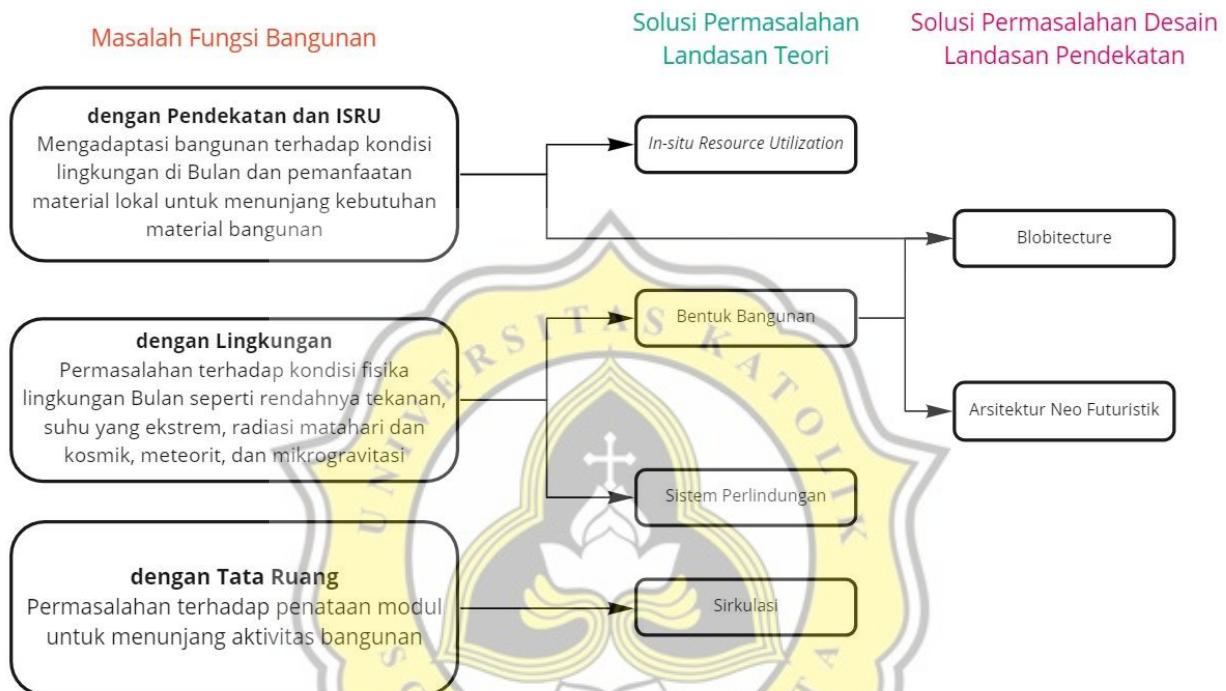


BAB 5

LANDASAN TEORI

Berdasarkan pernyataan masalah yang telah ditentukan pada BAB 4, dapat dikategorikan beberapa solusi permasalahan yang menjadi landasan teori pada bagian diantaranya:

Diagram 20 Kajian Landasan Teori
Sumber: Analisa Pribadi



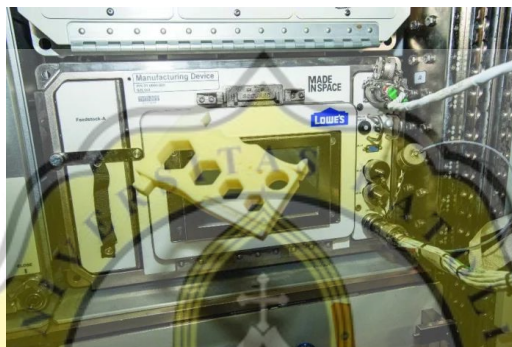
5.1 Landasan Teori In-situ Resource Utilization di Bulan

Menurut Sander (dalam Garduño, 2019) menyatakan bahwa salah satu batasan terbesar dalam desain adalah massa, tidak hanya karena memengaruhi jumlah energi yang dibutuhkan oleh pesawat ruang angkasa bergerak untuk mengangkat bahan dalam sebuah misi, tetapi juga karena hal itu membatasi jumlah peralatan penelitian yang menyertainya. Sehingga solusi untuk keterbatasan bahan dan juga material baik untuk pembangunan dan juga riset para peneliti dapat digantikan menggunakan pemanfaatan material lokal setempat/*in-situ resource utilization* (ISRU) yang berasal dari material utama di Bulan yaitu *regolith*, dengan konsep ISRU membuat biaya misi dapat dikurangi dan juga permukiman permanen di permukaan Bulan dapat lebih aman (Garduño, 2019).

