

BAB V

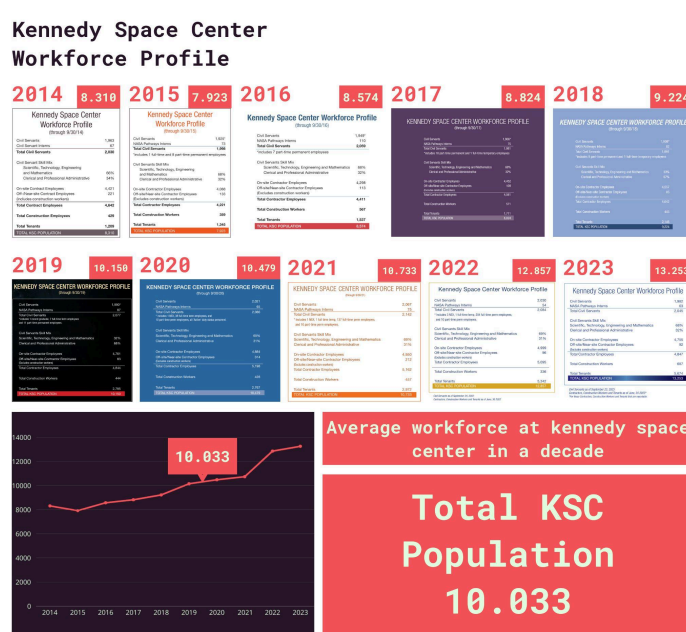
PENDEKATAN PROGRAM PERENCANAAN DAN PERANCANGAN

Pada bagian ini pendekatan program, perencanaan, dan perancangan adalah pedoman untuk proses perancangan objek stasiun ruang angkasa dan juga *vehicle assembly building*. Tujuan pendekatan ini menjadi data set atau pedoman untuk eksplorasi berdasarkan pelaku yang memiliki skenario dalam mengoperasikan *VAB* dan juga stasiun ruang angkasa, dan juga membahas tentang objek yang akan dirakit di dalam *VAB* yaitu bagian-bagian dari stasiun ruang angkasa itu sendiri sebagai ekplorasi arsitektur yang berbasis skenario dan objek spekulatif, serta diharapkan perancangan ini dapat mendekati kelayakan untuk pembangunan suatu objek arsitektural dan bermanfaat bagi spekulasi masa mendatang.

5.1. Aspek Pelaku, Aktivitas, dan Kebutuhan Ruang Pra Rancangan

Pada aspek pelaku ini data pelaku dan pekerja di Kennedy Space Center ditempatkan secara terpisah dan bergantung pada misi apa yang mereka kerjakan. Pada perancangan ini akan berfokus pada aspek pelaku yang terlibat pada pengoperasian *Vehicle Assembly Building* (VAB) dan *Launch Control Center* (LCC). Data pelaku didapatkan dari berbagai sumber dokumen dan laporan dari NASA.

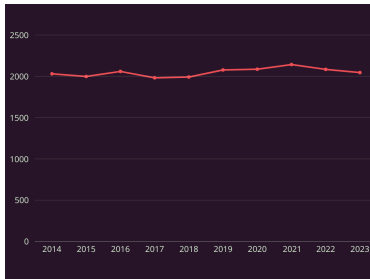
5.1.1. Data Tenaga Kerja di Kennedy Space Center



Gambar 5. 1 Rata-rata populasi di kawasan Kennedy Space Center.

Sumber: Laporan tahunan NASA 2014-2023

Kennedy *Space Center* memiliki populasi tenaga kerja sebanyak **10.033** dari rata-rata selama satu dekade terakhir yang terdiri dari:



1. (20%) Pegawai Negeri Sipil & Pegawai Magang:

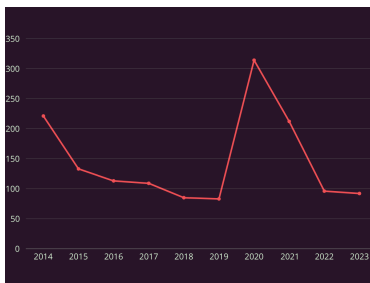
Memiliki rata-rata tenaga kerja sebanyak 2050 karyawan di satu dekade terakhir

Keahlian:

- Sains, Teknologi, Engineering dan matematika: 1251 karyawan (rata-rata dalam satu dekade)
- Juru Tulis dan Administrasi Professional: 799 karyawan (rata-rata dalam satu dekade)

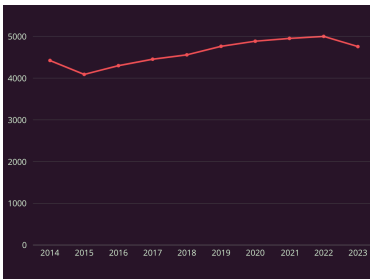
Gambar 5.2 Grafik tenaga kerja Pegawai negeri sipil & pegawai magang dalam satu dekade

Sumber: Adaptasi grafik dari laporan tahunan NASA 2014-2023



2. (47%) Pegawai Kontraktor:

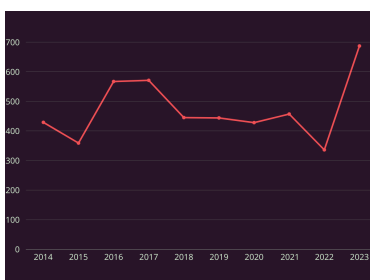
● Karyawan kontraktor di lokasi : 4616 karyawan (rata-rata dalam satu dekade)



● Karyawan kontraktor di luar lokasi/dekat lokasi: 146 karyawan (rata-rata dalam satu dekade)

Gambar 5.3 Grafik tenaga kerja pegawai kontraktor dalam satu dekade

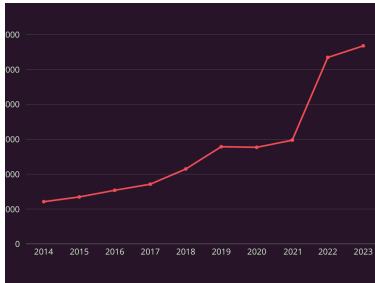
Sumber: Adaptasi grafik dari laporan tahunan NASA 2014-2023



