RUNTUHNYA MENARA KEMBAR WTC
11 SEPTEMBER 2001 (9/11)
NEW YORK USA

Murni ditabrak pesawat atau ada sebab lainnya?



DIKOMPILASI OLEH:

Apriadi Herlambang, ST, MPd

Asesor Kompetensi Pertapin Raya

YANG PERLU DIKETAHUI

1. COVER
2. YANG PERLU DIKETAHUI
3. SEJARAH WTC
4. PENDAHULUAN
5. REFERENSI-REFERENSI
6. KRONOLOGI
7. METODOLOGI PENGERJAAN KONSTRUKSI GEDUNG WTC
8. FOTO-FOTO SEBELUM, SAAT DAN SETELAH RUNTUHNYA WTC
9. VIDEO ANIMASI FISIKA LENGKAP KERUNTUHAN GEDUNG WTC
10. KOMPLEK WTC SAAT INI
11. METODOLOGI ONE WTC 2023
12. TITIK LELEH/LEBUR BAJA
13. KESIMPULAN
14. CLOSING STATEMENT
15. THE END

SEJARAH WTC

Kompleks WTC, yg secara resmi dibuka pada 4 April 1973, terdiri dari 7 bangunan terpisah yg mengelilingi plaza semen. Arsitek Minoru Yamasaki, telah ditugaskan oleh Otoritas Pelabuhan New York & New Jersey utk membuat kompleks yg menyediakan ruang kantor seluas 12 juta kaki persegi (3,66 jt m2) di lahan seluas 16 hektar.

16 hektar/kira2 seluas 700.000 kaki persegi/kira2 seukuran 12 lapangan sepak bola. Area ini harus menampung semacam gedung tinggi. Dia mempertimbangkan beberapa ide desain, & akhirnya memutuskan utk membangun kompleks dgn 7 bangunan, di mana dua bangunan akan menjadi menara setinggi 110 lantai, yg berisi total ruang kantor seluas 9 juta kaki persegi.

John Skilling & Leslie E. Robertson dari firma teknik yg berpusat di Seattle. Worthington, Skilling, Helle, & Jackson dipekerjakan utk menyelesaikan desain struktur yg sebenarnya.

PENDAHULUAN

11 September 2001, 2 Boeing 757 menabrak 2 menara tinggi World Trade Center (1) utara & (2) Selatan di New York City. Terjadinya Kerusakan struktural yg disebabkan oleh:

- Benturan pesawat ke menara tsb,
- Bahan bakar jet yg bocor menyebabkan kebakaran besar & ledakan cepat di gedung-gedung tsb.

Menara-menara tersebut runtuh dlm waktu dua jam setelah serangan. Meskipun para penyelidik mungkin memerlukan waktu bertahun-tahun utk menentukan mengapa struktur tersebut runtuh, kita dpt memeriksa desain struktural menara & beberapa teori yg telah diajukan utk membentuk hipotesis kita sendiri tentang penyebab keruntuhan tersebut.

source: https://illumin.usc.edu/why-the-world-trade-center-towers-collapsed/

REFERENSI-REFERENSI

1. Institut Nasional Standar dan Teknologi /NIST
   https://en.wikipedia.org/wiki/Collapse_of_the_World_Trade_Center
2. Badan Federal Penanganan Gawat Darurat (Federal Emergency Management Agency /FEMA)
   https://theconversation.com/membantah-teori-konspirasi-9-11-pakar-teknik-menjelaskan-runtuhnya-_menara-kembar-wtc-167633
3. National Geographic
   https://nationalgeographic.grid.id/read/132875492/sebuah-teori-alternatif-menjelaskan-proses-_runtuhnya-menara-kembar-wtc?page=all
4. CNN Indonesia
   https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210914122548-199-694029/ahli-bicara-sebab-wtc-7-runtuh-sendiri-7-jam-usai-teror-9-11
5. JOM Journal
   https://www.tms.org/pubs/journals/jom/0112/eagar/eagar-0112.html
   https://www.tms.org/pubs/journals/jom/0112/eagar/eagar-0112.html
6. *Https://illumin.usc.edu/why-the-world-trade-center-towers-collapsed/*
7. Institut Nasional Standar dan Teknologi /NIST
   https://www.nist.gov/world-trade-center-investigation/study-faqs/wtc-7-investigation
8. Fisika Lengkap Analisa Keruntuhan Bangunan Gedung WTC
   https://www.youtube.com/watch?v=jnO8g5GfUsw