Terdapat beberapa hal yang menjadi dasar pemanfaatan material lokal setempat seperti (Garduño, 2019):

- Memproduksi bahan habis pakai,

Pemanfaatan ISRU berguna dalam memproduksi berbagai peralatan, dengan adanya *additive manufacturing facility* baik berupa 3D print maupun sejenisnya, membuat pengolahan pencetakan peralatan dengan material-material yang baru mudah dibuat termasuk pada lokasi yang tidak menyediakan material siap pakai. Dengan adanya *additive manufacturing facility* membuat kebutuhan akan peralatan yang dikirim semakin berkurang karena pembuatan atau pencetakan peralatan secara langsung baik menggunakan material polimer atau plastik yang dikirim dari Bumi dan juga dapat menggunakan material lokal di Bulan seperti besi dan elemen lain yang terkandung di dalam *regolith* (Hurley, 2020).



Gambar 52 Manufacturing Device di International Space Station
Sumber: (Hurley, 2020)

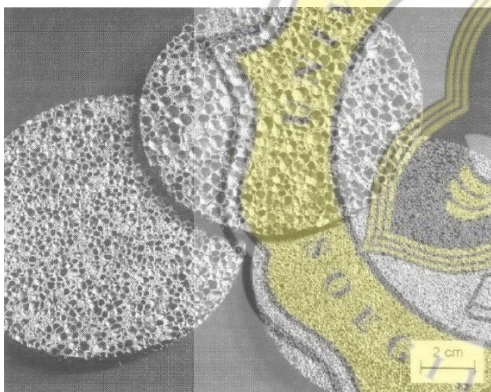
- Konstruksi,

Berdasarkan pemanfaatan ISRU dalam pembentukan pelingkup pelindung bangunan yang dikonsepsikan oleh *Foster and Partner* (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015) pada karyanya yaitu *International Habitat*, menggunakan material lokal setempat untuk menciptakan sebuah bentuk struktur untuk berlindung, struktur tersebut digunakan sebagai gaya tekan pada bangunan dan juga dapat memberikan perlindungan dari luar akibat dari faktor-faktor fisika lingkungan seperti radiasi, anomali suhu, dan juga akibat dari benturan meteorit. Dengan memanfaatkan teknologi dari *additive manufacturing* juga dapat membuat pembentukan massa dari pelingkup yang berbahan dasar dari material lokal yang sebagian besar merupakan *regolith*. Seperti yang dikembangkan oleh perusahaan pencetakan 3D dari Enrico Dini yang dapat memanfaatkan butiran halus (5 mm) yang kemudian ditambahkan pengikat anorganik untuk perekat butiran halus atau *regolith*.

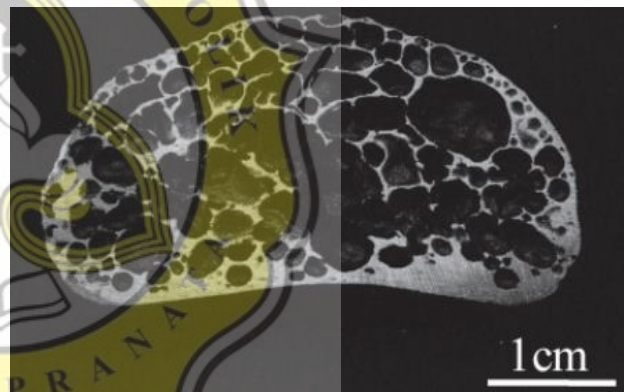


Gambar 53 Proses Pencetakan Lapisan Pelindung dengan Regolith
 Sumber: (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015)

Pada dasarnya kandungan material atau unsur yang terdapat di dalam debu Bulan atau *Regolith* memiliki beberapa unsur termasuk aluminium (Al) sebesar 7% menurut Andrea Albat (dalam Cunis, et al., 2014). Pemanfaatan aluminium yang terkandung dalam *regolith* dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan material busa aluminium atau *Aluminium Foam*, yaitu merupakan sebuah material yang terbuat dari aluminium cair dan kemudian diberi udara untuk menciptakan sebuah bentuk padatan aluminium (Simančik, Jerz, Kováčik, & Minár, 1997).



Gambar 54 Aluminium Foam dari AlSi₁₂
 Sumber: (Simančik, Jerz, Kováčik, & Minár, 1997)



Gambar 55 Potongan Aluminium Foam
 Sumber: (Lázaro, et al., 2014)

Busa aluminium sendiri memiliki karakteristik diantaranya dapat tahan terhadap suhu hingga 565° C, tidak mudah terbakar pada suhu tinggi, memiliki massa yang ringan akan tetapi struktur material sangat kuat, dapat merubah elektromagnetik menjadi panas, dapat dijadikan sebagai struktur apung yang tahan suhu dan tekanan, peredam suara yang baik, dapat digunakan sebagai penyerap energi disekitar (Simančik, Jerz, Kováčik, & Minár, 1997) (Lázaro, et al., 2014).