3. (5%) Pekerja Konstruksi: 472 karyawan (rata-rata dalam satu dekade)

Gambar 5.4 Grafik Tenaga Kerja Pegawai Negeri Sipil & Pegawai Magang dalam satu dekade

Sumber: Adaptasi grafik dari laporan tahunan NASA 2014-2023



4. (28%) Penyewa : 2749 tenant (rata-rata dalam satu dekade)

Gambar 5.5 Grafik Tenaga Kerja Pegawai Negeri Sipil & Pegawai Magang dalam satu dekade

Sumber: Adaptasi grafik dari laporan tahunan NASA 2014-2023

Pelaku dalam Kennedy Space Center setiap tahunnya tidak memiliki pelaku yang pasti, dari hasil pengamatan data tenaga kerja pertahun yang memiliki kestabilan jumlah tenaga kerja yaitu pegawai negeri sipil dan pegawai magang dimana pada kelompok tenaga kerja ini banyak senior dan pekerja tetap bahkan dari jaman misi apollo. Pada bangunan VAB sendiri tenaga kerja harian disana diantara lain adalah teknisi, operator, pegawai negeri sipil, kontraktor, untuk koordinasi proyek dan juga penulisan laporan.

Selain itu dalam VAB juga beberapa *high bay* juga disewakan untuk misi-misi komersial sehingga terdapat penyewa yang memakai area dalam tower structure sesuai dengan misi dari organisasi atau perusahaan masing-masing. Berikut merupakan tabel okupansi VAB dalam satu dekade terakhir (periode 2014-2023):

Time Period	VAB High Bay 1 Usage	VAB High Bay 2 Usage	VAB High Bay 3 Usage	VAB High Bay 4 Usage
Before 2014	Used for Apollo, Space Shuttle Programs, Skylab Assembly	Used for Apollo, Space Shuttle Programs, Skylab Assembly	Used for Apollo, Space Shuttle Programs, Skylab Assembly	Used for Space Shuttle Programs
2014 - 2016	idle	Orbtital ATK High Bay 2 Utilization Negotitation (April 2016) (for Commercial Use)	Modified for SLS processing by Hensel Phelps Construction Co. of Orlando	idle
2016 - 2021	idle	Used for the first time ever, the Vehicle Assembly Building will have its first commercial tenant as Northrop Grumman begins to assemble and test its new Omega rocket.	Used for SLS rocket and Orion spacecraft assembly and integration	- Used for SLS solid rocket booster pathfinder stacking during a training exercise - completed power pedestal modifications in High Bay 4
2021 - Present	Announcement for Proposals seeking	Leased to Northrop Grumman for Omega	Used for SLS rocket and Orion spacecraft	idle

	proposals from U.S. commercial launch providers, interested in using the Vehicle Assembly Building High Bay 1 for launch operations, including ground operations, prelaunch integration, checkout, and spacecraft or payload testing.	rocket assembly and testing	assembly and integration	
Future	Potential shared use for multiple programs	Potential shared use for multiple programs	Potential shared use for multiple programs	Potential shared use for multiple programs

Tabel 5.1 Tabel kegiatan dan okupansi di VAB

Sumber: laporan tahunan NASA 2014-2023

Berdasarkan dokumen laporan tahunan Kennedy *Space Center* NASA terdapat selama periode 2014- 2023 terdapat ... pihak organisasi/perusahaan yang mengokupansi bangunan VAB ini yaitu:

1. **NASA:** Misi Artemis I, Artemis II, Artemis III, untuk merakit *orion spacecraft* dan *Space Launch System* (SLS)
2. **Hensel Phelps Construction Co. of Orlando :** Modifikasi SLS dan platform kerja pada high bay 3
3. **Orbital ATK:** dalam negosiasi penggunaan *high bay*
4. **Northrop Grumman:** OmegA rocket assembly and testing

5.1.2. Kru Misi Artemis

Program Artemis adalah rencana ambisius NASA untuk mengembalikan manusia ke Bulan dan membangun kehadiran yang berkelanjutan di sana, dengan tujuan akhir mengirim astronot ke Mars. Program ini dinamai Artemis, dewi Bulan Yunani, saudara perempuan Apollo.

Artemis I adalah uji coba penerbangan terintegrasi pertama dari roket Space Launch System (SLS) dan pesawat ruang angkasa Orion milik NASA. Misi tanpa awak ini akan menguji performa roket SLS dan kemampuan wahana antariksa Orion selama perjalanan mengelilingi Bulan dan kembali.

Tim-tim utama yang mendukung Artemis I:

1. **Tim Manajemen Misi:**

- Bertanggung jawab atas pengawasan dan pengambilan keputusan misi secara keseluruhan.

- Meninjau status misi dan penilaian risiko.
 - Membuat keputusan penting sesuai kebutuhan.
- 2. Tim Kontrol Peluncuran:**
- Mengawasi hitungan mundur peluncuran dan peluncuran roket SLS.
 - Memantau kinerja roket selama pendakian.
 - Memastikan peluncuran yang aman dan sukses.
- 3. Tim Kontrol Penerbangan:**
- Memantau dan mengendalikan wahana antariksa Orion selama perjalanan ke Bulan dan kembali.
 - Mengelola sistem wahana antariksa dan melakukan manuver.
 - Berkomunikasi dengan wahana antariksa dan stasiun bumi.
- 4. Tim Pendaratan dan Pemulihan:**
- Merencanakan dan melaksanakan pemulihan wahana antariksa Orion setelah kembali ke Bumi.
 - Berkoordinasi dengan tim pemulihan di darat dan di laut.
 - Memastikan kembalinya wahana antariksa dan data yang berharga dengan selamat.

Meskipun Artemis I merupakan misi tanpa awak, misi ini merupakan langkah penting menuju misi berawak di masa depan ke Bulan dan seterusnya. Keberhasilan misi ini akan membuka jalan bagi Artemis II yang akan membawa astronot mengelilingi Bulan, dan pada akhirnya, Artemis III yang akan mendaratkan astronot di permukaan Bulan.

