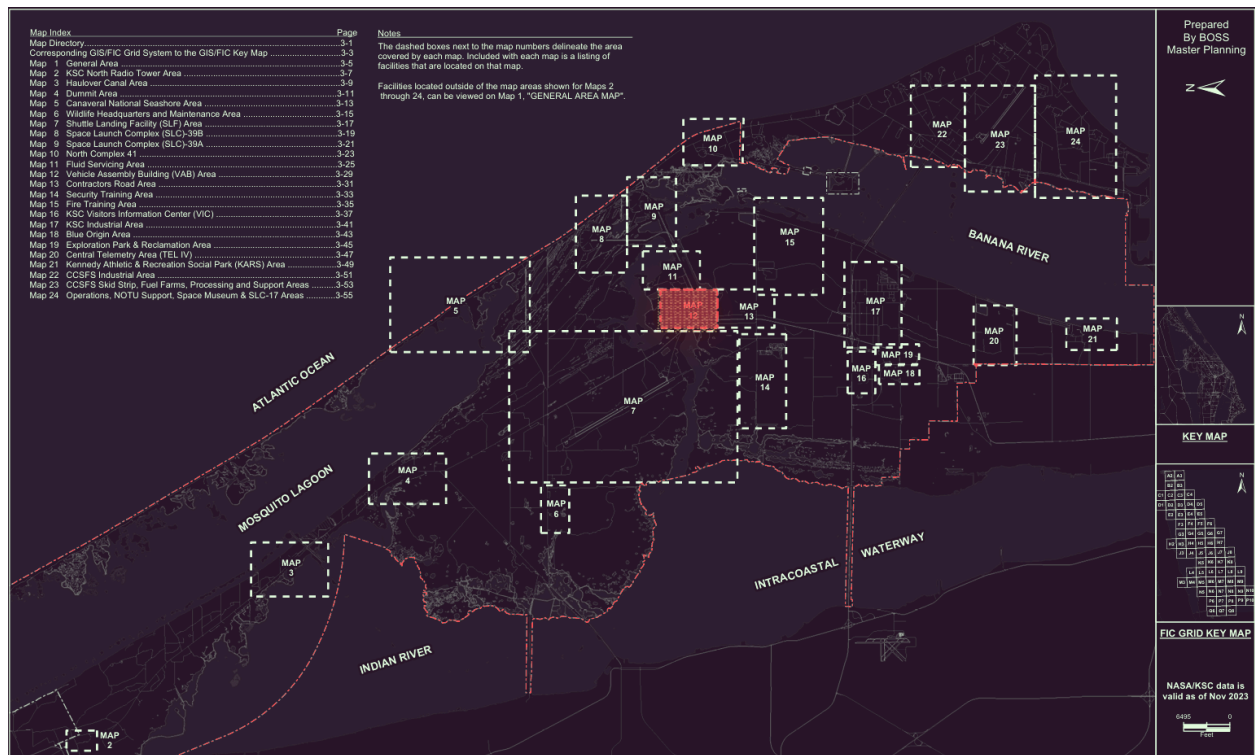


BAB IV

TINJAUAN LOKASI & TAPAK OBJEK

4.1. Kompleks Peluncuran 39 Kennedy Space Center

4.1.1. Lokasi Masterplan dan Fasilitas Sekitar



Gambar 4.1 Masterplan KSC

Sumber: NASA Facility Utilization Map (2023)

Tinjauan lokasi ini ditujukan sebagai pedoman data perancangan redesain dari Vehicle Assembly Building dengan luasan 32.000 m² yang menyesuaikan dengan fungsi baru untuk meluncurkan misi stasiun ruang angkasa Vehicle Assembly Building (VAB) NASA berada di Kompleks Peluncuran 39 di Kennedy Space Center (KSC) pada area MAP 12 (pada gambar di atas) dengan luasan tapak 2,800 ha Brevard County, Florida, Amerika Serikat. Lokasi tepatnya di Pulau Merritt, pantai Atlantik Florida, sekitar 149 mil (240 km) selatan Jacksonville, 219 mil (352 km) utara Miami, dan 50 mil (80 km) timur Orlando.

K6-0894H	D6	HAZARDOUS WASTE STAG NG BU LD NG/PORTABLE	442-30	Flammables Storehouse - Ready Issue	144 Sq Ft		2003	NASA
K6-0894I	E6	HAZARDOUS WASTE STAGING BU LD NG/PORTABLE	442-30	Flammables Storehouse - Ready Issue	144 Sq Ft	SEM PERMANENT	2003	NASA
K6-0895	D6	PUMP HOUSE (OPF)	843-20	Fire Protection Pumping Station	3,511 Sq Ft		1977	NASA
K6-0896	D6	WATER PUMP STATION	841-10	Water Treatment Facilities (Other than buildings -- 1521)	3,900 Sq Ft		2015	NASA
K6-0896A	D6	HYDROPNEUMATIC TANK	841-40	Storage Tanks - Ground Level - Potable		PERMANENT	2017	NASA
K6-0897	D6	SEWAGE LIFT STATION	832-30	Sewage Pumping Station		PERMANENT	1966	NASA
K6-0899	C6	TURNST LE SHELTER	872-20	Guard and Watch Towers	192 Sq Ft	SEM PERMANENT	1980	NASA
K6-0900	C6	ROCCO A. PETRONE LAUNCH CONTROL CENTER	381-10	Launch Control Center Buildings (Launch Complex)	230,436 Sq Ft	PERMANENT	1966	NASA
K6-0900A	C6	BATTERY ROOM	381-10	Launch Control Center Buildings (Launch Complex)	432 Sq Ft	SEM PERMANENT	1988	NASA

Tabel 4.1 Fasilitas di KSC

Sumber: NASA Facility Utilization Map (2023)