- Memproduksi dan mengatur energi

Kandungan dari material lokal yang ada di Bulan memiliki beberapa elemen atau unsur yang sangat berguna untuk kebutuhan operasional energi baik pada bangunan maupun pada kendaraan di Bulan. Terdapat kandungan air yang ada di

dalam *regolith*, kandungan air tersebut dapat diekstraksi menjadi dua unsur oksigen dan juga hidrogen, secara penuh kandungan oksigen dalam *regolith* sendiri memiliki presentase hingga 40% dari total keseluruhan unsur lain (Cunis, et al., 2014), oksigen dapat digunakan sebagai penyambung *environmental control and life support system* untuk operasional pasokan oksigen para kru di dalam bangunan. Selain itu penggunaan unsur hidrogen dapat dijadikan sebagai bahan bakar operasional kendaraan dan juga roket untuk kembali.

Sehingga konsep untuk pemanfaatan material lokal setempat atau *in-situ resource utilization* (ISRU) dapat dikembangkan dalam misi penelitian dan menghuni di Bulan secara keberlangsungan dan juga permanen (Garduño, 2019).

5.2 Landasan Teori Bentuk Bangunan

Bentuk bangunan dari *lunar exploration base* memiliki pertimbangan dari masalah-masalah yang ada di lokasi, terdapat dua pendekatan desain yang digunakan untuk dipadukan menjadi sebuah desain yang dapat aman dari beberapa masalah fisika lingkungan di permukaan Bulan diantaranya:

5.2.1 Teori Desain Blobitecture

Perkembangan desain arsitektur dari gerakan post modern (tahun 1960-an) seperti kontekstualisme, arsitektur partisipatif, dan regionalisme kritis yang dipengaruhi oleh perkembangan teknologi termasuk di bidang komputer sehingga memunculkan aliran baru seperti *floding*, *biomorphic design* dan *blob architecture* (*blobitecture*) (Tunas & Rate, 2012).

Blobitecture dicirikan sebagai bentuk yang halus dan lembut yang dihubungkan menjadi satu massa dengan fasad yang non-geometris (Krajobrazu, Przez, Naturalnych, & Kazantseva, 2015). Konsep desain seperti yang digunakan oleh Greg Lynn dalam membuat *Chicago Cloud Gate* yang menerapkan *blobitecture* dengan mengartikan sebuah bentuk bangunan sebagai suatu yang lembut dan bulat seperti gumpalan zat hidup, struktur yang berkembang secara mandiri dari sebuah hunian yang primitif menjadi beradaptasi dengan kondisi lingkungan (Krajobrazu, Przez, Naturalnych, & Kazantseva, 2015).



Gambar 56 Chicago Cloud Gate

Sumber: (Krajobrazu, Przez, Naturalnych, & Kazantseva, 2015)

Karakteristik dari gaya arsitektur *blobitecture* antara lain (Tunas & Rate, 2012):

- Memiliki bentuk yang dinamis dimana eksplorasi bentuk yang tidak terbatas,
- Mengandalkan bentuk lengkung atau kurva,
- Bentuk dasar bangunan tidak menjadi rujukan penciptaan geometri bentuk yang dibutuhkan, oleh karena itu memiliki bentuk yang kompleks, tetapi lebih realistis dan tidak kaku secara estetika terhadap bangunan,
- Masih mengikuti pendekatan struktur yang mencirikan bentukan alam seperti biomorfik,
- Penggunaan pelingkup material yang dianggap terlihat dinamis pada fasad seperti kaca, logam dan bahan untuk *frame* struktur.

Penggunaan konsep desain *blobitecture* pada bangunan pertama kali dibuat Lars Spuybroek (NOX) dan Kas Oosterhuis yaitu bangunan *Water Pavilion* di Eindhoven Belanda. Bangunan ini di desain dengan alat bantu aplikasi komputer (*Computer Aided Design/CAD*) dalam membentuk bentukan melengkung (Tunas & Rate, 2012).

