cangkang oleh (Salvadori dan Levy, 1986 ; Haryanto, 2005 : 2) disebut kulit kerang. Sebuah kulit kerang tipis merupakan suatu membrane melengkung yang cukup tipis untuk mengerahkan tegangan-tegangan lentur yang dapat diabaikan pada sebagian besar permukaannya, akan tetapi cukup tebal sehingga tidak akan menekuk di bawah tegangan tekan kecil, seperti yang akan terjadi pada suatu membrane ideal. Di bawah beban, suatu kulit kerang tipis adalah stabil di setiap beban lembut yang tidak menegangkan pelat secara berlebihan, karena kulit kerang tidak perlu merubah bentuk untuk menghindari timbulnya tegangan-tegangan tekan. (Haryanto, 2005)

5.5 Bentuk Bangunan

5.5.1 *Pressure Vessel*

Menurut ASME Boiler dan Pressure Vessel Code (BPVC), Code Section VIII, Pressure Vessel adalah wadah untuk penahanan tekanan, baik dari internal maupun eksternal. Tekanan ini dapat diperoleh dari sumber eksternal atau dengan cara aplikasi

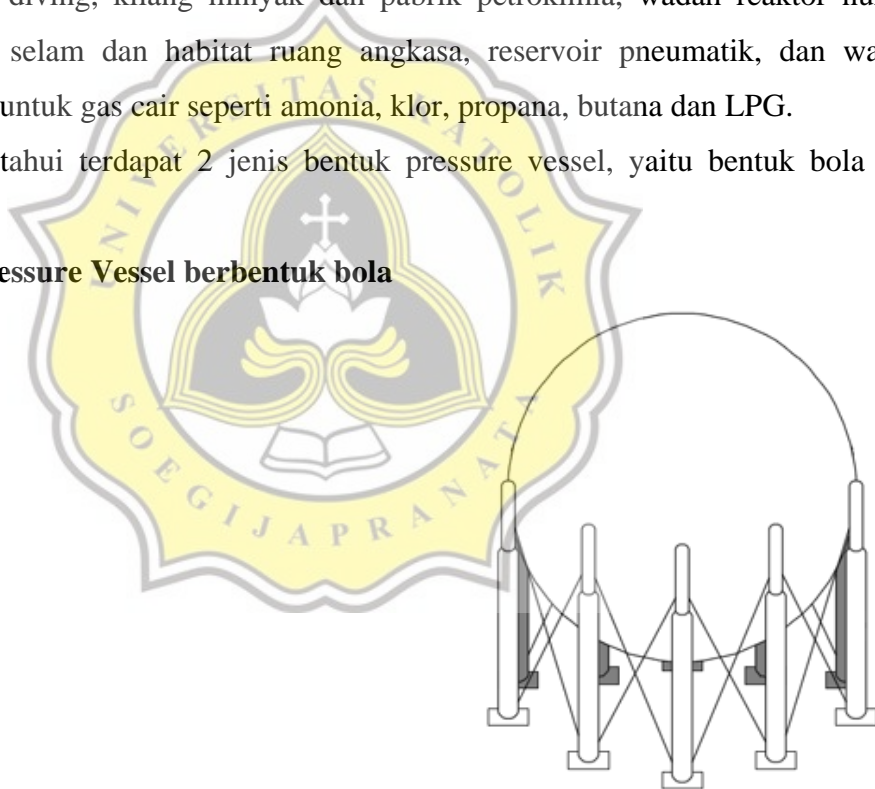
panas dari sumber langsung atau tidak langsung sebagai hasil dari suatu proses, atau kombinasi lainnya.

Pressure Vessel secara teoritis bisa memiliki semua bentuk, tetapi bentuk yang biasa digunakan adalah bentuk yang terbuat dari bentuk bola, silinder, dan kerucut. Desain umum dari Pressure Vessel ini adalah silinder dengan penutup ujung yang disebut kepala. Bentuk kepala sering berbentuk hemispherical atau dished (torispherical). Bentuk yang lebih rumit secara historis jauh lebih sulit untuk dianalisis untuk operasi yang aman dan biasanya jauh lebih sulit untuk dibangun.