Adi_Lsp_Kls

KRONOLOGI

1. Pkl 08.45, Selasa, 11 September 2001, American Airlines Penerbangan 11, sebuah Boeing 757 yg menuju Los Angeles, menabrak Menara Utara kompleks WTC 1.
2. Delapan belas menit kemudian, United Airways Penerbangan 175, juga sebuah Boeing 757 yg menuju Los Angeles, menabrak Menara Selatan (WTC 2). Pesawat kedua ini menabrak sekitar lantai 60,
3. Dan 62 menit kemudian, pada pukul 10.05, gedung itu runtuh.
4. Menara Utara ditabrak sekitar lantai 90, & runtuh pada pukul 10.28,
5. 105 menit setelah benturan. Kedua tabrakan tsb merusak parah sebagian besar kolom perimeter setiap menara, serta byk struktur lantai, yg melemahkan seluruh sistem. Kemudian, kebakaran dari ledakan bahan bakar jet di dlm gedung menyebar ke seluruh lima belas hingga dua puluh lantai setiap menara.
6. Banyak pengamat & ahli tidak setuju apakah benturan atau kebakaran yg menyebabkan keruntuhan/apakah itu kombinasi keduanya.

source: Https://illumin.usc.edu/why-the-world-trade-center-towers-collapsed/

METODOLOGI PENGERJAAN KONSTRUKSI GEDUNG WTC

Seluruh kompleks ini dibangun di atas fondasi ruang bawah tanah 6 lantai, dgn dalam 23 meter & menampung toko-toko, terowongan kereta bawah tanah, & garasi parkir. Utk mengakomodasi struktur fondasi seperti itu, 1,2 juta meter kubik tanah & batu dipindahkan dari lokasi tsb.

Strukturnya dirancang sbg kombinasi 3 komponen utama: kolom perimeter, kolom inti interior, & lantai.

Setiap Menara WTC dibangun dlm formasi tubular (tabung) yg sama, dgn ketinggian 1.362 kaki & 1.368 kaki utk WTC 1 dan 2.

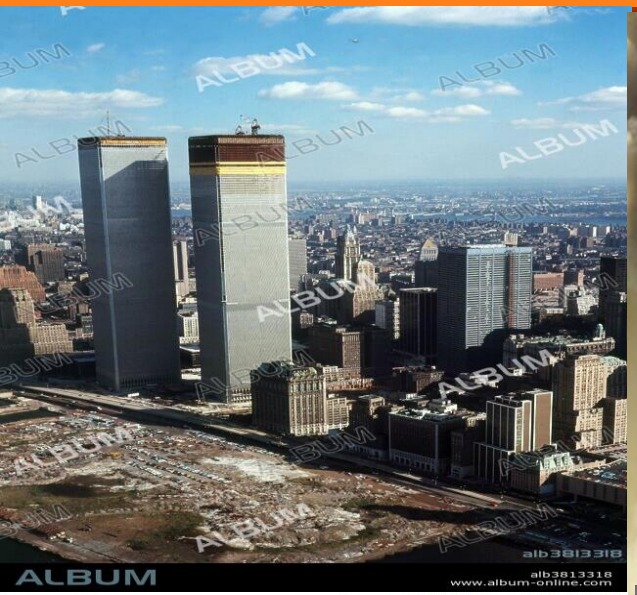
4 fasad 208 kaki (63,40m) yg terdiri dari kisi-kisi baja prafabrikasi membentuk setiap bangunan & secara kolektif itu adalah dinding penahan beban terfinggi di dunia. Kisi-kisi itu terdiri dari lebih dari 130 kolom baja kantilever vertikal yg berjarak dekat, menciptakan struktur "tabung berongga". Setiap kolom itu sendiri adalah kotak baja berbentuk persegi berongga berukuran 14 inci & bagian tengahnya ditempatkan 39 inci (99 cm) dari bagian tengah kolom berikutnya .