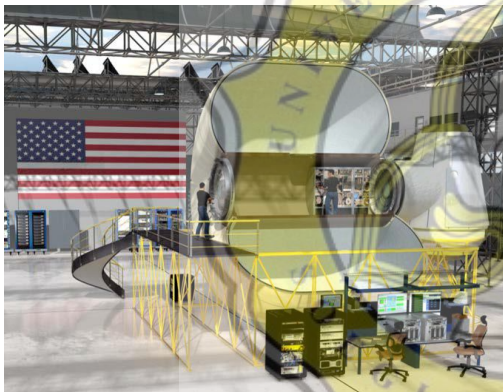


Gambar 57 Water Pavilion Eindhoven Belanda

Sumber: [Water Pavilion - Edwin van der Heide \(evdh.net\)](http://WaterPavilion-EdwinvanderHeide(evdh.net))

Pada perancangan bangunan diluar Bumi termasuk di ruang angkasa dan Bulan, konsep *blobitecture* telah dijadikan sebuah bentuk dasar sebagai struktur tiup dimana struktur tersebut memiliki ukuran yang ringan, dapat membesar dari ukuran saat tidak diberikan tekanan udara di dalamnya dan memudahkan untuk dikirim, akan tetapi struktur tiup saja tidak dapat menjadi solusi untuk infrastruktur yang permanen, sehingga membutuhkan bahan tambahan untuk perlindungan pada struktur tersebut (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015).

Terdapat beberapa perencanaan infrastruktur yang menggunakan konsep struktur tiup di ruang angkasa seperti *Habitat Sierra Nevada Large Inflatable Fabric Environment (LIFE)* yang di buat oleh perusahaan Sierra Nevada, modul Sierra direncanakan untuk digunakan sebagai modul fungsi pada *Lunar Gateway*. Secara khusus, manfaat dari *inflatables* sendiri ialah konfigurasi yang dapat memberikan volume hidup yang jauh lebih besar daripada struktur kaku sebelum diberikan tekanan di dalam yang memudahkan saat pengiriman atau peluncuran (Smitherman & Schnell, 2020).

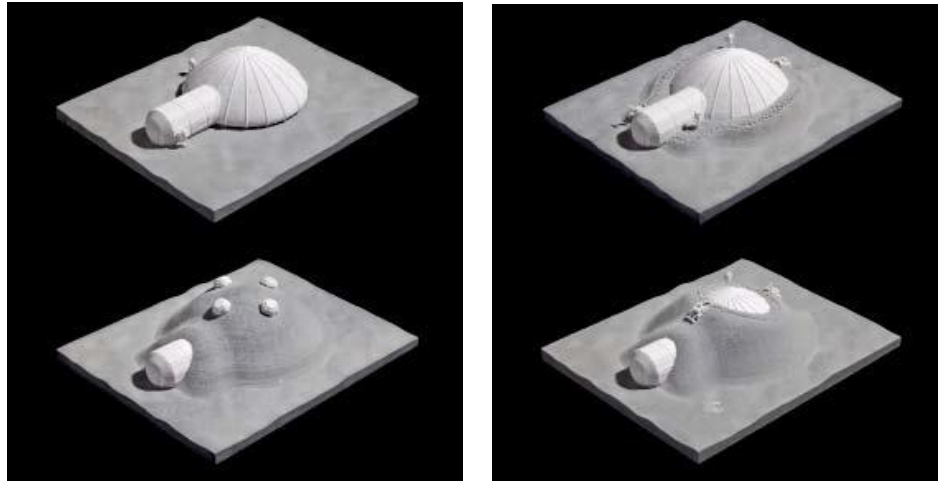


Gambar 58 Modul Sierra Nevada
Sumber: (Valania, 2017)



Gambar 59 Prototipe Lunar Gateway Sierra Nevada
Sumber: (Pearlman, 2019)

Selain penggunaan konsep *blobitecture* pada infrastruktur ruang angkasa, terdapat penggunaan konsep tersebut pada perencanaan infrastruktur hunian di permukaan Bulan seperti pada kasus yang telah dibuat oleh *Foster and Partners* yaitu *International Habitat (IHab)*. Penggunaan konsep desain *blob* sebagai bentuk dari tiup dan kemudian diberikan tambahan perlindungan pada permukaan dari bangunan agar melindungi struktur tiup dan juga memberi gaya tekan pada struktur (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015).



Gambar 60 Blobitecture untuk Perancangan International Habitat
 Sumber: (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015)

5.2.2 Teori Desain Arsitektur Neo Futuristik

Berasal dari gerakan seni modern pertama ‘futurisme’ yang muncul pada abad ke-20 di Italia menurut Gradini (dalam Asim & Shree, 2018). Berdasarkan pernyataan dari Linardi dan McGarrigle (dalam Asim & Shree, 2018) Gagasan dari futurisme adalah mengabaikan sejarah atau penggunaan bentuk-bentuk tradisional dan memunculkan ideologi dan struktur baru yang mengadopsi dari dorongan revolusioner tentang penggunaan teknologi yang dapat menghidupkan kembali dan memperkuat budaya yang baru.