Team	Leader	Responsibilities
Mission Management	Mike Sarafin	Overall mission oversight, decision-making, and coordination.
Launch Control	Charlie Blackwell-Thompson	Launch countdown, rocket readiness, and liftoff operations.
Flight Control	Rick LaBorde	Spacecraft operations, trajectory planning, and emergency response.
Landing and Recovery	Melissa Jones	Recovery of the spacecraft after re-entry and splashdown.

Tabel 5.2 Tabel kru Artemis 1

Sumber: <https://www.nasa.gov/missions/artemis/orion/artemis-i-mission-teams-the-crew-behind-the-uncrewed-mission/>

5.1.3. Tim Launch Control Center & Firing Room

Role	Responsibility	Position
Management	Overseeing test and launch operations	Firing Room, Area A
Space Vehicle Test Supervisor	Managing test operations	Firing Room, Area A
Launch Vehicle Test Conductor	Managing launch vehicle tests	Firing Room, Area A
Spacecraft Managers	Managing spacecraft systems and operations	Firing Room, Area A, MSOB ACE Rooms
Engineers and Technicians	Monitoring and controlling various systems, troubleshooting issues	Firing Room, Area B
Instrumentation and Communications Controllers	Monitoring and controlling instrumentation and communication systems	Firing Room, Area B, Area C
Range Safety, Pad Safety, and Security Personnel	Ensuring safety during tests and launches	Firing Room, Area D, Launch Pad
Administrative Staff	Handling paperwork, logistics, and other administrative tasks	VAB Offices
Cleaning and Maintenance Staff	Maintaining the cleanliness and functionality of the VAB	VAB

Tabel 5.3 Tim Kontrol Peluncuran Roket

Sumber: ROCKET RANCH The Nuts and Bolts of the Apollo Moon Program at Kennedy Space Center

Launch Control adalah komponen penting dalam setiap misi luar angkasa, yang bertanggung jawab untuk mengawasi dan melaksanakan rangkaian peristiwa yang rumit menjelang dan selama peluncuran roket. Pada dasarnya, ini adalah pusat saraf dari peluncuran luar angkasa, memastikan peluncuran yang mulus dan sukses.

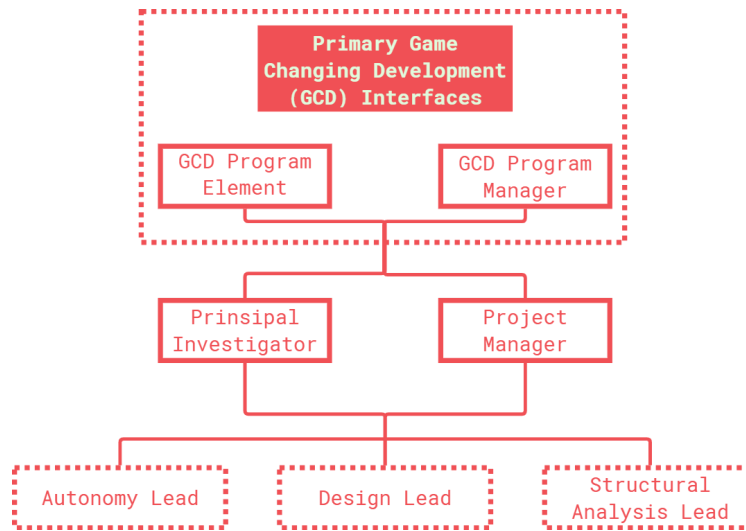
Peran Utama Tim Pengendali Peluncuran:

- *Monitoring Vehicle System:* Memantau berbagai sistem roket secara konstan, termasuk sistem propulsi, pemandu, navigasi, dan komunikasi.
- Menjalankan Urutan Hitung Mundur: Mengikuti urutan hitung mundur yang tepat, memulai dan mengoordinasikan berbagai aktivitas pra-peluncuran.
- Mengontrol Urutan Peluncuran: Memicu penyalaan mesin roket dan memandu kendaraan selama fase pendakian awal.

- Berkomunikasi dengan Tim Darat: Berkoordinasi dengan berbagai tim darat, termasuk tim di landasan peluncuran, pusat kendali misi, dan stasiun pelacakan.
- Menangani Keadaan Darurat: Menanggapi situasi yang tidak terduga dan melaksanakan rencana kontinjensi.

5.1.4. Tim Game Changing Development

GCD berkolaborasi dengan tim penelitian dan pengembangan untuk memajukan ide-ide yang paling menjanjikan melalui pemodelan analitis, pengujian berbasis darat, serta demonstrasi muatan dan eksperimen penerbangan luar angkasa. Tim-tim ini akan



Gambar 5.6 Diagram tim GCD

Sumber: Adaptasi grafik dari laporan tahunan NASA 2014-2023

bertanggung jawab untuk memastikan bahwa penemuan-penemuan bergerak cepat dari laboratorium ke aplikasi. Upaya GCD difokuskan pada kisaran Tingkat Kesiapan Teknologi (TRL) menengah (3-5/6), umumnya mengambil teknologi dari konsep laboratorium awal hingga prototipe pengembangan teknik lengkap. Program ini menggunakan pendekatan yang seimbang antara upaya pengembangan teknologi yang dipandu dan upaya yang dipilih secara kompetitif dari seluruh akademisi, industri, NASA, dan lembaga pemerintah lainnya.