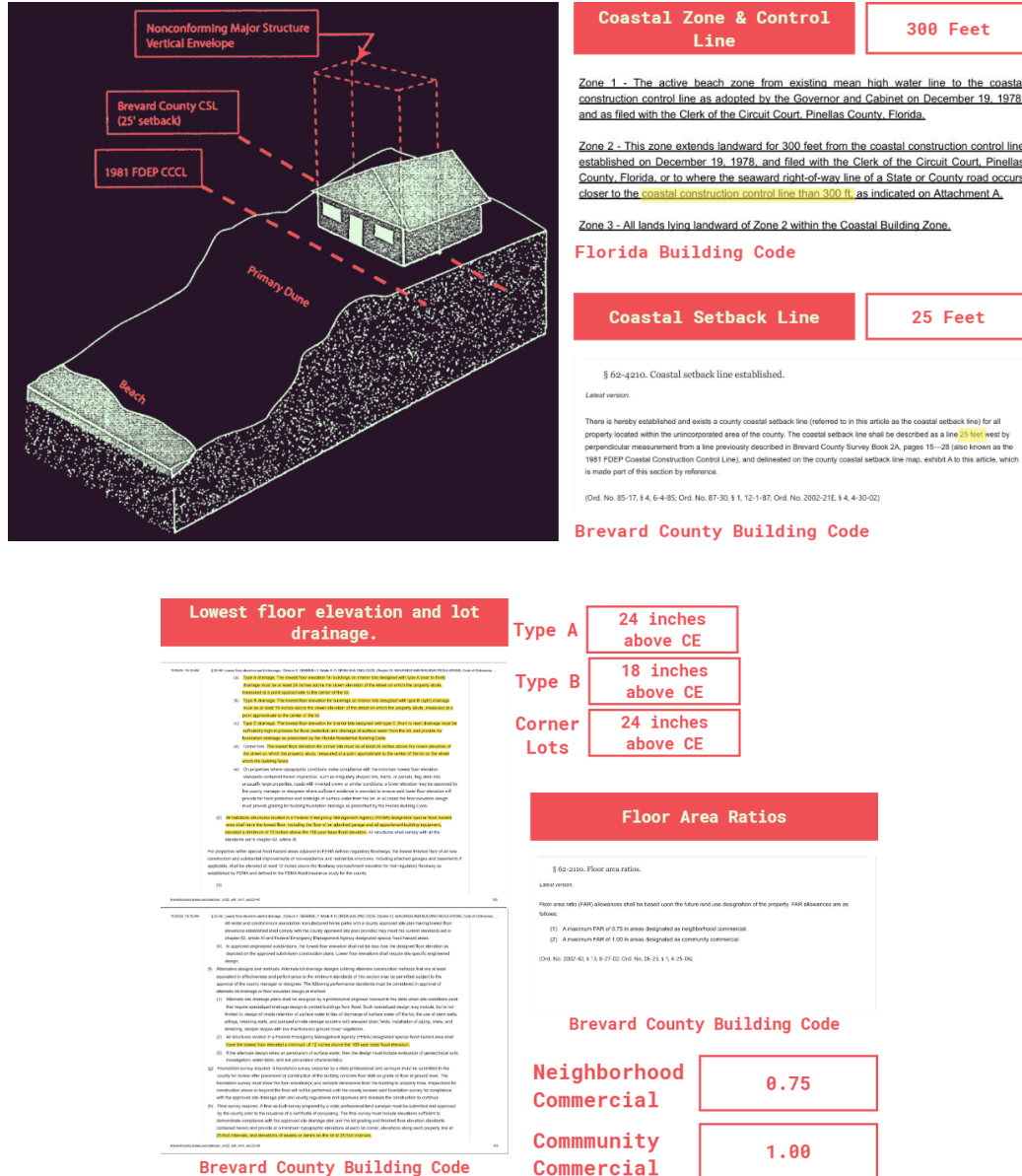


Gambar 4.3 Area Sekitar VAB

Sumber: foto oleh Jonathan H. Ward

4.1.2 Regulasi di Kennedy Space Center

VAB berada di dalam klasifikasi zona spesial yaitu zona *Government managed land zoning classification*, dengan kode GML dalam dokumen *Brevard County Building Code*. berikut beberapa regulasi pada tapak dan klasifikasi zona tersebut:



Gambar 4.4 Regulasi Coastal Zone, Control Line, Lowest Floor Elevation, dan Floor Area Ratios

Sumber: CODE OF ORDINANCES OF BREVARD COUNTY, FLORIDA VOLUME I, n.d. & IBC (2023)

Coastal Construction Control Line: 300 feet / 91,44 meter

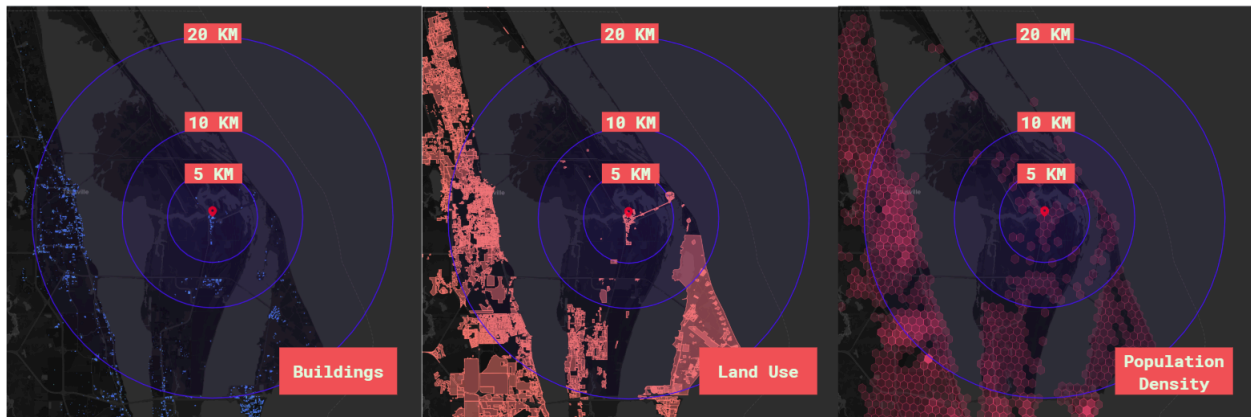
Coastal Setback Line: 25 Feet / 7,62 meter

Lowest Floor Elevation:

- Type A Drainage (Belakang ke Depan): Lantai terendah harus setidaknya 24 inci/0,6 meter di atas elevasi puncak jalan.
- Type B Drainage (Split): Lantai terendah harus setidaknya 18 inci / 0,4 meter di atas elevasi puncak jalan.
- Corner Lots: Lantai terendah harus setidaknya 24 inci/0,6 meter di atas elevasi puncak jalan yang dihadapi bangunan.