Menurut Haines dan Chiara dkk (dalam Safitri, Musani, & Moerni, 2017) menyebutkan bahwa kriteria bangunan yang memiliki konsep futuristik adalah bangunan selalu dapat melayani perubahan dalam pelaksanaan kegiatan, disini perlu diperhatikan peralatan yang mendukung proses kegiatan, dan kemungkinan penambahan atau pergantian bangunan tanpa mempengaruhi bangunan eksisting melalui perencanaan yang matang.

Seiring perkembangan waktu terdapat perubahan konsep gaya arsitektural futuristik pada tahun 1966 yang dinamakan Neo Futuristik oleh Denis Laming seorang Arsitek dari Prancis, dengan desain rancangannya *Futuroscope* (Asim & Shree, 2018). *Futuroscope* merupakan sebuah taman hiburan yang berfokus pada media, film, dan teknologi. Bangunan memiliki pelingkup kaca dan juga baja, bangunan didasarkan pada patung raksasa dengan menampilkan rasa kesia-siaan yang liar (Housberg, 2012).



Gambar 61 Futuroscope
Sumber: (Housberg, 2012)

Neo futuristik juga disebut sebagai Post modern futurisme, signifikansi dari neo futurisme dalam arsitektur seperti gaya didasarkan pada presisi untuk memperkuat tingkat fleksibilitas dan kecerobohan maksimal di dalam material terutama pada tampilan fasad yang berlapis kaca, konstruksi aluminium ringan dan penyangga baja struktural untuk meningkatkan kinerja dan tahan lama, bangunan futuristik bisa disebut futuristik asalkan di perbarui secara berkala dengan teknologi terbaru dan menyesuaikan kebutuhan, dan Arsitek menghadirkan kesan abstrak dan dekoratif dalam desain (Asim & Shree, 2018).

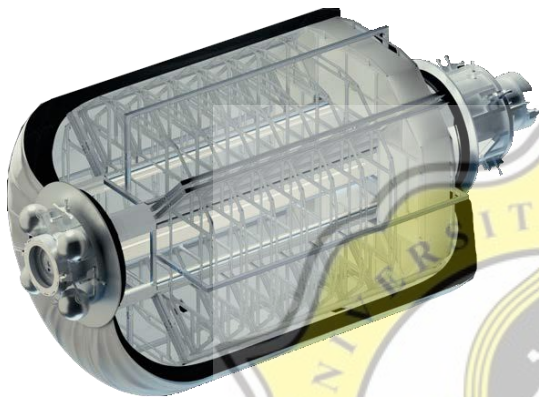
Karakteristik dari gaya arsitektur Neo Futuristik antara lain (Safitri, Musani, & Moerni, 2017):

- Gaya yang universal dan beragam,
- Berupa bentuk desain khayalan atau utopis yang idealis,
- Bentuk yang fungsional atau mengikuti fungsi bangunan,
- Bentuk organik,
- Tidak memiliki ornamen karena dianggap sebagai hal yang tidak efisien,
- Penggunaan material yang dapat mencerminkan sebuah keindahan struktur terutama pada fasad seperti kaca dan logam.
- Diperbarui secara berkala akibat dari perkembangan teknologi.

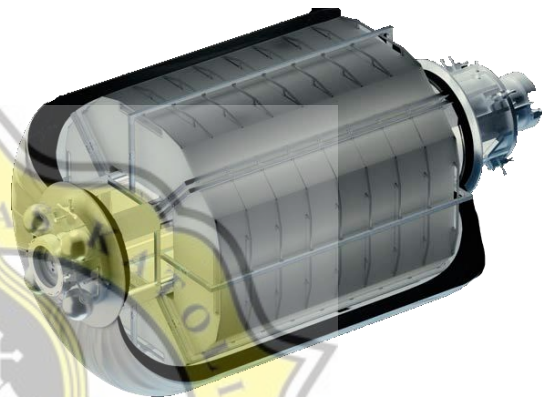
Seiring perkembangan teknologi dan juga material dalam dunia arsitektur, memudahkan penciptaan pembangunan dari gaya neo futuristik, perkembangan ini menjadi sebuah tuntutan modernisme untuk terus berkembang dengan tujuan melakukan efisiensi terhadap material dan juga kebutuhan yang lebih baru. Terutama dalam merancang sebuah bangunan yang berada diluar angkasa termasuk di Bulan, penggunaan konsep neo futuristik dapat dijadikan sebuah konsep desain yang mengimplementasikan sebuah teknologi dan juga material baru sebagai kebaruan dalam desain.