Pressure vessel digunakan dalam berbagai aplikasi di industri dan sektor swasta. Mereka muncul di sektor-sektor ini sebagai penerima udara bertekanan tingkat industri dan tangki penyimpanan air panas domestik. Contoh lain dari pressure vessel adalah tabung untuk diving, kilang minyak dan pabrik petrokimia, wadah reaktor nuklir, habitat kapal selam dan habitat ruang angkasa, reservoir pneumatik, dan wadah penyimpanan untuk gas cair seperti amonia, klor, propana, butana dan LPG.

Telah diketahui terdapat 2 jenis bentuk pressure vessel, yaitu bentuk bola dan silinder/

a. **Pressure Vessel berbentuk bola**

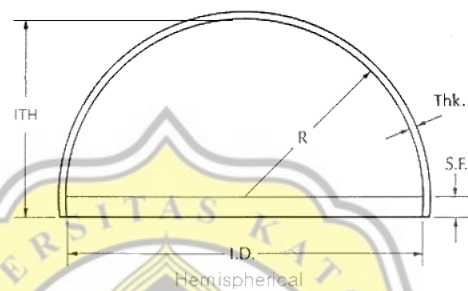
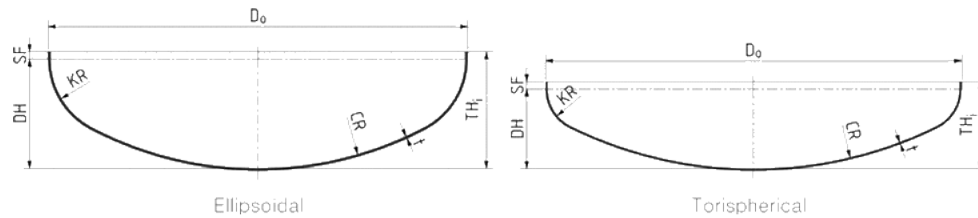


*Gambar 5.17 Bentuk Pressure Vessel Bola
Sumber : Wermac.org*

Jenis pressure vessel ini lebih disukai untuk penyimpanan cairan tekanan tinggi. Bola adalah struktur yang sangat kuat. Distribusi tegangan yang merata pada permukaan bola, baik secara internal maupun eksternal, secara umum berarti bahwa tidak ada titik lemah. Namun bola, jauh lebih mahal untuk diproduksi daripada bentuk silinder.

Keuntungan dari pressure vessel berbentuk bola adalah memiliki luas permukaan yang lebih kecil per satuan volume daripada bentuk kapal lainnya. Ini berarti, bahwa insulasi pada pressure vessel ini, akan lebih kecil dari dari pressure vessel berbentuk silinder atau persegi panjang.

b. Pressure Vessel berbentuk Silinder



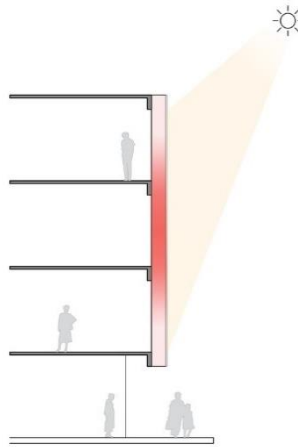
Gambar 5.18 Bentuk Pressure Vessel Silinder
Sumber : Wermac.org

Bentuk silinder banyak digunakan sebagai wadah karena lebih murah untuk diproduksi daripada bentuk bola. Namun, silinder tidak sekuat bola karena terdapat titik lemah di setiap ujungnya.

