

BAB III

TINJAUAN OBJEK: STUDI PRESEDEN KEHIDUPAN KOTA DAN PERMUKIMAN DAPAT BERFUNGSI DI LUAR BUMI

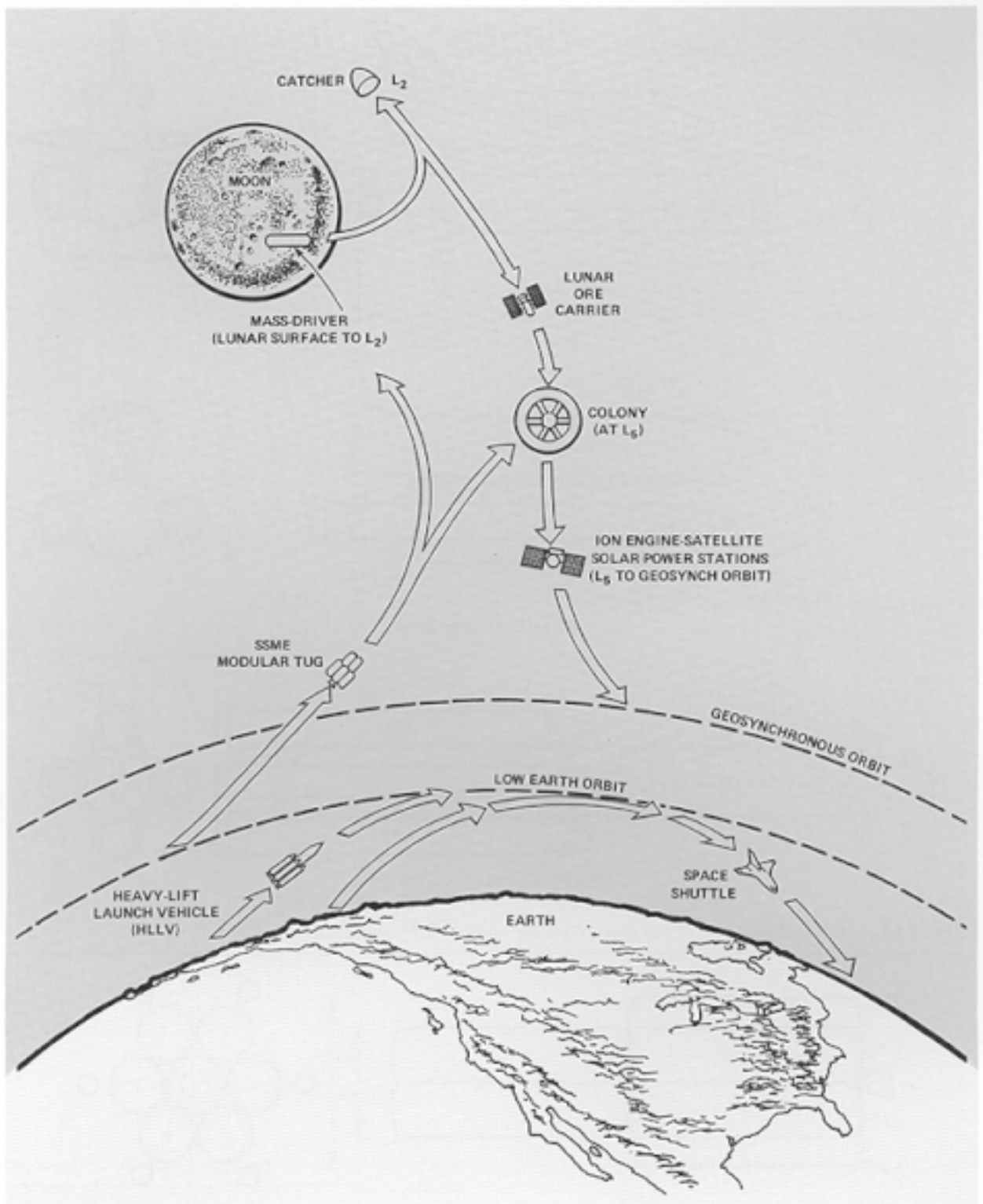
3.1 Pengantar Tinjauan Objek Studi Preseden

Tinjauan objek studi preseden dalam bab ini bertujuan untuk memahami bagaimana konsep kota dan permukiman manusia dapat dirancang agar berfungsi secara berkelanjutan di luar bumi. Studi preseden diposisikan sebagai sarana pembelajaran konseptual dan sistemik, bukan sebagai model bentuk yang ditiru secara langsung. Melalui preseden, dapat diidentifikasi prinsip-prinsip dasar mengenai struktur, gravitasi buatan, sistem kehidupan tertutup, serta organisasi ruang yang memungkinkan kehidupan manusia berlangsung dalam lingkungan kosmik.