Floor Area Ration: 75% / 100%

4.1.3. Surrounding Site Analysis



Gambar 4.5 Analisis bangunan, penggunaan lahan, dan kepadatan populasi dalam radius 20 km

Sumber: hasil analisis GIS OSM

Kennedy Space Center, sebagai salah satu pusat peluncuran roket paling ikonik di dunia, memiliki karakteristik lingkungan sekitar yang sangat spesifik untuk mendukung operasinya. Analisis terhadap area dalam radius 20 km dari KSC menunjukkan beberapa hal menarik:

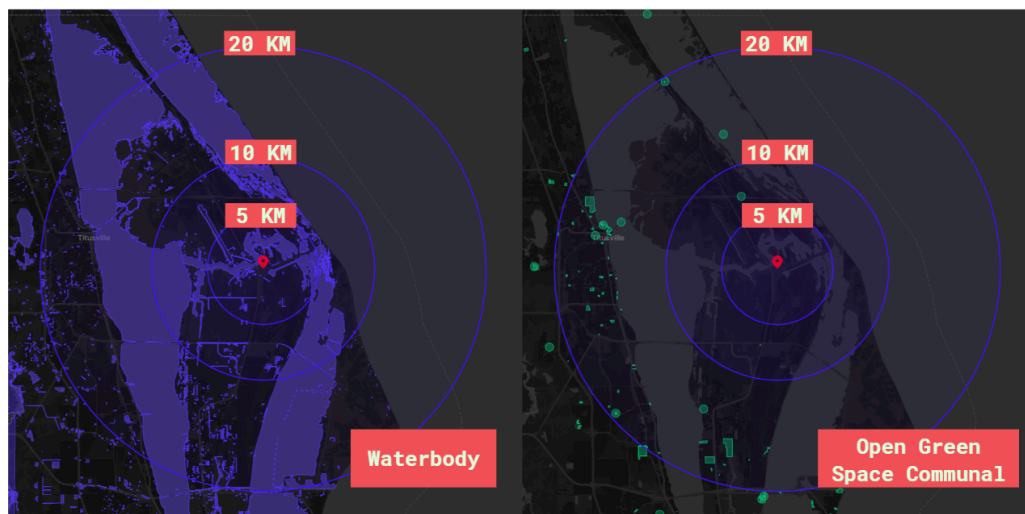
- **Penggunaan Lahan:** Sebagian besar lahan di sekitar KSC didominasi oleh kawasan konservasi, hutan lindung, dan area terbuka hijau. Penggunaan lahan ini sengaja dipertahankan untuk menjaga kealamian lingkungan, meminimalisir dampak peluncuran roket terhadap penduduk sekitar, dan menyediakan buffer zone yang aman. Selain itu, terdapat pula fasilitas pendukung KSC seperti laboratorium, hanggar, dan area uji coba.
- **Bangunan:** Selain fasilitas KSC, terdapat beberapa permukiman penduduk di sekitar, namun dengan kepadatan yang relatif rendah. Pemukiman ini umumnya terletak di tepi area konservasi dan memiliki jarak yang cukup jauh dari pad peluncuran.
- **Populasi:** Populasi di sekitar KSC tergolong rendah dibandingkan dengan daerah perkotaan lainnya. Hal ini sejalan dengan upaya untuk menjaga jarak aman antara area pemukiman dengan fasilitas peluncuran roket.

Kaitan dengan Kriteria Tapak Peluncuran Roket

Analisis lingkungan sekitar KSC menunjukkan bahwa lokasi ini sangat sesuai dengan kriteria tapak peluncuran roket. Beberapa alasannya adalah:

- **Keamanan:** Dengan dominasi area konservasi dan populasi yang rendah, risiko terhadap penduduk sekitar akibat kegagalan peluncuran dapat diminimalisir.
- **Kedekatan dengan Air:** KSC terletak di dekat Samudra Atlantik, sehingga komponen roket yang jatuh akan lebih mungkin mendarat di air daripada di area berpenduduk.
- **Geografi:** Posisi KSC yang menghadap ke timur sangat menguntungkan karena memanfaatkan rotasi bumi untuk meningkatkan kecepatan peluncuran.
- **Cuaca:** Meskipun Florida dikenal dengan cuaca yang sering berubah, namun KSC telah dilengkapi dengan sistem pemantauan cuaca yang canggih untuk meminimalisir risiko penundaan peluncuran akibat cuaca buruk.
- **Faktor Tambahan:** KSC memiliki azimuth peluncuran yang lebar, jalur penerbangan downrange yang tidak terhalang, dan telah menerapkan prosedur keselamatan yang ketat.

Berdasarkan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa pemilihan lokasi KSC sebagai pusat peluncuran roket telah mempertimbangkan berbagai faktor secara matang. Lingkungan sekitar yang mendukung, serta penerapan standar keselamatan yang tinggi, menjadikan KSC sebagai salah satu fasilitas peluncuran roket paling aman dan efisien di dunia.