5.1.5. Tim Perakitan *Spacecraft* dan *Booster*

Pada perakitan di dalam VAB terdapat beberapa pelaku yang terlibat diantaranya:

Role	Responsibilities	Location
Engineers and Technicians	Design, testing, maintenance of rocket components and systems	VAB: High Bays, Low Bay, Checkout Cells
Project Managers	Overall project coordination and management	VAB: Offices
Contractors	Specialized services and components	VAB: Offices adjacent to work areas
Administrative Staff	Paperwork, logistics, and administrative tasks	VAB: Offices
Security Personnel	Security of the VAB and its contents	VAB: Perimeter, Gatehouses, Interior Patrols
Cleaning and Maintenance Staff	Maintenance of VAB facilities	VAB: Various locations within the building
Crane Operators	Operate heavy-duty cranes	VAB: High Bays, Transfer Aisle

Tabel 5.4 Tim perakitan dan karyawan di VAB

Sumber: ROCKET RANCH The Nuts and Bolts of the Apollo Moon Program at Kennedy Space Center

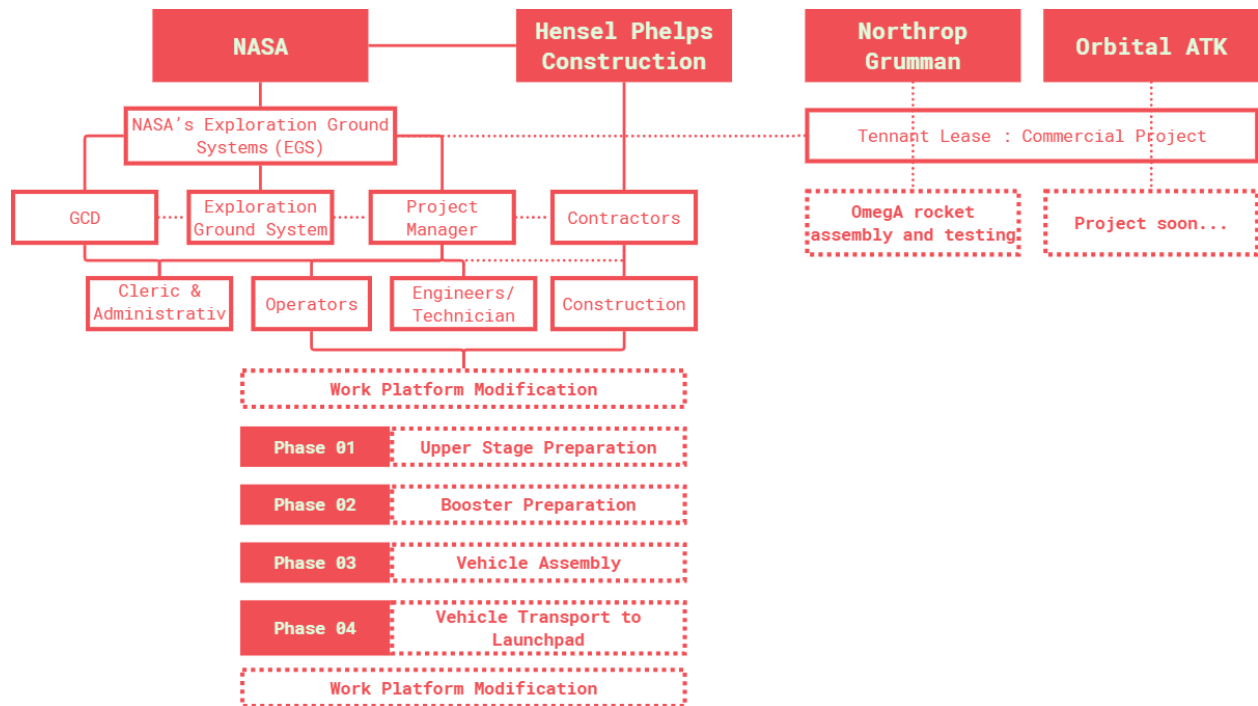
Phase	Activity	Roles Involved
Phase 1: Upper Stage Preparation		
	Upper Stage Arrival	Truck/Barge Transporter
	Erection and Checkout	Crane Operators, Technicians
Phase 2: Booster Preparation		
	Booster Delivery	Truck/Barge Transporter
	Booster Erection	Crane Operators
	Booster Placement	Crane Operators, Technicians
	Booster Checkout	Technicians

Phase 3: Vehicle Assembly		
	Upper Stage Transfer	Crane Operators
	Upper Stage Integration	Crane Operators, Technicians
	Payload Integration	Crane Operators, Technicians
	Booster Fin Installation	Technicians
	Final Vehicle Checkout	Technicians, Engineers
Phase 4: Vehicle Transport to Launch Pad		
	Vehicle Transport	Crawler Transporter Operators
Key Roles	Crane Operators	Lifting and moving components
	Technicians	Assembly, testing, and maintenance
	Engineers	Design, testing, and integration
	Project Managers	Overall project management
	Safety Personnel	Safety oversight and emergency response

Tabel 5. 5 Peran tim perakitan, posisi, dan tahapannya

Sumber: IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE-SUPPORT CONFERENCE PROCEDURES

5.1.6. Kesimpulan Aspek Pelaku



Gambar 5. 7 Diagram Hubungan antar kegiatan dan pelaku

Sumber: Olah data pribadi

Pelaku utama pada bangunan VAB ini adalah tim *Exploration Ground System*, dan juga pegawai tetap dengan keahlian khusus seperti operator, transporter, engineer, dan pekerja konstruksi. Khusus untuk kontraktor biasanya akan dilakukan lelang atau tender untuk melakukan pekerjaan konstruksi dalam pelaksanaan misi peluncuran roket dan eksplorasi ruang angkasa. Adapun tambahan pelaku apa bila adanya negosiasi penggunaan *high bay* untuk misi komersial yang memiliki tim khususnya akan tetapi tetap berkomunikasi dan bekerja sama dengan tim dari NASA. Kesimpulan dari keseluruhan pelaku dan aktivitasnya, yang dikelompokkan dalam kelompok kegiatan pada tabel kebutuhan ruang yang didasarkan pada pembedahan aspek pelaku dan juga studi objek di VAB:

Kelompok Kegiatan	Pelaku Utama	Aktivitas Utama	Kebutuhan Ruang
Perakitan Roket	Teknisi, Insinyur, Operator Crane	Merakit komponen roket, mengintegrasikan sistem, melakukan pengujian awal	
Modifikasi VAB	Pekerja Konstruksi, Insinyur Sipil	Membangun platform kerja, memodifikasi struktur bangunan, memasang sistem listrik dan mekanikal baru	