Pemilihan preseden difokuskan pada gagasan permukiman berskala kota yang dirancang untuk jangka panjang dan mampu menopang kehidupan manusia secara mandiri. Oleh karena itu, preseden yang dikaji dalam bab ini adalah **Stanford Torus** dan **The High Frontier**, yang keduanya merupakan tonggak penting dalam wacana habitat kosmik dan kolonisasi ruang angkasa. Kedua preseden ini memberikan kerangka pemikiran mengenai hubungan antara arsitektur, teknologi, dan keberlangsungan peradaban manusia di luar bumi.

3.2 Stanford Torus

3.2.1 Latar Belakang dan Konsep Dasar

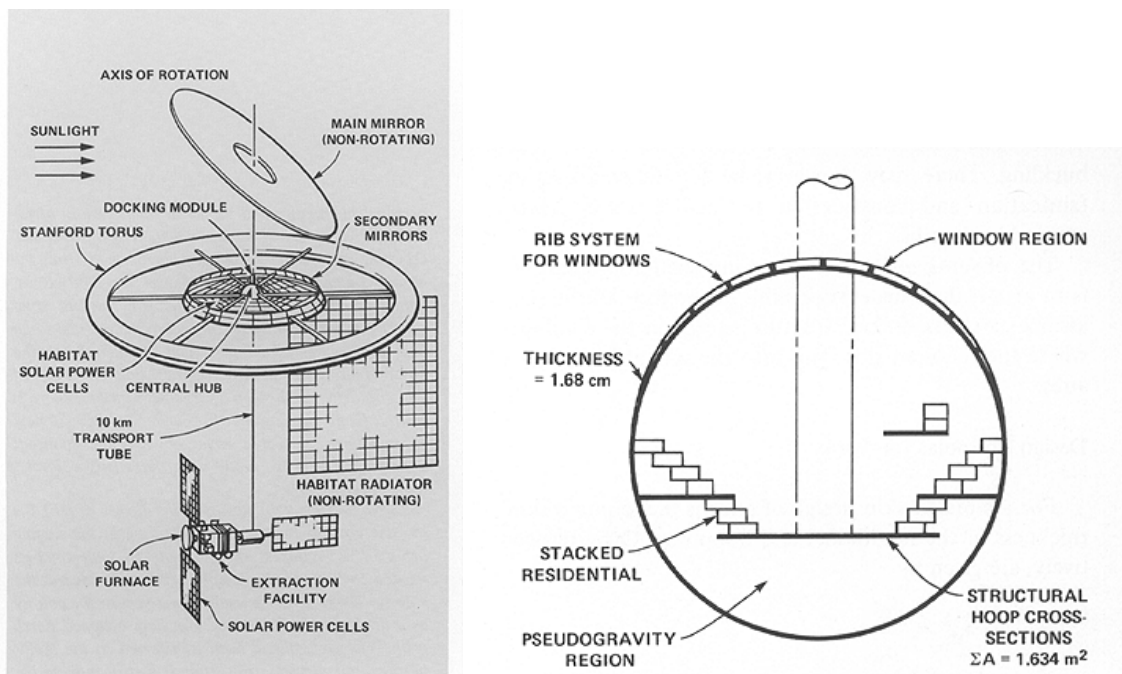


Gambar 3.1 *Transportation system for the torus construction*

Sumber :NASA, 1975

Stanford Torus merupakan konsep habitat luar angkasa yang dikembangkan oleh NASA pada tahun 1975 dalam laporan *Space Settlements: A Design Study*. Konsep ini muncul sebagai respons terhadap isu keterbatasan sumber daya bumi, pertumbuhan populasi, serta kemungkinan ekspansi peradaban manusia ke ruang angkasa. Stanford Torus dirancang sebagai permukiman permanen, bukan sekadar stasiun luar angkasa sementara. Tujuan utama dari perancangan Stanford Torus adalah menciptakan lingkungan hidup yang mendekati kondisi bumi, baik secara fisik maupun psikologis, sehingga manusia dapat tinggal dan beraktivitas dalam jangka panjang di luar planet asalnya.