Kolom-kolom eksterior ini berfungsi sbg penahan angin bagi bangunan utk menahan gaya guling (misalnya angin berkecepatan tinggi). Di ruang antara kolom-kolom tersebut ada 43.600 jendela sempit seperti celah, yg membentuk hingga 30% dari fasad.

Kolom inti bagian dlm setiap menara, berukuran 89 kaki x 139 kaki, dibuat hanya utk menopang beban gravitasi & sistem lift, & bukan struktur utama. Desain ini membuat ruang kantor bebas dari kolom interior yg menyempit.

Rangka baja prafabrikasi, sedalam 33 inci, dilas ke kolom eksterior & menopang pelat lantai beton sedalam 3 inci dari kedua menara. Lantai ini membentang sepanjang 60 kaki (18,29m) ke kolom inti & membantu memperkuat kolom eksterior agar tidak tertekuk selama kondisi angin ekstrem. Secara keseluruhan, kedua menara tersebut membutuhkan lebih dari 180.000 metrik ton baja struktural.

FOTO-FOTO SEBELUM, SAAT DAN SETELAH RUNTUHNYA WTC

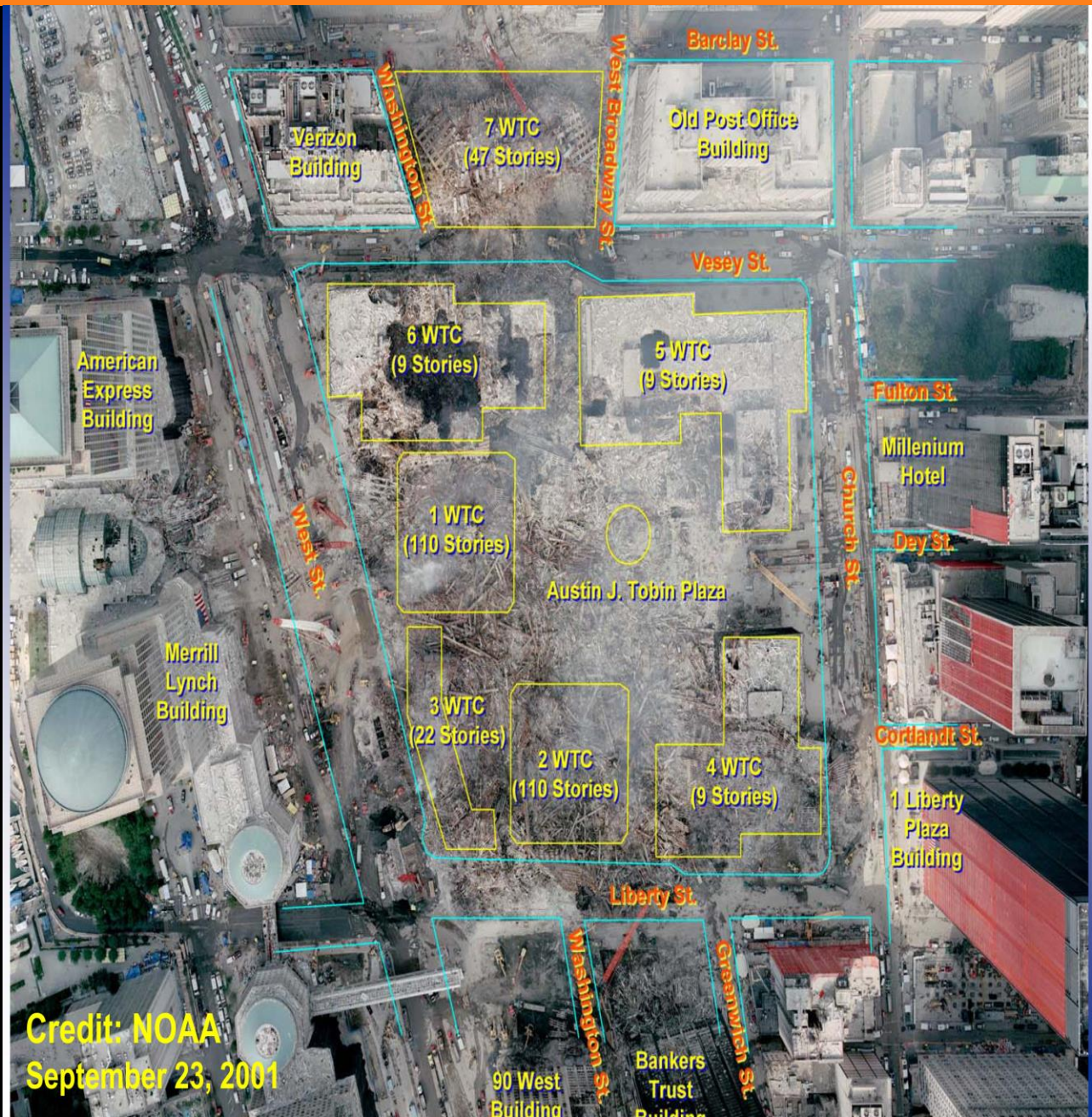








Adi_Lsp_Kls

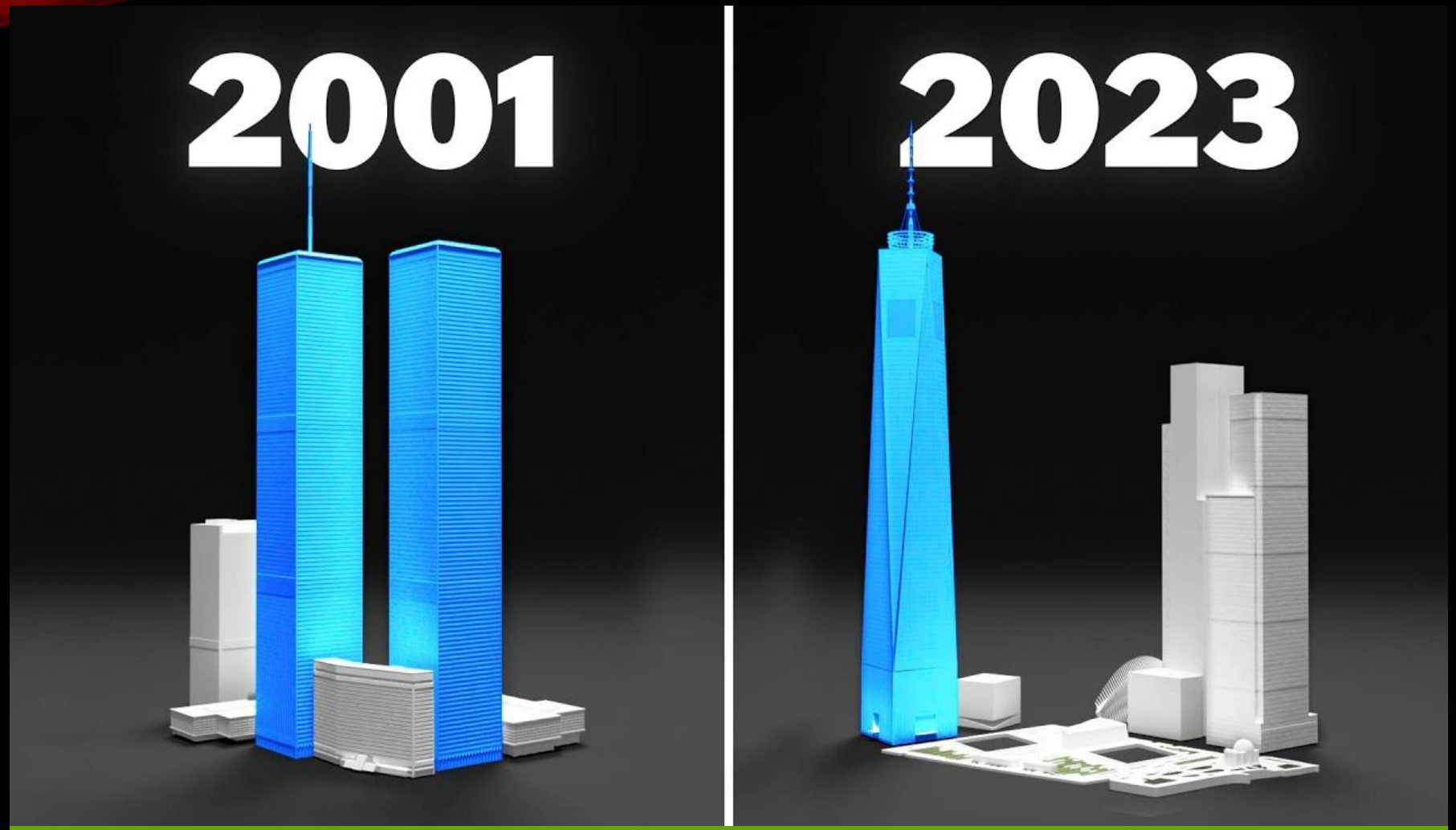