Pengujian	Teknisi, Insinyur	Melakukan berbagai pengujian pada sistem roket, memastikan kesiapan untuk peluncuran	
Transportasi	Operator Crane, Logistik	Memindahkan komponen roket, struktur pendukung, dan peralatan antara VAB dan lokasi lainnya	
Koordinasi Proyek	Manajer Proyek, Insinyur	Merencanakan, mengelola, dan mengkoordinasikan seluruh aktivitas di VAB	
Keamanan dan Pemeliharaan	Personil Keamanan, Teknisi Pemeliharaan	Menjaga keamanan fasilitas, melakukan pemeliharaan rutin pada peralatan dan bangunan	

Tabel 5. 6 Kelompok kegiatan, pelaku, aktivitas utama, dan kebutuhan ruang

Sumber: Olah Data Pribadi

5.2. Pendekatan Desain Arsitektural

5.2.1. Desain berbasis objek untuk perencanaan dan pengendalian sistem manufaktur VAB

Pendekatan arsitektural ini ditujukan untuk merancang keseluruhan aktivitas perakitan pada *Vehicle Assembly Building* (VAB) yang merupakan bangunan manufaktur yang berfokus pada perakitan roket untuk ke ruang angkasa mulai dari proses perakitan ground sistem, sistem propulsi, bahan bakar, sampai ke sistem pesawat ruang angkasa dan isinya. Objek yang dirakit memiliki alur khususnya masing-masing dan juga sifatnya masing-masing. Maka dari itu pendekatan ini akan menjadi dasar eksplorasi dari bentuk arsitektur perancangan VAB dan juga LCC yang baru berdasarkan kataloging objek yang dirancang dan objek sebagai alat yang membantu proses manufaktur.

Dalam bahasa pemrograman polimorfisme merupakan konsep pilar pemrograman berbasis objek memungkinkan rutinitas tertentu menggunakan variabel dengan tipe yang berbeda pada waktu yang berbeda. Arsitektur yang menyusun dan mengimplementasikan sistem perencanaan proses berorientasi untuk manufaktur memiliki tujuan untuk mencapai modularitas melalui polimorfisme. Objek-objek manufaktur diidentifikasi, melalui interaksi antar pelaku dengan objek atau objek dengan objek. Perencanaan proses dilakukan semata-mata dengan objek otonom, dan alat manufaktur adalah aktor utama atau basis perancangan. (Yut & Chang, 1994)

Lima langkah dalam pemrograman arsitektur berbasis objek menurut :

- Apa saja objek manufaktur utama?
- Apa saja fungsi mereka dalam perencanaan?
- Bagaimana mereka berinteraksi?

- Di manakah pengetahuan manufaktur berada?
- Bagaimana struktur kontrol diimplementasikan di antara objek-objek otonom ini?

Arsitektur polimorfik, sebuah landasan sistem berorientasi objek, dibangun di atas proses lima langkah. Pertama, kerangka polimorfik dibuat, yang menguraikan kelas objek tingkat atas dan interkoneksinya. Hal ini memberikan struktur yang stabil untuk sistem. Kedua, sebuah pemecah masalah yang tidak bergantung pada domain didefinisikan, menyediakan strategi perencanaan umum. Ketiga, sebuah antarmuka dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara kelas-kelas/kelompok objek. Keempat, spesialisasi digunakan untuk membuat hirarki kelas objek, memungkinkan perincian dan penyesuaian yang lebih baik. Terakhir, pengayaan melibatkan melengkapi objek perencanaan bagaimana sistemnya bekerja. Pendekatan ini menawarkan banyak keuntungan, termasuk fleksibilitas, modularitas, pemeliharaan, dan perluasan. Dengan menggunakan polimorfisme, pewarisan, dan pengetahuan domain, sistem yang kuat dan mudah beradaptasi dapat dibangun. Arsitektur ini memberdayakan pengembang untuk membuat sistem perangkat lunak yang tidak hanya efisien tetapi juga mampu berevolusi dengan perubahan kebutuhan.

<i>GPS Building Blocks</i>	<i>Perspective</i>	
	<i>State Space</i>	<i>Partial-Plan Space</i>
<i>State</i>	<i>Part</i>	<i>Hierarchy of plans</i>
<i>Difference</i>	<i>Difference between parts</i>	<i>Next elaboration of plans</i>
<i>actor</i>	<i>Tool</i>	<i>tool</i>

Tabel 5. 7 *State space versus partial-plan space perspective.*

Sumber: *Five-step object-orientated architecture*

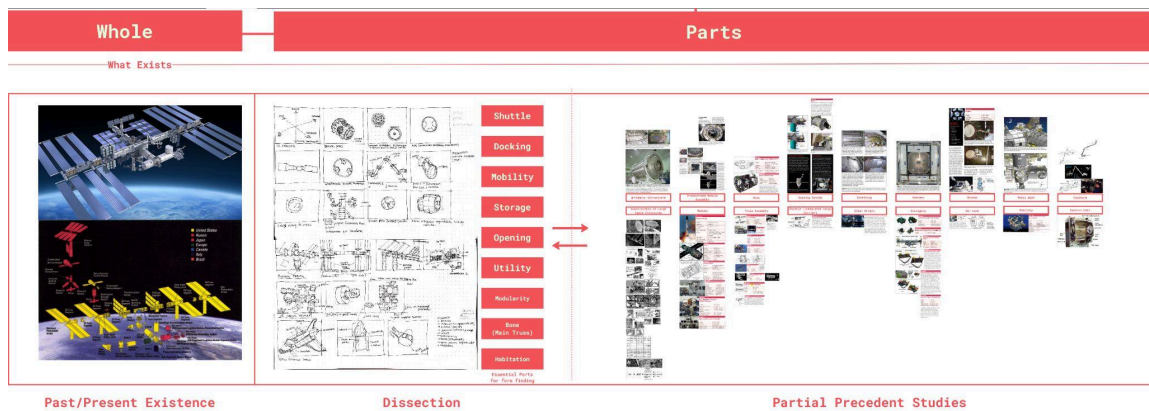
5.2.2 Eksplorasi Objek

Perancangan VAB dan LCC ini didasarkan pada skenario diegesis spekulasi desain bagaimana International Space Station akan diganti dengan yang baru setelah jatuh kembali ke bumi/deorbit, dengan tujuan pembuatan International Space Station yang baru. Pada bagian eksplorasi ini akan membedah elemen/komponen apa saja dari ISS yang lama, katalog komponen ini menjadi landasan objek yang akan dirakit di VAB untuk menentukan alur perakitan stasiun ruang angkasa, dan juga sebagai landasan untuk mengeksplorasi ISS yang baru.