3.2.2 Sistem Struktur dan Gravitasi Buatan



Gambar 3.2 *Stanford torus configuration*

Sumber :NASA, 1975

Secara struktural, Stanford Torus berbentuk cincin (torus) dengan diameter besar yang diputar untuk menghasilkan gravitasi buatan melalui gaya sentrifugal. Rotasi struktur ini dirancang sedemikian rupa sehingga gaya gravitasi yang dirasakan penghuni mendekati 1g, setara dengan gravitasi bumi.

Struktur torus dihubungkan dengan sebuah pusat (hub) melalui beberapa lengan

(*spokes*), yang berfungsi sebagai akses transportasi dan area dengan gravitasi rendah. Sistem ini memperlihatkan bahwa gravitasi tidak harus berasal dari massa planet, melainkan dapat dikonstruksi melalui desain arsitektural dan mekanisme rotasi.

3.2.3 Organisasi Ruang dan Kehidupan Penghuni

Used land area	Total usable area	Volume	Notes ^[3]
670,000 m ² (7,200,000 sq ft)	1,552,000 m ² (16,710,000 sq ft)	17,383,000 m ³ (613,900,000 cu ft)	Only part of the 678,000 m ² (7,300,000 sq ft) of land area and 69,000,000 m ³ (2.4×10^9 cu ft) of volume available in the torus are used. The total land area is the result of multiplying the length of the torus at its center (5,215 m (17,110 ft)) by the width at that same point (130 m (430 ft)).