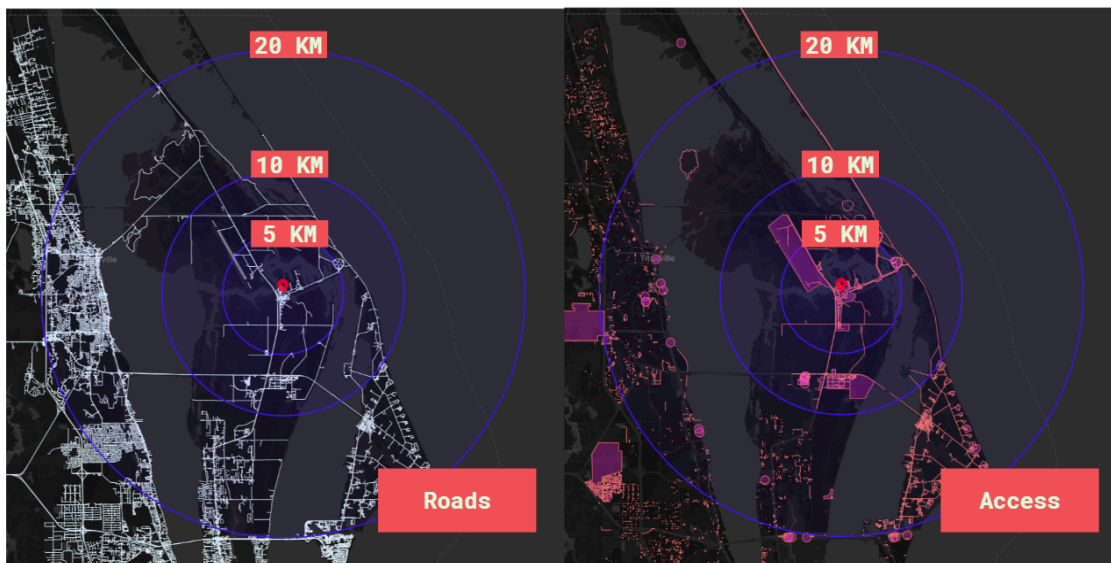


Gambar 4.6 Permukaan berair dan lahan terbuka dalam radius 20 km

Sumber: hasil analisis GIS OSM

Selain dominasi area konservasi dan fasilitas pendukung, salah satu karakteristik unik dari lingkungan sekitar Kennedy Space Center adalah keberadaan berbagai jenis permukaan air. Sungai-sungai kecil, muara, dan terutama *turning basin* yang digunakan untuk transfer logistik memainkan peran penting dalam operasi KSC.

- **Turning Basin (cekungan air):** Fasilitas *turning basin* yang berada di dekat area peluncuran memiliki fungsi strategis dalam proses pengiriman dan penerimaan komponen roket berukuran besar. Perairan yang cukup dalam dan luas memungkinkan kapal-kapal angkut untuk bermanuver dan mendekat ke dermaga khusus. Hal ini sangat efisien untuk mengangkut komponen-komponen roket yang terlalu besar atau berat untuk diangkut melalui jalan darat.
- **Ross Creek:** Lokasi Ross Creek yang berada dekat dengan Vehicle Assembly Building (VAB) memiliki potensi yang sangat besar. Selain berfungsi sebagai jalur air alami, Ross Creek juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, Pendinginan Air dari Ross Creek dapat digunakan sebagai media pendingin untuk sistem-sistem tertentu di KSC, sehingga membantu menjaga suhu peralatan tetap stabil. Ross creek ini juga dapat dimanfaatkan dalam pembuangan limbah kimia dan pengurangan kontaminasi menggunakan *airsparging* dan *biosparging*



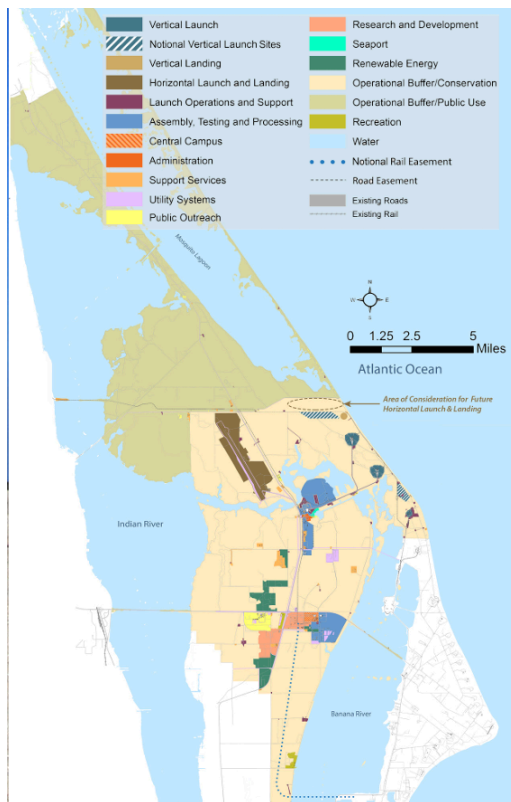
Gambar 4.7 Jalan dan aksesibilitas dalam radius 20 km

Sumber: hasil analisis GIS OSM

Selain keberadaan permukaan air dan fasilitas pendukung lainnya, aspek aksesibilitas juga menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan dan pengembangan Kennedy Space Center. Aksesibilitas yang baik sangat krusial untuk menunjang kelancaran operasional, baik itu untuk mobilitas karyawan, pengiriman logistik, maupun pergerakan kendaraan khusus seperti crawler transporter.

- Jaringan Jalan: KSC dilengkapi dengan jaringan jalan yang luas dan terintegrasi, menghubungkan berbagai fasilitas di dalam kompleks, mulai dari pusat kendali, bengkel perakitan, hingga pad peluncuran. Jalan-jalan ini dirancang untuk menampung lalu lintas kendaraan berat seperti truk pengangkut komponen roket, serta kendaraan pribadi karyawan.
- Akses dari Luar: Untuk mendukung pengiriman logistik dari luar kompleks, KSC memiliki akses jalan yang terhubung dengan jaringan jalan raya umum. Akses ini memungkinkan pengiriman komponen roket berukuran besar dan berat secara efisien.
- Jalur Crawler Transporter: Salah satu infrastruktur yang paling ikonik di KSC adalah jalur crawler transporter. Jalur khusus ini dibangun untuk memfasilitasi pergerakan crawler transporter yang membawa Vehicle Assembly Building (VAB) menuju pad peluncuran. Jalur crawler transporter ini dirancang dengan sangat presisi untuk memastikan keamanan dan kelancaran proses peluncuran.
- Akses Khusus: Selain akses umum, KSC juga memiliki akses khusus untuk kendaraan tertentu, seperti kendaraan darurat dan kendaraan yang membawa bahan berbahaya. Akses khusus ini dilengkapi dengan sistem keamanan yang ketat untuk menjaga keamanan seluruh area.