Pada bagian ini menjadi lanjutan dari pembahasan mengenai arsitektur poliformik yang melihat komponen apa saja yang akan dimanufaktur/rakit di dalam VAB. Konsep

ini memungkinkan VAB untuk dengan mudah diadaptasi untuk merakit berbagai jenis *spacecraft*, tidak hanya ISS. Dengan demikian, VAB akan menjadi fasilitas yang fleksibel dan dapat digunakan untuk mendukung berbagai misi ruang angkasa di masa depan.

Analisis Komponen ISS: Tahap awal dari perancangan ini adalah melakukan katalogisasi terhadap seluruh komponen ISS yang ada. Proses ini mencakup identifikasi, klasifikasi, dan evaluasi setiap bagian dari ISS, mulai dari modul utama, lengan robot, hingga panel surya. Katalog ini akan menjadi dasar dalam menentukan jenis peralatan dan fasilitas yang dibutuhkan di VAB untuk merakit ISS baru.



Gambar 5. 8 Analisis dan pembedahan Komponen ISS

Sumber: Olah Data Pribadi

Kendaraan Pengangkut: Selain komponen ISS, studi ini juga mempertimbangkan jenis kendaraan luar angkasa yang akan digunakan untuk mengangkut komponen-komponen tersebut ke orbit. Karakteristik kendaraan ini, seperti kapasitas angkut dan dimensi, akan sangat mempengaruhi desain VAB dan LCC.

Alat Manufaktur dan Perakitan: Pengembangan VAB tidak hanya melibatkan perancangan bangunan fisik, tetapi juga pemilihan alat-alat manufaktur dan perakitan yang tepat. Alat-alat seperti crane, umbilical tower, work platform, dan crawler transporter akan memainkan peran penting dalam proses perakitan ISS. Studi ini akan menganalisis kebutuhan akan alat-alat tersebut berdasarkan ukuran dan berat komponen ISS.

5.3. Aspek Kinerja

5.3.1. Fire Safety and Building Protection

Standard yang tertera pada 2024 International Building Code (IBC) pada Chapter 7 dan Chapter 9:

“ 105.9 Plaster fire protection. In all buildings where plaster is used for fire protection purposes, the permit holder or his agent shall notify the building official after all lathing and backing is in place. Plaster shall not be covered or concealed from view without first obtaining a release from the building official.”

“ 105.10 Fire resistant joints and penetrations. The protection of joints and penetrations in required fire resistant construction assemblies shall not be covered or concealed from view without first obtaining a release from the building official.”

“703.5 Marking and identification. CDP

Where there is an accessible concealed floor, floor-ceiling or attic space, fire walls, fire barriers, fire partitions, smoke barriers and smoke partitions or any other wall required to have protected openings or penetrations shall be effectively and permanently identified with signs or stenciling in the concealed space. Such identification shall:

- 1. Be located within 15 feet (4572 mm) of the end of each wall and at intervals not exceeding 30 feet (9144 mm) measured horizontally along the wall or partition.*
- 2. Include lettering not less than 3 inches (76 mm) in height with a minimum 3/8-inch (9.5 mm) stroke in a contrasting color incorporating the suggested wording, "FIRE AND/OR SMOKE BARRIER-PROTECT ALL OPENINGS," or other Wording.”*

5.3.2. Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems

Aspek MEP yang tertera pada *Brevard County Building Code*:

Tahap Inspeksi	Electrical	Plumbing	Mechanical
Inspeksi Bawah Tanah	Setelah parit/selokan digali, saluran/kabel dipasang,	Setelah parit/selokan digali, pipa dipasang, sebelum pengurukan.	Setelah parit/selokan digali, saluran bawah tanah dan pipa bahan bakar dipasang, sebelum pengurukan.

	sebelum pengurukan.		
Inspeksi Kasar	Setelah atap, rangka, penahan api, penyangga terpasang, sebelum pemasangan membran dinding/langit-langit.	Setelah atap, rangka, penahan api, penyangga terpasang, semua pipa tanah, limbah, ventilasi selesai, sebelum pemasangan membran dinding/langit-langit.	Setelah atap, rangka, penahan api, penyangga terpasang, semua saluran dan komponen tersembunyi selesai, sebelum pemasangan membran dinding/langit-langit.
Pemeriksaan Akhir	Setelah bangunan selesai, perlengkapan listrik terpasang dan terhubung.	Setelah bangunan selesai, perlengkapan pipa terpasang dan terhubung.	Setelah bangunan selesai, sistem mekanikal terpasang dan terhubung.