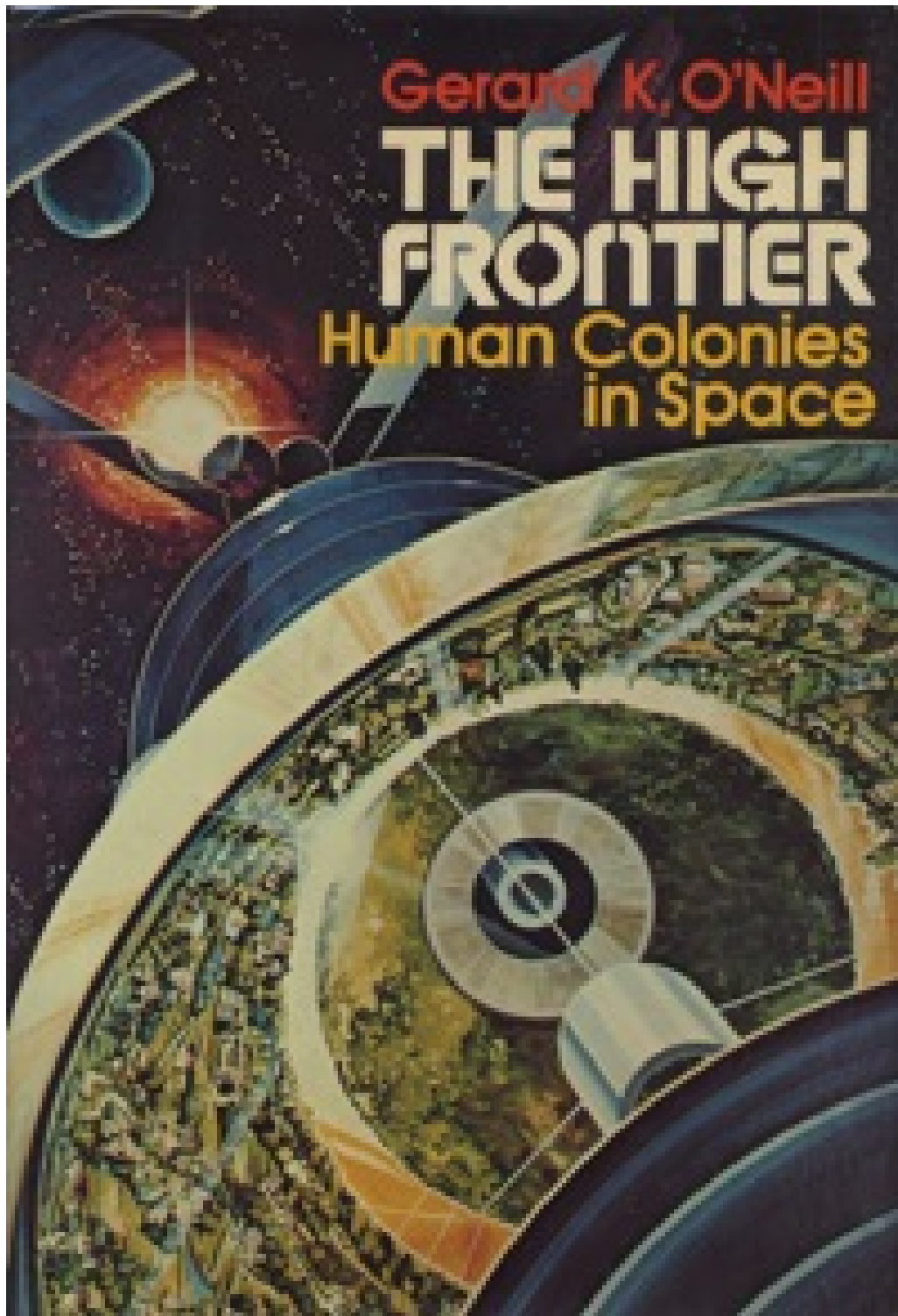
Diagram 3.1 *Total Usable Area*

Sumber :NASA, 1975

Interior Stanford Torus dirancang menyerupai lanskap bumi, lengkap dengan area hunian, pertanian, ruang terbuka hijau, dan fasilitas publik. Pembagian ruang tidak hanya mempertimbangkan fungsi, tetapi juga kenyamanan visual dan psikologis penghuni, seperti simulasi langit, siklus siang malam buatan, serta keberadaan vegetasi. Pendekatan ini menunjukkan bahwa perancangan kota luar bumi harus memperhatikan dimensi sosial dan mental manusia, bukan hanya aspek teknis dan struktural.

3.3 The High Frontier

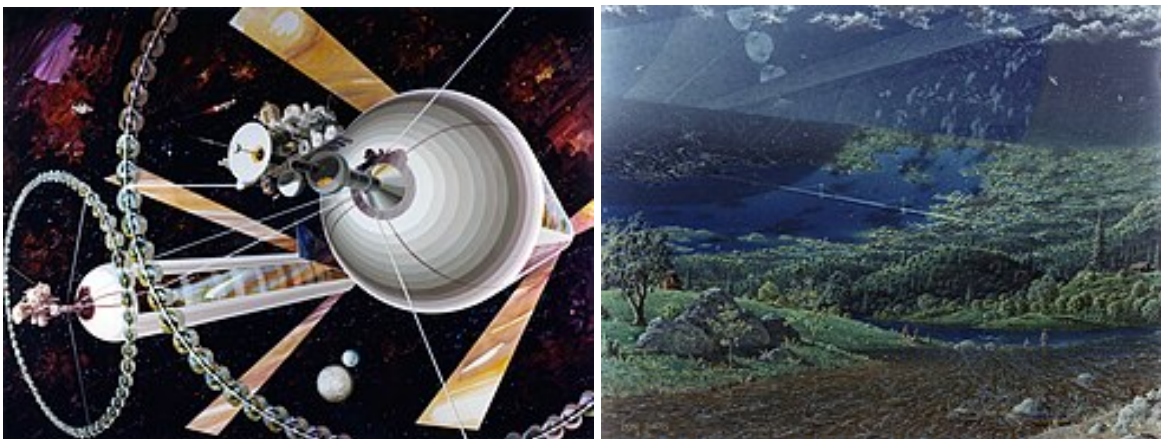
3.3.1 Latar Belakang dan Konsep Dasar



Gambar 3.3 *The High Frontier*
Sumber :Gerard K. O'Neill, 1976

The High Frontier: Human Colonies in Space merupakan gagasan yang diperkenalkan oleh Gerard K. O'Neill pada tahun 1977. O'Neill mengemukakan bahwa masa depan peradaban manusia tidak harus bergantung pada planet, melainkan dapat berkembang melalui koloni besar di ruang angkasa. Gagasan ini lahir dari kritik terhadap keterbatasan bumi dan pandangan bahwa ruang angkasa menyediakan sumber daya serta ruang yang jauh lebih luas untuk perkembangan manusia.