4.1.4 Masterplan penggunaan lahan di masa depan dan tapak

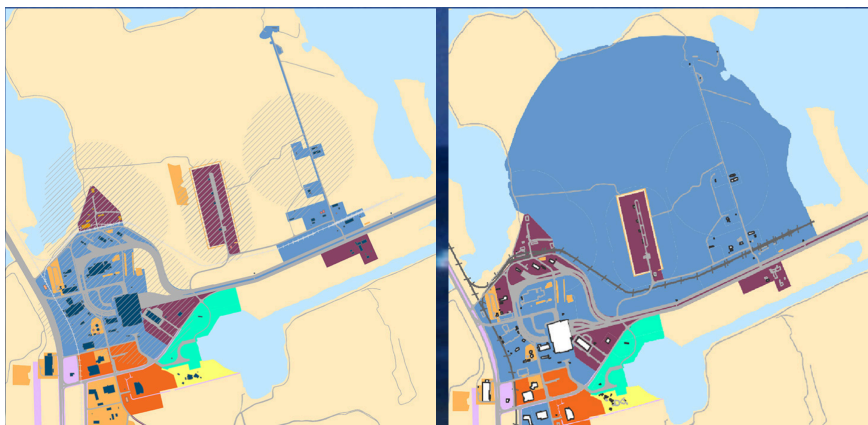


Gambar 4.8 Future Land Use

Sumber: (Masterplan Executive Summary 2012-2032, 2016)

Rencana Penggunaan Lahan Masa Depan ini merupakan masterplan proyeksi penggunaan lahan kerangka kerja perencanaan yang mendukung kelanjutan Program NASA dan peluang non-NASA (perusahaan komersial) di masa depan. Rencana Penggunaan Lahan Masa Depan menguraikan di mana pengembangan dapat terjadi, bagaimana lahan dapat digunakan, dan bagaimana kemampuan strategis dapat dikembangkan untuk mendukung evolusi KSC *spaceport* multi pengguna.

Pengembangan ini juga memungkinkan porsi penggunaan atau operasi NASA lebih kecil dan lebih efisien, dan mengembangkan daya tarik investasi non-NASA (komersial) dengan memperluas otonomi operasional yang dihasilkan dari Masterplan.



Gambar 4.9 Future Land Use VAB Area

Sumber: (Masterplan Executive Summary 2012-2032, 2016)

Area lahan tambahan ditetapkan sebagai area Perakitan, Pengujian dan Pemrosesan untuk memberikan dukungan

bagiantisipasi peningkatan aktivitas peluncuran di masa depan dan pembangunan tanggul laut akan mengurangi potensi kenaikan permukaan air laut.

Luas dan jarak total tapak perancangan:

Luas Total 3,3 km² (1,17 mil²)

Jarak Total: 6,97 km² (4,33 mil²)

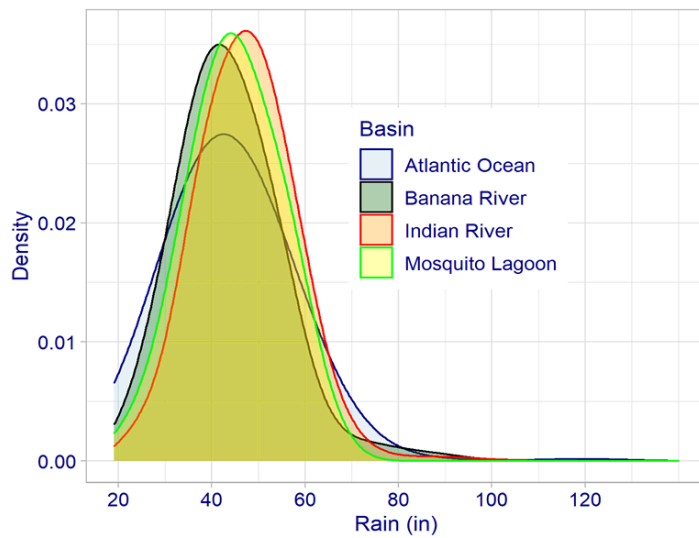
4.1.5. Hydrologic Baseline Conditions and Projected Trends for Kennedy Space Center and the Cape Canaveral Barrier Island Complex

Basin	NEXRAD Cells	Sample Size	Average Annual Rainfall (in)	Median Annual Rainfall (in)	Minimum Annual Rainfall (in)	Maximum Annual Rainfall(in)	Standard Deviation
Atlantic Ocean	9	225	43.95	43.32	22.41	119.45	11.45
Banana River	113	2,825	43.82	42.55	20.09	121.92	11.12
Indian River	317	7,925	47.47	47.26	20.07	139.96	10.68
Mosquito Lagoon	89	2,225	44.89	44.78	19.13	68.71	9.34
CCBIC	528	13,200	46.19	45.78	19.13	139.96	10.70
KSC	150	3,750	44.47	44.39	19.13	87.04	9.58

Tabel 4.2 Statistik air hujan

Sumber: Descriptive statistics based on the St. Johns River Water Management District rain gauge adjusted NEXRAD data