VIDEO FISIKA LENGKAP ANALISA KERUNTUHAN BANGUNAN GEDUNG WTC – LESICS INDONESIA

- https://www.youtube.com/watch?v=jnO8g5GfUsw

KOMPLEK WTC SAAT INI

DARI MENARA KEMBAR WTC 2001– MENUJU ONE WTC 2014-2023



Https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=aqKGJgZyiHwB

Adi_Lsp_Kls

METODOLOGI KONSTRUKSI ONE WTC 2014-2023

One World Trade Center, yg selesai dibangun pada tahun 2014, dibangun menggunakan struktur hibrida beton & baja dgn fokus pada kekuatan & keamanan. Sistem penopang utama adalah inti beton berkekuatan sangat tinggi, dikelilingi oleh rangka baja di sekelilingnya yg menopang lantai. Desain ini memungkinkan lantai kantor yg fleksibel, tanpa kolom, & total area menara seluas 3,5 juta kaki persegi.
Berikut adalah uraian yg lebih rinci tentang metodologi konstruksi:

1.Inti Beton:

a. Inti beton yg masif dan berkekuatan sangat tinggi membentuk penopang utama bangunan, memberikan ketahanan terhadap beban gravitasi, angin, & gaya seismik.

b. Desain campuran beton khusus dikembangkan, termasuk penggunaan beton *self-consolidating* (SCC) utk kekuatan lebih dari 8.000 psi (pound per inchi persegi) , & bahan pengikat tambahan seperti abu terbang & *ground granulated blast furnace slag*.

c. Proporsi campuran inti dipertimbangkan dgn cermat utk mengatasi masalah seperti *creep*, penyusutan, & modulus elastisitas, yg penting untuk struktur tinggi & ramping.

2. **Rangka Baja:**

a. Rangka baja di sekelilingnya mengelilingi inti beton & menopang lantai, memungkinkan ruang interior tanpa kolom.

b. Rangka baja dibangun terlebih dahulu, dlm proses yg terbalik dari metode konstruksi hibrida pada umumnya.

3. Fasad Kaca & Baja:

a. Sisi-sisi menara yg meruncing ditutupi dgn fasad kaca & baja, menciptakan tampilan prismatik.

b. Panel kaca, yg membentang dari lantai ke lantai, dipasang dgn kecepatan satu lantai per minggu.

4. Fondasi & Keamanan:

a. Menara ini bertumpu pada alas kubik dgn jejak persegi 200 kaki kali 200 kaki (61x61 m).

b. Keamanan adalah prioritas utama selama proses desain & konstruksi, dgn bangunan dirancang utk memenuhi / melampaui kode & standar yg ada.