3.3.2 Konsep *O'Neill Cylinder* sebagai Kota



Gambar 3.4 *O'Neill Cylinder*

Sumber : Gerard K. O'Neill, 1976

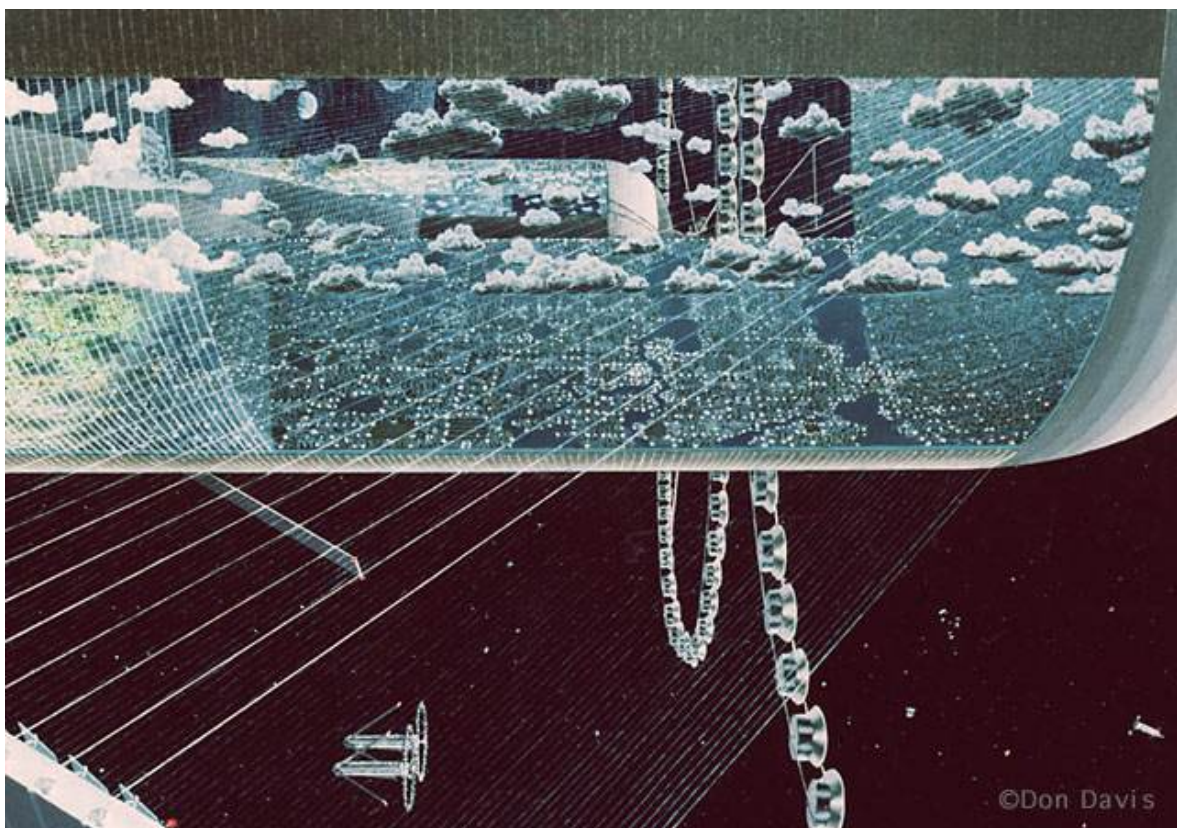
Salah satu konsep utama yang diperkenalkan oleh Gerard K. O'Neill dalam bukunya *The High Frontier* adalah gagasan tentang O'Neill Cylinder, yaitu struktur habitat berbentuk silinder raksasa yang berotasi di ruang angkasa. Rotasi ini dimanfaatkan untuk menghasilkan gaya sentrifugal yang berfungsi sebagai simulasi gravitasi buatan pada permukaan bagian dalam silinder. Dengan mekanisme tersebut, manusia dapat hidup dan beraktivitas dalam kondisi gravitasi yang relatif mendekati pengalaman di bumi.