Tabel 5. 8 Standar inspeksi MEP

Sumber: (IBC, *International Building Code 2024*, 2023)

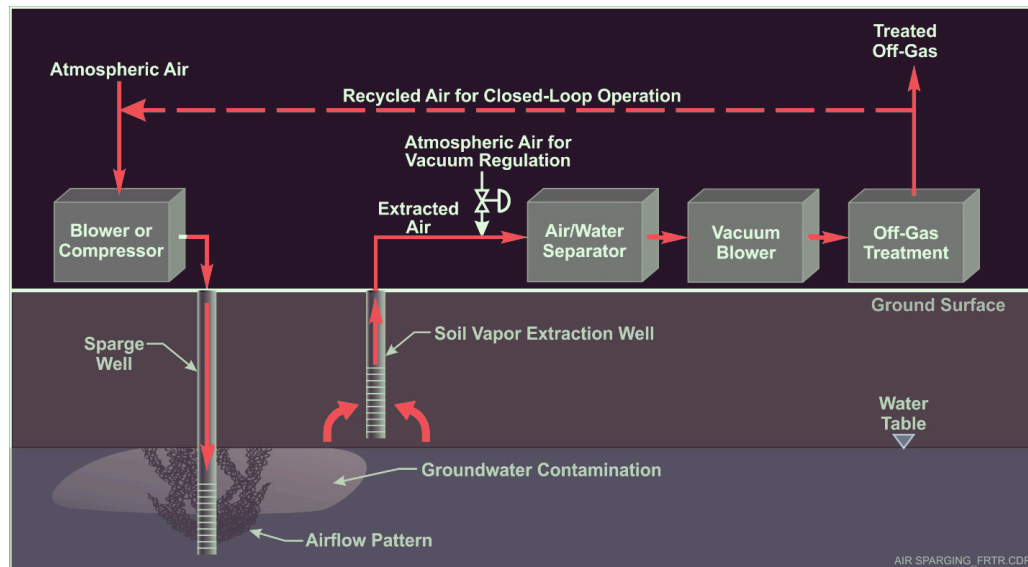
Keterangan Tambahan:

- **Electrical:** Berfokus pada sistem kelistrikan, mulai dari kabel, saluran, hingga perlengkapan listrik seperti lampu, stop kontak, dan panel listrik.
- **Plumbing:** Berfokus pada sistem perpipaan, termasuk saluran air bersih, air kotor, dan ventilasi.
- **Mechanical:** Meliputi berbagai sistem mekanikal lainnya seperti HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), sistem fire protection, dan sistem elevator.

Tujuan Inspeksi:

- **Memastikan Kesesuaian:** Memastikan bahwa instalasi dilakukan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku.
- **Mendeteksi Kerusakan:** Mendeteksi kerusakan atau cacat pada instalasi sebelum bangunan digunakan.
- **Menjamin Keamanan:** Memastikan bahwa instalasi aman dan tidak menimbulkan bahaya bagi penghuni.

5.3.3. Air Sparge dan Bio Sparge



Gambar 5. 9. Skematik *Air Sparging & Bio Sparging*

Sumber: Adaptasi visual dari *Environmental Protection Agency (EPA)*

Airsparge

Air Sparging adalah teknik remediasi yang digunakan untuk mengolah air tanah dan tanah yang terkontaminasi. Teknik ini melibatkan penyuntikan udara ke bawah permukaan melalui serangkaian sumur untuk menguapkan dan menghilangkan kontaminan.

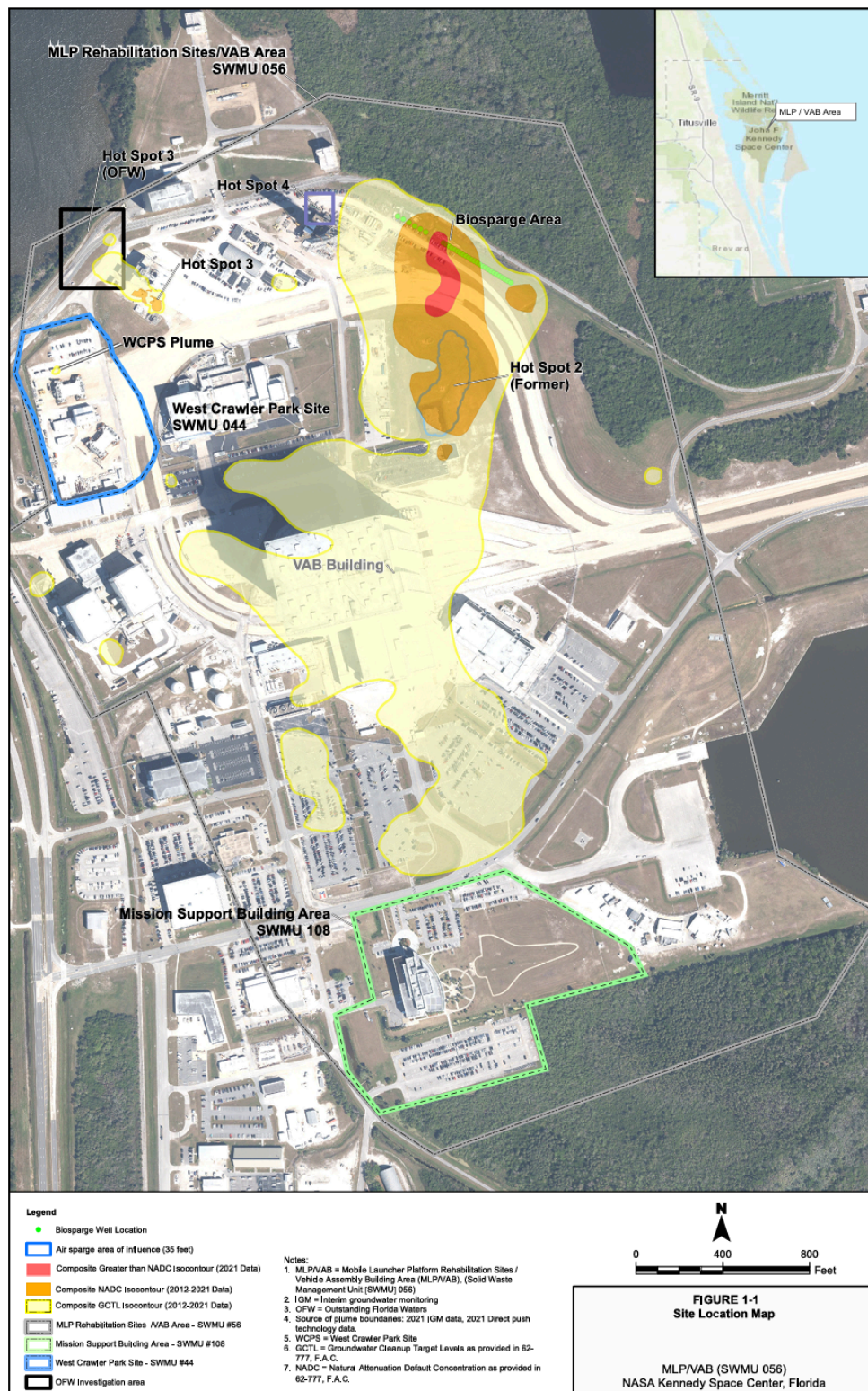
- **Cara Kerja:**
Udara disuntikkan melalui sumur ke dalam akuifer yang terkontaminasi di bawah permukaan air tanah. Udara bergerak melalui kolom tanah, menciptakan pengupas bawah tanah yang menghilangkan kontaminan organik yang mudah menguap dan semivolatil.
- **Manfaat:**
Menghilangkan senyawa yang mudah menguap dari air tanah, meningkatkan kadar oksigen terlarut di zona yang terkontaminasi, merangsang biodegradasi kontaminan secara aerobik
- **Implementasi:**
Sistem pengolahan semburan udara melibatkan pemasangan jaringan sumur injeksi udara. Sumur-sumur ini dirancang untuk menganginkan seluruh area yang akan diolah. Laju aliran dan tekanan udara didasarkan pada kondisi lokasi.