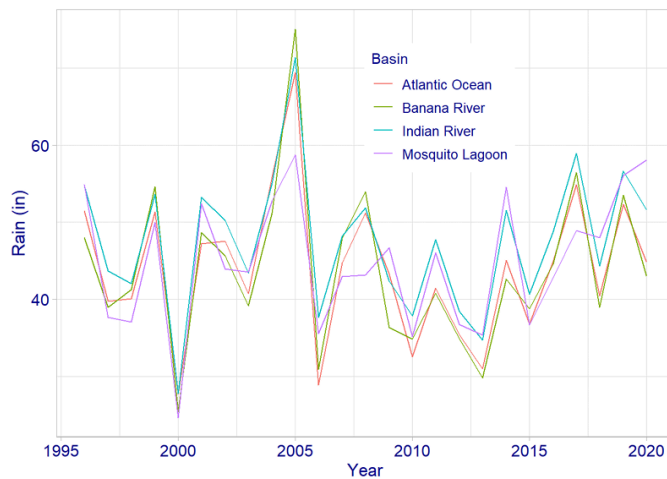
menunjukkan sebuah boxplot dari data NEXRSAD berdasarkan tahun. Ingat bahwa garis putus-putus mewakili median, kotak membentang antara persentil ke-25 dan ke-75, dan kumis mewakili persentil ke-1 dan ke-99. Pencilan dimulai dari $\pm 1,5$ * rentang kuartil bagian dalam. Yang paling penting adalah tidak adanya tren peningkatan kejadian ekstrem yang sering diprediksi oleh model perubahan iklim. Tahun terkering adalah tahun 2000, tahun dimana Florida “Terbakar” dan tahun terbasah adalah tahun 2005.



Gambar 4.10 Tren temporal dalam curah hujan di 4 *basin* (cekungan)

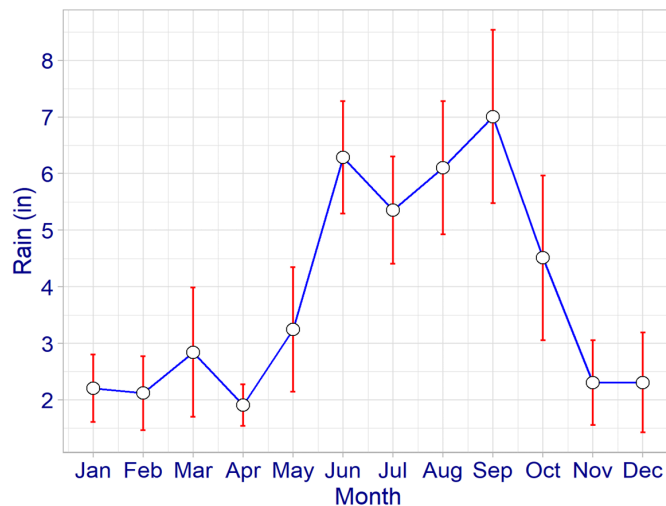
Sumber: CCBIC basins annual NEXRAD rainfall density distributions.

menampilkan tren temporal tahunan 25 tahunan dalam curah hujan di antara 4 cekungan. Pola temporal secara keseluruhan sangat mirip di antara cekungan-cekungan tersebut.



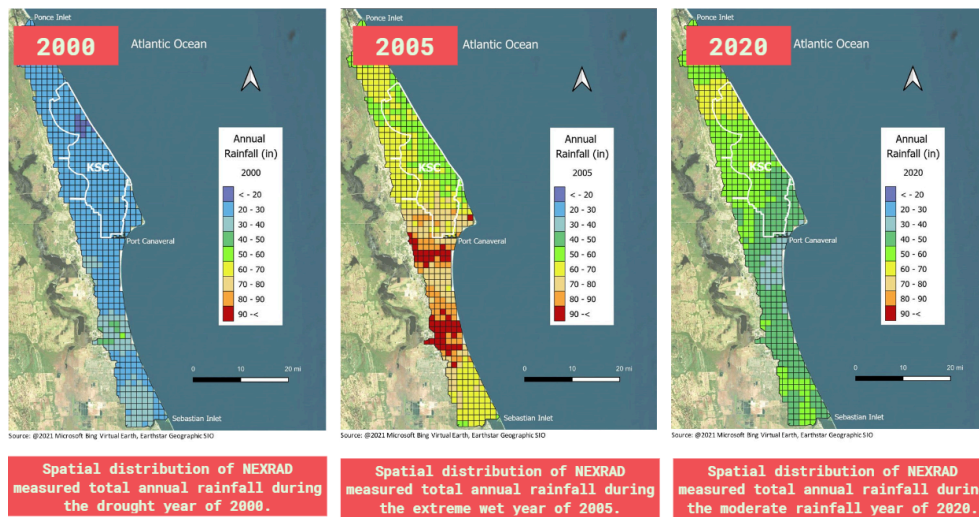
Gambar 4. 11 Tren curah hujan tahunan selama 25 tahun untuk cekungan CCBIC.

Sumber: CCBIC basins annual NEXRAD rainfall density distributions.



Gambar 4. 12 Pola bulanan data curah hujan total rata-rata CCBIC NEXRAD dan interval kepercayaan 95% antara tahun 1996 dan 2021.

Sumber: CCBIC basins annual NEXRAD rainfall density distributions.



Gambar 4. 13
Area spasial hujan

Sumber: CCBIC
basins annual
NEXRAD rainfall
density
distributions.

Area spasial air hujan tahunan menunjukan perubahan kestabilan curah air hujan

2005- kekeringan

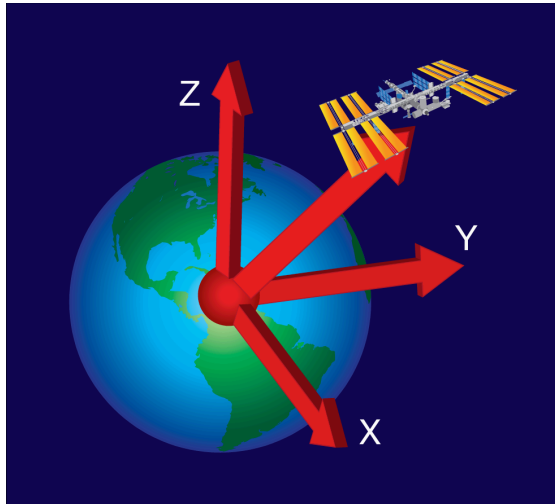
2005- area basah ekstrem

2020- sedang dan stabil

4.2. Level Orbital *International Space Station: Low Earth Orbit*

ISS terbang dalam orbit yang hampir melingkar dengan kemiringan 51,6 derajat terhadap khatulistiwa dan mengelilingi Bumi setiap 90 menit sekali. Ketinggian orbit biasanya sekitar 410 km (255 mil) di atas permukaan Bumi, meskipun ketinggian yang tepat dimanipulasi dengan dorongan ulang dan dengan manipulasi kecil dari tarikan stasiun ruang angkasa melalui penentuan posisi susunan surya (lihat Bab 9). Manipulasi orbit ini memastikan ISS berada pada ketinggian dan posisi yang tepat di orbit untuk berbagai kendaraan pemindah kargo dan awak

yang bertemu dengan ISS, serta pada posisi yang tepat untuk melepas muatan dan kendaraan pemindah awak yang kembali ke Bumi.