5.3 Landasan Teori Sistem Perlindungan

Perencanaan sebuah modul infrastruktur hunian di ruang angkasa untuk menggunakan sebuah sistem struktur atau modul tiup telah direncanakan sejak lama oleh agensi kedirgantaraan internasional seperti NASA dan ESA, akan tetapi menggunakan struktur tiup memiliki tantangan yang terjadi pada ruang angkasa seperti mikrometeorid, *regolith*, dan juga radiasi kosmik. Untuk menjaga kekakuan struktural pada modul tiup direncanakan untuk dibungkus atau diberi sistem perlindungan yang tetap seperti menggunakan balok atau kolom pengaku pada *random access frame* (RAF) (Netti, 2019). Akan tetapi untuk perlindungan dari sisi luar hanya mengandalkan lapisan kain nomex yang tahan tahan api dan serat vektran yang dipadukan dengan lapisan kevlar.



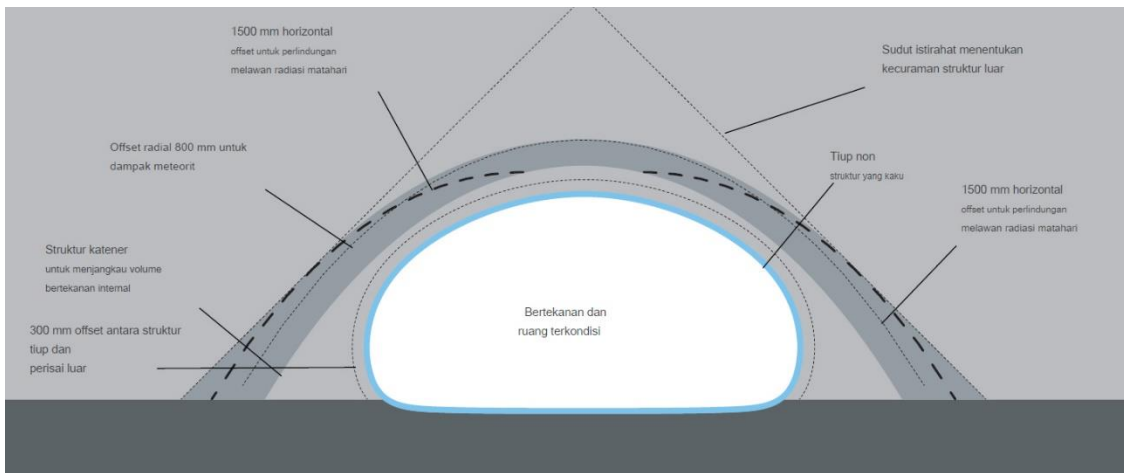
Gambar 62 Konfigurasi Balok dan Tiang Pengaku
Sumber: (Netti, 2019)



Gambar 63 Penutupan dengan RAF
Sumber: (Netti, 2019)

5.3.1 Sistem Perlindungan Masif

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan pada TransHab oleh Bigelow dan juga *International Habitat* oleh *Foster and Partner* yang menggunakan sebuah struktur tiup untuk perencanaan bangunan di ruang angkasa atau pada tempat yang memiliki tekanan atmosfer rendah atau hampir tidak ada. Sistem struktur tiup sendiri menggunakan material yang kuat pada tekanan udara yang tinggi dan juga dapat menerima gaya tekan dari luar permukaannya. Menurut Rycroft dan Carrier (dalam Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguan, 2015) terdapat solusi untuk menciptakan sebuah perlindungan masif pada *lunar base*, yaitu dengan menggunakan material yang ada disana seperti *regolith*, karena material tersebut berlimpah sehingga dapat membuat lapisan dengan ketebalan yang bervariasi antara 20 cm hingga 10 m. Dengan memanfaatkan konsep dari *in-situ resource utilization/ISRU* (BAB 5.1) menjadikan pembuatan pelindung masif pada *lunar base* dapat menjadi hal yang berkelanjutan.

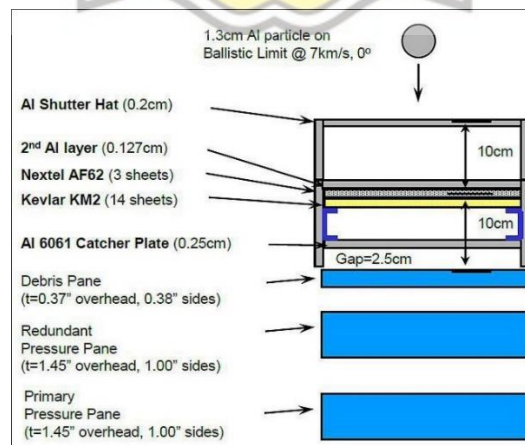


Gambar 64 Skema Perlindungan dengan Lapisan Regolith
 Sumber: (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015)

Pemanfaatan *regolith* sebagai pelindung masif pada *lunar base* memiliki keunggulan seperti perlindungan terhadap radiasi matahari, perlindungan dari dampak meteorit, dan juga sebagai pemberi gaya tekan pada struktur tiup *lunar base* dari efek mikrogravitasi di Bulan (Kestelier, Dini, Cesaretto, Colla, & Pambaguian, 2015).