5. Keberlanjutan:

a. One World Trade Center adalah salah satu bangunan terbesar yg telah menerima sertifikasi LEED Gold, menunjukkan komitmennya thd keberlanjutan.

b. Fitur keberlanjutan meliputi elemen desain yg memaksimalkan cahaya alami, penggunaan sistem pengereman regeneratif pada elevator, & sistem manajemen bangunan yg berteknologi maju.

Source: https://gemini.google.com/app/4cd3e9fa8aaf6aa5?hl=en-GB



Adi_Lsp_Kls

TITIK LELEH/LEBUR BAJA

Melting Point of Steel – Low (Mild), Medium & High Carbon Steel Melting Temperature (Temp)

- **The melting point of steel is 1300-1540°C (2370-2800°F), depending primarily on the chemical composition of the steel, which can affect the strength of the bonds between atoms. The stronger the bond strength between atoms, the higher the melting temperature.**

- **The melting point of carbon steel depends on the carbon content, generally, the higher the carbon content in the steel, the lower its melting temperature. The melting point of stainless steel and other alloy steels is mainly affected by alloying elements. In addition, the melting temperature of steel is also affected by external pressure. As the external pressure increases, the melting temp of steel decreases. That is, steel will melt more easily and more rapidly when heated at higher pressures.**

Titik leleh baja adalah 1390-1540°C (2530-2800°F), terutama bergantung pada komposisi kimia baja, yang dapat memengaruhi kekuatan ikatan antar atom. Semakin kuat ikatan antar atom, semakin tinggi titik lelehnya.

Titik lebur baja karbon bergantung pada kandungan karbonnya; umumnya, semakin tinggi kandungan karbon dalam baja, semakin rendah suhu leburnya. Titik lebur baja tahan karat dan baja paduan lainnya terutama dipengaruhi oleh elemen paduan. Selain itu, suhu lebur baja juga dipengaruhi oleh tekanan eksternal. Seiring meningkatnya tekanan eksternal, suhu lebur baja menurun. Artinya, baja akan meleleh lebih mudah dan lebih cepat saat dipanaskan pada tekanan yang lebih tinggi.

Sumber: https://www.theworldmaterial.com/melting-point-of-steel/

KESIMPULAN

Dulu, Para Perancang Gedung tidak perlu mengantisipasi serangan teroris di udara, tetapi sekarang ancaman ini menjadi kenyataan, mereka mencari cara yg masuk akal utk melindungi gedung-gedung tinggi mereka.

Tampaknya agar benar-benar aman, sebuah bangunan harus mampu:

1. **Menahan benturan hebat tanpa kehilangan integritas struktural, serta**
2. **Mempertahankan diri dari kebakaran & ledakan.**

Saat ini, pembangkit listrik tenaga atom adalah satu-satunya bangunan yg dirancang agar sepenuhnya kebal terhadap kecelakaan pesawat. Bahkan bahan bakar jet yg dikeluarkan oleh pesawat yg hancur tidak mampu menembus lapisan beton tebal yg mengelilingi pembangkit listrik .

Bangunan-bangunan tinggi dapat dirancang:

1. **Seperti pembangkit listrik tenaga nuklir utk melindunginya dari serangan udara, tetapi biaya yg diperlukan membuat solusi ini menjadi tidak masuk akal.**
2. **Lebih tahan dgn sistem *redundan* (cadangan/pendukung) di mana struktur tidak akan runtuh jika beberapa kolom hancur karena benturan/ledakan.**
3. **Harus memiliki sistem proteksi kebakaran cadangan jika sistem utama dinonaktifkan krn suatu alasan.**

Pada akhirnya, bangunan harus lebih berfokus pada konstruksi yg kuat & tindakan pencegahan darurat, walaupun kurang daya tarik estetikanya.

https://illumin.usc.edu/why-the-world-trade-center-towers-collapsed/

CLOSING STATEMENT

Desain Gedung dimasa kini harus multifungsi/tahan terhadap banyak tantangan:

1. Benturan
2. Kebakaran dan ledakan
3. Titik leleh baja
4. Artistik (Berbiaya kompetitif dan berestetika)

THE END

Terima kasih

Adi_Lsp_Kls