Biosparge

Biosparging adalah proses biologis yang melibatkan penyuntikan udara atau oksigen ke dalam tanah atau air tanah yang terkontaminasi untuk merangsang aktivitas mikroba dan mengurai kontaminan. Ini adalah teknik remediasi yang dapat digunakan untuk menangani berbagai kontaminan, termasuk:

- Minyak mineral
- Senyawa aromatik seperti benzena, toluena, etilbenzena, xilena, dan naftalena (BTEXN)

Biosparging dianggap sebagai pilihan yang lebih efektif, berkelanjutan, dan lebih murah daripada teknik fisik lainnya. Efektivitas biosparging tergantung pada permeabilitas tanah dan kemampuan biodegradasi kontaminan. Misalnya, tanah berbutir halus seperti tanah liat dan lumpur memiliki permeabilitas yang lebih rendah daripada tanah berbutir kasar seperti pasir dan kerikil.



Gambar 5. 10 Map kontur kontaminasi *Groundwatering* (peletakan sumur biosparge)

Sumber: *In Situ Chemical Reduction Interim Measures Work Plan NASA*



Gambar 5.11 Composite NADC Isocontour

Sumber: In Situ Chemical Reduction Interim Measures Work Plan NASA

5.5. Aspek Teknis

Aspek teknis ditujukan sebagai landasan dalam merancang Vehicle Assembly Building yang terdiri dari:

- Alur Perakitan roket dan juga stasiun ruang angkasa
- *Check out Bays*
- Alur Transportasi: Crawler, Truk pengangkut, dan Kapal Tongkang (*Barge*)
- Struktur bangunan: Superstructure dan Substructure
- Platform Kerja
- Handling System
- Crane
- Umbilical Tower

Aspek-aspek tersebut merupakan satu kesatuan dalam proses perakitan roket dan juga tiap aspek memiliki peran yang berbeda-beda namun terkait satu sama lain, seperti yang dibahas pada tinjauan objek pada Bab III bagian *Vehicle Assembly Building*

5.6. Pendekatan Kapasitas dan Besaran Ruang (Fungsional: Besaran dan Kapasitas)

Analisis kapasitas dan besaran ruang dipertimbangkan melalui analisis optimalisasi lahan yang dihubungkan dengan studi objek dan studi ruang pada VAB dan LCC berdasarkan pada bab tinjauan objek.

Keterangan sumber untuk besaran program ruang:

- IBC : International Building Code
- SP : Studi Preseden

No	Kelompok Ruang		Standar	Kapasitas	Jum l-ah	Su m- b er	Luas (m ²)
	Ruang	Sub Ruang /Objek					
Perakitan Roket / Modifikasi VAB / Pengujian / Transportasi / Koordinasi Proyek							
1.	Low Bay		314 m ² /Check Out Bay	8 Typical Check Out Bay	8 unit	SP	
	Typical Check Out Bay	satellite/space station module/vehicle	307 m ² /objek	1 satellite/space station module/vehicle	8 unit	SP	
		Tower struktur		140 m ² /objek	-	10 unit	SP

1.400 m²

		<i>Shaft Elevator (Elevator Type C1)</i>	240 kg/m ³	20 orang	4 unit	SP	
		Jalur Crane	362 m ² /objek	1 orang	5 unit	SP	
2.	High Bay		2712 m²/Assembly Bay	4 Typical Assembly Bay	4 unit	SP	
	<i>Typical Assembly Bay</i>	<i>Crawler Transporter</i>	1.400 m ² /objek	-	4 unit	SP	
		Platform Kerja (<i>Work Platforms</i>)	153 m ² /objek	1 <i>vehicle</i>	44 level	SP	4.380 m ²
	Tower Struktur	<i>Tower Struktur</i>	1.112 m ² /objek	-	6 unit	SP	
		Tenant Area (ruang temporer): - Kantor, - Laboratorium, - Ruang Service,	1,5 m ² /orang	390 orang	5 unit	SP	
		Ruang Kontrol & Panel	10 m ² /orang	60 orang	1 unit	SP	
		<i>Shaft Elevator (Elevator Type C1)</i>	240 kg/m ³	30 orang	13 unit	IBC	
		Jalur Crane	1512 m ² /objek	1 orang	2 unit	SP	
		<i>Catwalk Bridge</i>	195 kg/m ²	20 orang	6 unit	IBC	6672 m ²
3.	Lorong Transfer (<i>Transfer Aisle</i>)		13,5 m ² /orang	5.500 orang	1 jalur	SP	5532 m ²
Sub Total							12.204 m ²
Sirkulasi (52%)							13.443 m ²
Total (Dibulatkan)							25.647 m ²

Tabel 5. 9 Pendekatan Kapasitas dan Besaran Ruang

Sumber: Olah Data Pribadi