Gambar 4.14 ISS position vector.

Sumber: *The International Space Station Operating an Outpost in the New Frontier* (Dempsey, 2017)

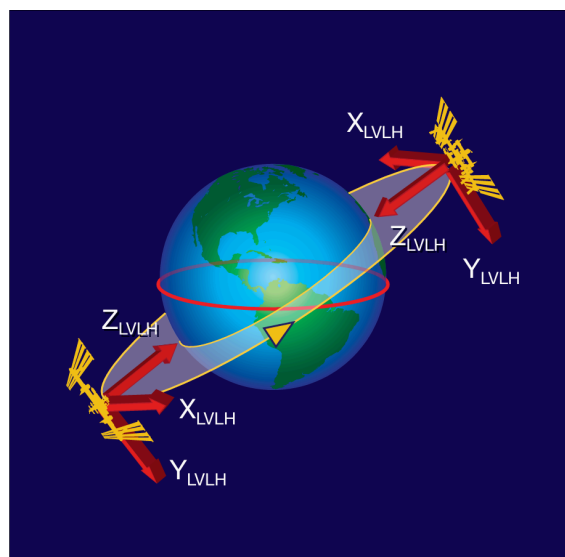
ISS mempertahankan posisi rotasi dengan menggunakan kontrol sikap saat berada di orbit ini. Tidak seperti, misalnya, pesawat terbang di ruang orbit, tidak ada “naik” atau “turun” yang didefinisikan secara alami di stasiun ruang angkasa. ISS biasanya melakukan kontrol sikap dalam kerangka koordinat yang disebut *Local Vertical, Local Horizontal (LVLH)*

Gambar 4. 15 LVLH reference frame. Note that the reference frame rotates so that Z (and the bottom of the ISS) always points at the Earth.

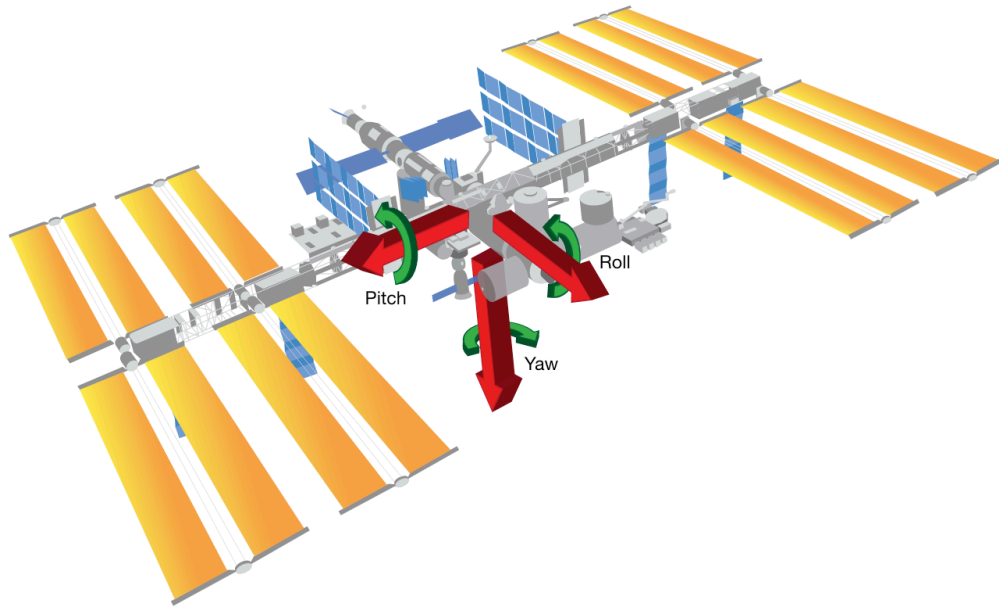
Sumber: ISS position vector.

Sumber: *The International Space Station Operating an Outpost in the New Frontier* (Dempsey, 2017)

Dalam kerangka referensi ini, sumbu +X menunjuk sepanjang vektor kecepatan di orbit, sumbu +Z menunjuk ke arah pusat Bumi, dan sumbu +Y tegak lurus terhadap bidang X-Z. Kerangka ini disebut sebagai kerangka koordinat berputar karena sumbu Z selalu mengarah ke pusat Bumi.



ikap yang tepat dari ISS dalam bingkai ini biasanya digambarkan dengan Yaw, Pitch, dan Roll (YPR) dalam derajat



Gambar 4. 16 YPR attitude definitions for the ISS.

Sumber: *The International Space Station Operating an Outpost in the New Frontier* (Dempsey, 2017)