Kelemahan ini dapat dikurangi dengan ujung hemispherical atau bulat. Jika tekanan dan kapasitas pada bentuk silinder disamakan dengan bentuk bola, maka bentuk silinder akan memerlukan material yang lebih tebal daripada bentuk bola. (Solken, 2008)

5.6 Teori Insulasi Bangunan

5.6.1 *Double Skin Façade*



Gambar 5.19 Contoh Prinsip DSF

Sumber : (Souza, 2019)

Double Skin Façade, atau DSF, adalah konstruksi selubung bangunan yang terdiri dari dua "kulit" transparan yang dipisahkan oleh koridor udara. DSF adalah bentuk fasad aktif, karena menggunakan peralatan, seperti kipas atau sensor panas / matahari. Ini juga mengintegrasikan strategi desain pasif, seperti ventilasi alami, pencahayaan alami, dan energi matahari. DSF adalah hibrida dari keduanya karena menggunakan beberapa energi mekanik selain sumber daya alam dan terbarukan.

Sistem DSF terdiri dari tiga komponen: dinding eksterior, rongga berventilasi, dan dinding interior. Dinding eksterior memberikan perlindungan terhadap cuaca. Biasanya satu lapisan kaca pengaman yang diperkuat panas atau kaca pengaman berlapis, seperti di Aurora Place di Sydney. Untuk transparansi, kaca reflektif tinggi juga dapat digunakan.

Dinding bagian dalam sistem DSF adalah kaca panel tunggal atau ganda isolasi termal. Di sini, pelapis beremisi rendah dapat digunakan untuk mengurangi perolehan panas radiasi. Lapisan ini mungkin memiliki tingkap yang dapat dioperasikan atau jendela hopper, atau bahkan pintu kaca geser.

Rongga adalah ruang penyangga yang tidak terbagi atau terbagi. Ini berkisar dari lima hingga 50 inci lebarnya. The Loyola Information Commons di Chicago, misalnya, memiliki ruang rongga tiga kaki. Beberapa rongga DSF memiliki lantai logam atau kisi-

kisi di setiap tingkat, yang memungkinkan akses untuk pemeliharaan, pembersihan, atau bahkan pelarian api.

Rongga melindungi bangunan terhadap angin, suara, dan suhu. Ini menarik udara luar dan menggunakannya untuk ventilasi ruang interior yang terkontrol. Ventilasi rongga bisa alami, mekanis, bantuan kipas, atau otomatis oleh sistem komputer. (Poursani,

5.6.2 Aerogell



Gambar 5.20 Contoh Aerogell

Sumber : Woods, 2011

Mirip dalam struktur kimia dengan kaca, aerogel memiliki gas atau udara di pori-porinya, bukan cairan. Dikembangkan di Amerika Serikat hampir 80 tahun yang lalu oleh seorang pria bernama Samuel Stephens Kistler, aerogel adalah bahan bersel terbuka yang biasanya terdiri dari lebih dari 95 persen udara. Dengan pori-pori individu kurang dari $1 / 10.000$ diameter rambut manusia, atau hanya beberapa nanometer, sifat dari aerogel ini adalah memberikan konduktivitas termal terendah dari benda padat lainnya yang diketahui.

Aerogel memberikan insulasi yang sangat efektif, karena sangat berpori dan pori-pori berada dalam kisaran nanometer. Pori-pori nano ini tidak terlihat oleh mata manusia. Keberadaan pori-pori ini membuat aerogel sangat mahir dalam mengisolasi suhu. Akan tetapi struktur dari aerogel sendiri sangat rapuh. Oleh karena itu NASA menciptakan metode menciptakan aerogel yang diperkuat oleh polimer.

Metode ini mengubah permukaan gel karena bereaksi dengan polimer. Hasilnya adalah permukaan bagian dalam aerogel mendapat lapisan tipis polimer, yang sangat memperkuat aerogel tersebut. Aerogel berbasis polimer ini berpori 85-95%, yang