5.3.2 Sistem Perlindungan pada Bukaannya

Kebutuhan akan pencahayaan terutama sinar ultraviolet langsung dari matahari untuk pertumbuhan dari tanaman yang diteliti dan di budidayakan pada *lunar base* menjadi sebuah hal yang penting, mengacu pada penggunaan sistem bukaan pada instalasi jendela cupola di *international space station*. Dengan menggunakan beberapa lapisan kaca dan logam untuk memberikan perlindungan baik untuk radiasi maupun dampak dari meteorit. Pada cupola menggunakan kaca borosilika yang memiliki beberapa lapisan susunan seperti pada gambar dibawah.



Gambar 65 Ilustrasi Lapisan Kaca Borosilika
 Sumber: directory.eportal.org

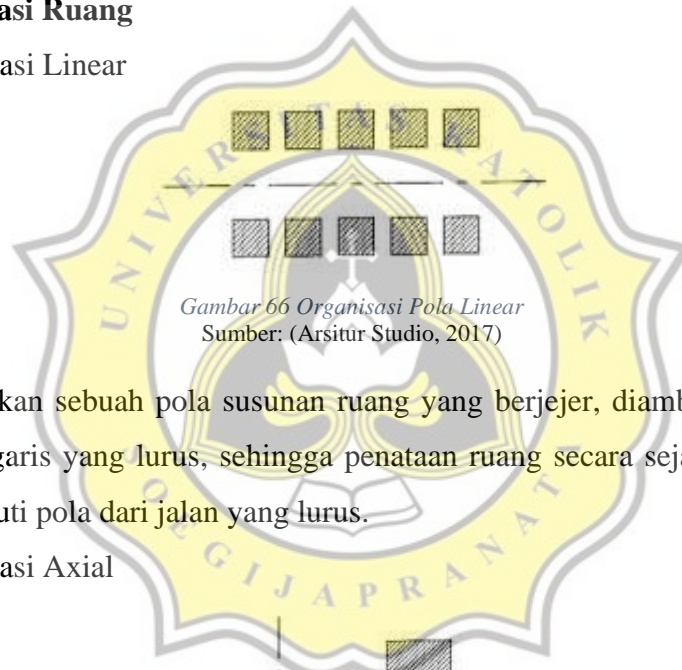
Kaca anti peluru (borosilika) memiliki keunggulan yaitu memiliki ketahanan dari benturan terutama akibat dari mikro-meteorit dan juga ketahanan terhadap suhu, pada kasus yang terjadi di ISS, tekanan pada kaca borosilika memiliki suhu antara 34° C hingga 44° C, selain itu pada desain cupola juga memiliki komponen-komponen yang dapat menstabilkan suhu pada permukaan kaca dengan memberikan pemanas jendela, pendingin air, dan juga menyuntikkan udara ke lapisan jendela cupola (Tentoni, Loddoni, Fortunato, & Martino, 2009).

5.4 Landasan Teori Sirkulasi

Dalam pembentukan sirkulasi ruang dibagi menjadi dua bagian, yaitu organisasi pola ruang dan juga hubungan ruang (Ching, 1996):

5.4.1 Organisasi Ruang

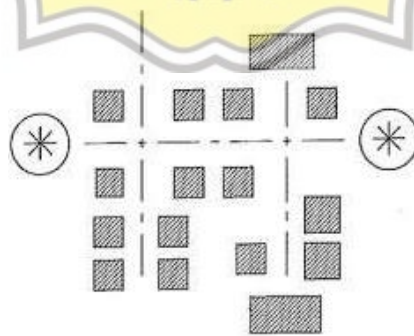
1. Organisasi Linear



Gambar 66 Organisasi Pola Linear
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

Merupakan sebuah pola susunan ruang yang berjejer, diambil dari kata linear yang berarti garis yang lurus, sehingga penataan ruang secara sejajar dan atau bercabang mengikuti pola dari jalan yang lurus.