Skala struktur O'Neill Cylinder dirancang sangat besar sehingga mampu menampung sistem kota yang lengkap. Di dalamnya dapat terbentuk kawasan permukiman, area pertanian, ruang terbuka, hingga infrastruktur publik yang mendukung kehidupan sehari-hari. Permukaan bagian dalam silinder dapat dirancang menyerupai lanskap bumi dengan distribusi ruang yang memungkinkan terbentuknya ekosistem buatan yang stabil dan berkelanjutan.

Dibandingkan dengan konsep habitat lain seperti Stanford Torus, O'Neill Cylinder memiliki skala yang jauh lebih besar dan kapasitas populasi yang lebih tinggi. Jika Stanford Torus dirancang sebagai habitat yang lebih kompak dengan struktur berbentuk cincin, maka O'Neill Cylinder dikembangkan sebagai megastruktur kosmik yang mampu menampung populasi dalam jumlah besar sekaligus menyediakan ruang bagi sistem produksi pangan, energi, dan ekologi internal.

Melalui konsep ini, O'Neill menunjukkan bahwa koloni ruang angkasa tidak hanya dipahami sebagai fasilitas penelitian atau stasiun kecil, melainkan sebagai bentuk kota baru di luar bumi. Struktur silinder raksasa tersebut memungkinkan terbentuknya sistem kehidupan yang relatif mandiri, di mana arsitektur, teknologi, dan ekologi buatan bekerja secara terintegrasi untuk menciptakan lingkungan hidup yang stabil bagi manusia di ruang kosmik.

3.3.3 Sistem Orbit, Rotasi, dan Lingkungan Buatan



Gambar 3.5 *Side View O'Neill Cylinder*

Sumber :Don Davis, 1976

Konsep koloni ruang angkasa yang dikemukakan oleh Gerard K. O'Neill menekankan pentingnya pemilihan orbit yang stabil serta penggunaan sistem rotasi untuk menciptakan lingkungan hidup yang layak bagi manusia di luar bumi. Dalam gagasannya, habitat ruang angkasa tidak sekadar ditempatkan secara acak di orbit, tetapi dirancang pada posisi tertentu yang mampu mempertahankan keseimbangan gravitasi dan kestabilan struktural. Stabilitas orbit ini menjadi dasar penting agar koloni dapat beroperasi dalam jangka panjang tanpa memerlukan koreksi energi yang terlalu besar.

Selain stabilitas orbit, O'Neill juga mengusulkan penggunaan sistem rotasi sebagai mekanisme untuk menghasilkan gravitasi buatan melalui gaya sentrifugal. Dengan memutar struktur habitat secara terkontrol, penghuni dapat merasakan efek gravitasi yang mendekati kondisi di bumi. Sistem ini tidak hanya penting untuk kenyamanan manusia, tetapi juga untuk menjaga fungsi biologis tubuh dalam jangka panjang, termasuk kesehatan tulang, otot, serta sistem kardiovaskular.

Pemilihan orbit juga berkaitan dengan kebutuhan energi bagi koloni. O'Neill menekankan bahwa habitat ruang angkasa harus ditempatkan pada posisi yang memungkinkan penerimaan energi matahari secara optimal dan relatif konstan. Paparan energi matahari yang stabil memungkinkan koloni memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama untuk menjalankan berbagai sistem kehidupan, termasuk pencahayaan buatan, pengolahan udara, sistem produksi pangan, dan aktivitas industri.

Dalam gagasan tersebut, koloni ruang angkasa juga dipahami sebagai sistem lingkungan tertutup yang dirancang untuk beroperasi secara mandiri. Udara, air, dan material dalam habitat didaur ulang melalui sistem ekologi buatan sehingga siklus sumber daya dapat terus berlangsung tanpa ketergantungan langsung pada pasokan dari bumi. Pendekatan ini menempatkan koloni sebagai sebuah ekosistem buatan yang harus mampu mempertahankan keseimbangan lingkungan internal secara berkelanjutan.

Melalui kombinasi antara orbit stabil, sistem rotasi, pemanfaatan energi matahari, serta mekanisme daur ulang sumber daya, O'Neill membayangkan koloni ruang angkasa sebagai bentuk baru habitat manusia di masa depan. Dalam kerangka ini, arsitektur dan rekayasa lingkungan tidak lagi hanya berfungsi membangun ruang tinggal, tetapi juga merancang keseluruhan sistem kehidupan yang memungkinkan manusia hidup secara berkelanjutan di lingkungan kosmik.