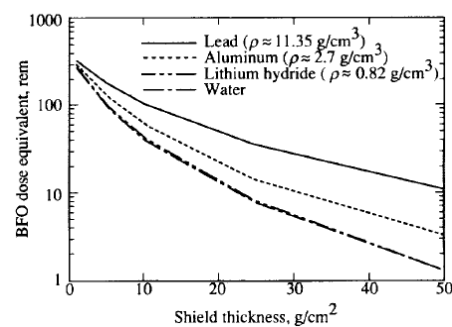
berarti menawarkan aerogel tradisional yang sama. Bobotnya sama ringannya, dan memiliki sifat konduktivitas termal yang sama dengan aerogel berbasis silika. Tetapi aerogel ini menawarkan fleksibilitas yang belum pernah terjadi sebelumnya, bersama dengan daya tahan dan kekuatannya, dan kemampuan untuk dibuat menjadi film tipis. (Woods, 2011)

5.7 Perlindungan Radiasi Matahari

Kondisi atmosfer planet Mars yang tidak memiliki magnetosfer menjadi salah satu kendala utama dalam kolonisasi planet Mars. Hal itu dikarenakan dengan tidak adanya magnetosfer, maka planet Mars tidak memiliki perlindungan terhadap sinar radiasi matahari. Radiasi ini akan berbahaya jika manusia terpapar radiasi ini dalam kurun waktu yang lama. Oleh karena itu bangunan *base camp* memerlukan perlindungan yang memadai dari radiasi matahari.

Dalam percobaan untuk menentukan batas radiasi yang dapat diterima oleh manusia, maka faktor penentu dari efek radiasi terhadap seluruh tubuh manusia ditentukan oleh dosis *Blood Forming Organ* (BFO), dimana BFO ini merupakan faktor yang menentukan berapa tinggi efek karsinogen yang akan disebabkan oleh radiasi pada tubuh manusia.

Dalam jurnal "*Radiation Effects and Shielding Requirements in Human Missions to the Moon and Mars*" disebutkan bahwa efektivitas dari bahan pelindung radiasi ditandai dengan pergerakan partikel-partikel energik di dalam pelindung, yang didefinisikan oleh interaksi partikel-partikel lingkungan lokal (dan dalam kebanyakan kasus, partikel sekundernya) dengan atom-atom penyusun dan inti dari bahan pelindung. (Rapp, 2006)

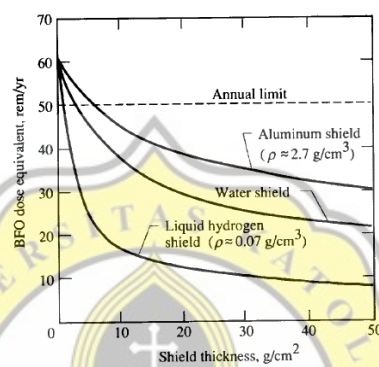


Gambar 5.21 Grafik efektifitas material terhadap radiasi

Sumber : Simonsen, 1991

Pada percobaan material yang akan digunakan untuk menahan radiasi matahari, air dan lithium hidrida memiliki efektifitas pelindung yang hampir sama. Hal yang sama juga terjadi pada material yang memiliki massa atom yang rendah dan memiliki kandungan hydrogen yang tinggi. Maka dapat disimpulkan semakin kecil massa atom material yang digunakan sebagai pelindung, maka semakin kecil efeknya terhadap dosis radiasi terhadap BFO.

Hal ini diperjelas lagi dengan percobaan yang dilakukan dengan menguji material air, aluminium, dan hydrogen cair, dimana hydrogen cair memiliki keunggulan sebagai material pelindung. (Simonsen, 1991, hlm 8)



Gambar 5.22 Grafik efek radiasi terhadap ketebalan material

Sumber : Simonsen, 1991

Simonsen (1997) membahas bahan pelindung di beberapa pembahasannya. Aluminium dan regolit bulan dipilih untuk dilakukan penelitian karena material tersebut dapat memberikan pelindung yang memadai di permukaan bulan. Bahan yang memiliki kandungan hidrogen tinggi juga dipilih karena zat tersebut dikenal paling efektif untuk perisai partikel bermuatan energi tinggi berdasarkan massa per unit. (Rapp, 2006)

Berdasarkan dari hasil jurnal yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa material yang efektif untuk digunakan sebagai pelindung radiasi pada bangunan *base camp* ini adalah aluminium, batu regolith, air, dan hidrogen cair.