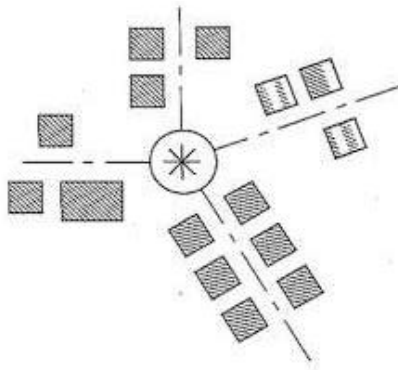
2. Organisasi Axial



Gambar 67 Organisasi Pola Axial
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

Merupakan sebuah organisasi pola ruang berdasarkan sebuah garis axis tertentu yang mengelompokkan ruang untuk dihubungkan menjadi sebuah pola, pola axial juga merupakan sebuah perkembangan dari pola linear

3. Organisasi Radial



Gambar 68 Organisasi Pola Radial
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

Merupakan tatanan organisasi ruang yang memiliki ruang pusat sebagai acuan dalam pengembangan penataan ruang ruang lain. Membutuhkan area yang luas untuk penyusunan tersebut akan tetapi hubungan antar ruang sangat dekat

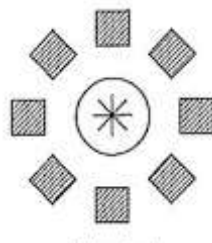
4. Organisasi Grid



Gambar 69 Organisasi Pola Grid
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

Merupakan pola organisasi ruang dengan didasarkan oleh beberapa faktor seperti penataan letak massa, posisi struktur, jalan dan lainnya. Konfigurasi ini dapat berkembang kesegala arah akan tetapi sejajar.

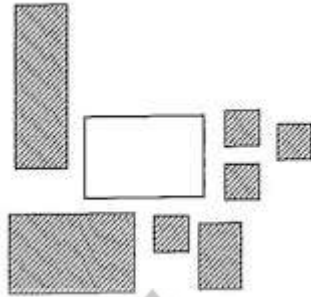
5. Organisasi Terpusat



Gambar 70 Organisasi Pola Terpusat
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

Merupakan organisasi dengan pengelompokan ruang berdasarkan hirarki dari ruang yang dibentuk, organisasi pola terpusat hampir mirip penataannya dengan pola radial, akan tetapi ruang yang dijadikan titik pusat dianggap sebagai ruang yang memiliki kedudukan yang tinggi.

6. Organisasi Cluster



Gambar 71 Organisasi Pola Cluster
Sumber: (Arsitur Studio, 2017)

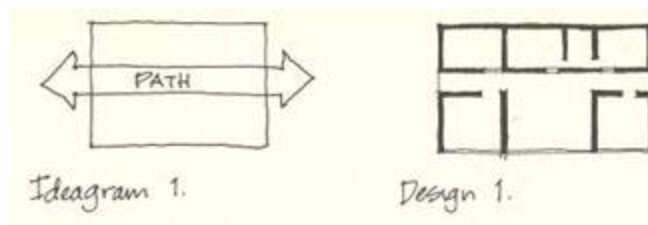
Merupakan pola organisasi ruang yang dikelompokkan berdasarkan kedekatan hubungan antar ruang dengan memanfaatkan satu ciri fisik baik bentuk, ukuran, atau fungsi dari ruang yang disusun.

5.4.2 Hubungan Ruang

Hubungan ruang merupakan sebuah korelasi antara ruang-ruang dengan kegiatan yang dilakukan oleh pengguna ruang tersebut. Terdapat beberapa jenis hubungan ruang diantaranya:

1. Hubungan ruang dengan ruang

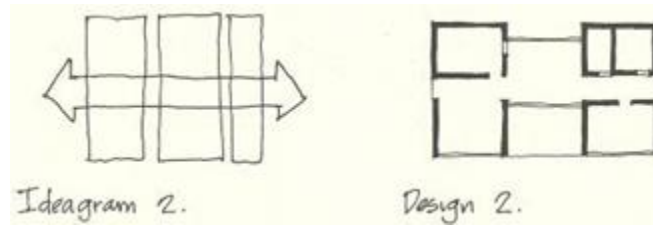
Dengan dihubungkan jalur atau jalan yang telah dibentuk yang menjadi satu kesatuan ruang.



Gambar 72 Hubungan Ruang dengan Ruang
Sumber: Gienna Setiawan

2. Hubungan ruang menembus ruang

Dengan menghasilkan sebuah pola ruang yang memiliki pergerakan di dalam ruang dan juga menciptakan pola istirahat.



Gambar 73 Hubungan Ruang Menembus Ruang
 Sumber: Gienna Setiawan

3. Hubungan ruang dalam ruang

Merupakan sebuah hubungan antara jalur dengan ruang yang dimanfaatkan untuk mencapai ruang yang fungsional dan simbiolis.



Gambar 74 Hubungan Ruang dalam Ruang
 Sumber: Gienna Setiawan