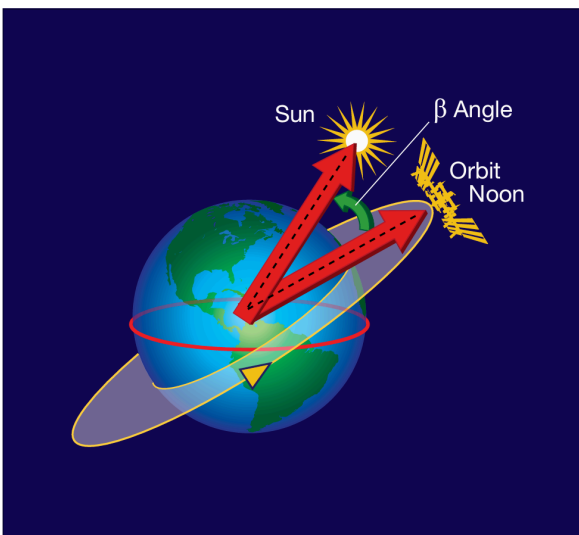
Ketika ISS tepat sejajar dengan LVLH, ISS berada pada posisi Yaw = 0, Pitch = 0, dan Roll = 0-atau, secara singkat, YPR 0,0,0. Ketika berada pada posisi ini, jika seseorang duduk di atas ISS, cakrawala Bumi akan terlihat di depannya, seolah-olah orang tersebut sedang berada di dalam pesawat. Jika orang tersebut melihat ke bawah, ia akan melihat Bumi. ISS biasanya terbang dalam beberapa derajat dari sikap LVLH, sikap keseimbangan torsi yang khas (yang akan dijelaskan nanti) saat stasiun luar angkasa meluncur adalah YPR -4,-3,0. Beberapa sikap khusus-misalnya, sikap naik 90 derajat untuk beberapa kendaraan Rusia yang akan lepas landas-digunakan untuk waktu yang singkat, biasanya paling lama beberapa jam.

Dengan terbang dalam kerangka referensi LVLH, “sisi bawah” ISS menghadap ke Bumi saat stasiun ruang angkasa bergerak mengelilinginya. Hal ini memberikan beberapa keuntungan. Paket ilmiah yang ditujukan untuk pengamatan Bumi (seperti kamera) dapat dipasang pada posisi tetap di bagian bawah ISS, sedangkan antena komunikasi dan antena lainnya dapat melihat ruang angkasa dengan jelas di bagian atas. Perlindungan termal dapat dirancang secara khusus untuk sisi ISS yang menghadap ke Bumi atau yang menghadap ke luar angkasa. Salah satu kelemahannya adalah matahari akan tampak terus bergerak ketika ISS melintas di bawahnya; oleh karena itu, array surya artikulasi dirancang untuk melacak matahari dan menghasilkan daya maksimum.

Fitur terakhir dari orbit ISS adalah geometri orbit ISS terhadap matahari. Saat stasiun ruang angkasa mengorbit, matahari terbit dan terbenam di setiap orbitnya (16 kali sehari). Ketika

matahari berada paling tinggi di langit, saat itu juga disebut sebagai tengah hari (seperti di Bumi) - atau, lebih khusus lagi, tengah hari orbit, karena tengah hari terjadi satu kali dalam satu orbit.

Garis yang ditarik dari pusat Bumi ke titik di orbit tempat terjadinya siang orbit disebut vektor siang orbit. Garis yang ditarik dari pusat Bumi langsung ke matahari disebut vektor matahari.



Gambar 4. 17 Definition of beta angle (β).

Sumber: *The International Space Station Operating an Outpost in the New Frontier* (Dempsey, 2017)

Matahari bisa berada hampir tepat di atas kepala saat tengah hari atau mungkin berada jauh di sisi kiri atau kanan orbit, tergantung pada orientasi orbit ISS. Sudut antara vektor matahari dan vektor tengah hari orbit ISS, yang ditunjukkan pada Gambar 7, dikenal sebagai sudut beta (β). Sudut beta bervariasi antara +75 derajat (rendah di sebelah kiri ISS saat terbang di LVLH), 0 derajat (tepat di atas kepala), dan -75 derajat (rendah di sebelah kanan ISS). Sudut beta yang

tepat bergantung pada posisi Bumi di orbit mengelilingi matahari (matahari berada di atas belahan bumi utara pada bulan Juni dan di atas belahan bumi selatan pada bulan Desember), dan orientasi orbit ISS terhadap Bumi (yang bergeser ke arah barat beberapa derajat per hari karena pusat Bumi yang menggembung). Sudut beta perlahan-lahan berayun antara ekstrem negatif dan positif selama beberapa bulan, beberapa derajat per hari.

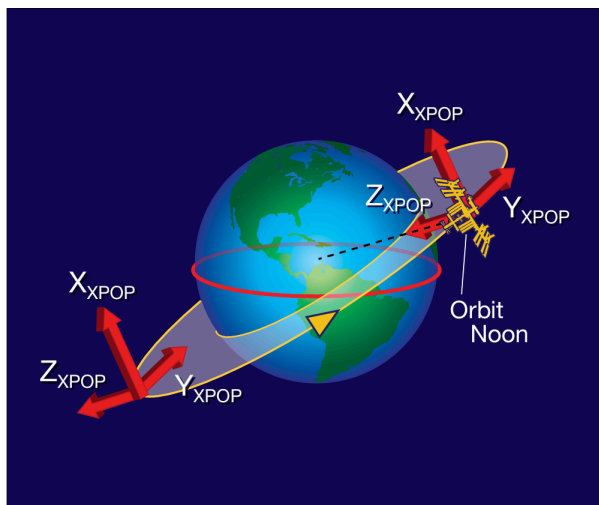
Gambar 4. 18 XPOP reference frame.

Sumber: *The International Space Station Operating an Outpost in the New Frontier* (Dempsey, 2017)

Efek yang paling terlihat dari sudut beta pada ISS adalah efek dari gimbal sekunder pada susunan surya ISS, yang juga dikenal sebagai gimbal beta. Gimbal ini digunakan untuk memutar array ke kiri atau ke kanan ketika matahari lebih rendah di langit

Bingkai referensi yang disebut X-Perpendicular Out of Plane (XPOP) digunakan untuk kontrol sikap pada bagian awal perakitan ISS, sebelum susunan surya dan gimbal dipasang secara lengkap.

XPOP adalah kerangka referensi yang setara dengan LVLH dengan yaw 90 derajat, tetapi



hanya pada siang hari di orbit. Kerangka ini pada dasarnya tetap berada di ruang inersia, yang berarti kerangka ini tidak berotasi ketika ISS mengelilingi Bumi, seperti halnya LVLH. XPOP dirancang untuk mengarahkan ISS ke arah matahari, yang berguna pada sudut beta yang lebih tinggi ketika susunannya hanya dapat ditempatkan pada posisi yang terbatas.