3.3.4 Implikasi Sosial dan Urban



Gambar 3.6 *Detail View O'Neill Cylinder*

Sumber :Don Davis, 1976

Konsep dalam *The High Frontier* tidak hanya membahas aspek teknis, tetapi juga implikasi sosial dari kehidupan di luar bumi. Kota kosmik dipandang sebagai bentuk peradaban baru dengan sistem sosial, ekonomi, dan budaya yang berbeda dari kota terestrial. Hal ini menjadikan *The High Frontier* sebagai preseden penting dalam memahami kota kosmik sebagai entitas sosial, bukan sekadar struktur teknologis.

3.4 Perbandingan Preseden Habitat Kosmik



Gambar 3.7 O'Neill Cylinder & Stanford Torus

Sumber :NASA & Gerard K. O'Neill, 1976

Perbandingan antara konsep Stanford Torus dan gagasan dalam buku *The High Frontier* menunjukkan dua pendekatan berbeda dalam merancang kemungkinan permukiman manusia di luar bumi. Stanford Torus dikembangkan sebagai model habitat ruang angkasa yang relatif kompak dengan sistem rotasi berbentuk cincin yang menghasilkan gravitasi buatan melalui gaya sentrifugal. Konsep ini menekankan stabilitas struktural, efisiensi teknis, serta kenyamanan biologis bagi manusia, dengan upaya mereplikasi kondisi lingkungan bumi dalam skala yang lebih terkendali.

Sebaliknya, visi yang dikemukakan oleh Gerard K. O'Neill dalam *The High Frontier* menghadirkan pendekatan yang lebih ekspansif. Melalui konsep megastruktur seperti O'Neill Cylinder, permukiman luar angkasa diproyeksikan sebagai kota kosmik berskala sangat besar yang mampu menampung populasi dalam jumlah besar serta mengembangkan sistem ekonomi, sosial, dan ekologis secara mandiri. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada keberlangsungan hidup manusia di ruang angkasa, tetapi juga pada kemungkinan evolusi peradaban manusia menuju lingkungan kosmik yang lebih luas.

Perbedaan tersebut mencerminkan dua skala pemikiran dalam perancangan habitat luar angkasa. Stanford Torus lebih berorientasi pada pendekatan eksperimental dan realistis dalam tahap awal kolonisasi ruang angkasa, di mana stabilitas lingkungan dan keberlangsungan sistem biologis menjadi prioritas utama. Sebaliknya, konsep dalam *The High Frontier* mengembangkan visi jangka panjang mengenai ekspansi peradaban manusia yang melampaui batasan planet bumi.

Meskipun memiliki perbedaan dalam skala dan ambisi, kedua preseden tersebut sama-sama menegaskan bahwa kehidupan kota di luar bumi dimungkinkan melalui desain sistemik yang mengintegrasikan struktur, gravitasi buatan, sistem energi, serta organisasi ruang yang kompleks. Dalam kedua konsep tersebut, arsitektur tidak lagi dipahami hanya sebagai pembentuk ruang, melainkan sebagai sistem yang mengatur hubungan antara manusia, teknologi, dan lingkungan buatan dalam skala kosmik.

Perbedaan utama antara keduanya terletak pada tingkat spekulasi dan visi masa depan yang diusulkan. Stanford Torus menawarkan model habitat yang lebih terukur dan dapat diuji secara teknis, sementara *The High Frontier* membuka kemungkinan bagi terbentuknya kota-kota kosmik berskala besar sebagai tahap lanjutan perkembangan peradaban manusia di ruang angkasa.

Sintesis dari kedua preseden ini menjadi dasar penting dalam merumuskan pendekatan perancangan kota spekulatif. Dengan menggabungkan stabilitas teknis dari Stanford Torus dan visi peradaban kosmik dari *The High Frontier*, rancangan kota masa depan dapat dikembangkan tidak hanya sebagai sistem yang layak secara teknis, tetapi juga sebagai ruang kehidupan baru yang memiliki makna sosial, kultural, dan eksistensial bagi manusia di luar bumi.