

LAPORAN PENELITIAN

**ANALISA KERUSAKAN BANGUNAN TIDAK
BERLANTAI BERATAP GENTENG AKIBAT GEMPA
BUMI DAN KONSEP DESAIN PENANGGULANGANNYA**



Ketua:

[5811991084] Ir. CH. KOESMARTADI, M.T.

Anggota:

[5812015300] CHRISTIAN MONIAGA, S.T., M. Ars

[5812016306] GUSTAV ANANDHITA, S.T., M.T.

[5871987017] Ir. EDY PRAWOTO, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG**

PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

1. Judul : ANALISA KERUSAKAN BANGUNAN TIDAK BERLANTAI BERATAP GENTENG AKIBAT GEMPA BUMI DAN KONSEP DESAIN PENANGGULANGANNYA
2. Ketua Tim
 - a. Nama : Ir. CH. KOESMARTADI, M.T.
 - b. NPP : 5811991084
 - c. Program Studi : Arsitektur
 - d. Perguruan Tinggi : Unika Soegijapranata
 - e. Alamat Kantor/Telp/Faks/surel : ch.koesmartadi@unika.ac.id
3. Anggota Tim
 - a. Jumlah Anggota : Dosen 3 orang
Mahasiswa 0 orang
4. Biaya Total : Rp. 2.925.000,00

Mengetahui,
Dekan Ars. Dan Desain,

Semarang, Januari 2021
Ketua Tim Pengusul

Dr. Dra. B. TYAS SUSANTI, M.A.
NPP : 5811990083

Ir. CH. KOESMARTADI, M.T.
NPP : 5811991084

Menyetujui,
Kepala LPPM

Dr. BERTA BEKTI RETNAWATI, S.E., M.Si.

Anggota Dosen:

[5812015300]CHRISTIAN MONIAGA, S.T., M. Ars, [5812016306]GUSTAV ANANDHITA, S.T., M.T.,
[5871987017]Ir. EDY PRAWOTO, M.T.,



Catatan:

- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1 :
'Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah'
- Dokumen ini telah diberi tanda tangan digital, tidak memerlukan tanda tangan dan cap basah
- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan qr code yang telah tersedia

BERITA ACARA REVIEW

Program Studi Arsitektur - Ars. Dan Desain
Universitas Katolik Soegijapranata Semarang

Pada hari ini, 22 Oktober 2020 telah diadakan review kegiatan penelitian/pengabdian dengan judul:

ANALISA KERUSAKAN BANGUNAN TIDAK BERLANTAI BERATAP GENTENG AKIBAT GEMPA BUMI DAN KONSEP DESAIN PENANGGULANGANNYA

Dengan catatan review sebagai berikut:

- Cover penelitian yang berisi judul penelitian dan anggota tim peneliti perlu ditambahkan. Di latar belakang perlu diperjelas urgensi penelitian. Perlu diperjelas arah dan focus penelitian. Tipologi bangunan yang diteliti rumah tinggal atau high rise building. Apakah fokus penelitian kerusakan bangunan akibat gempa ? Catatan: Banyak rumah di Yogya - Bantul rata dengan tanah akibat gempa tahun 2006, karena bangunan seluruhnya dari batu bata (struktur bearing wall), sementara ada bangunan kampus 6 lantai, lantai 1 kolom patah bangunan miring. Perlu dipertajam fokus penelitiannya. Bagaimana cara pengambilan datanya ?
- Perlu dijelaskan dimana lokasi bangunan yang rusak karena yang ada pada foto dan diceritakan secara narasi kerusakannya. Luaran sudah ada beberapa.
- 1. Observasi data kerusakan tidak dapat hanya melalui visual gambar/foto karena tentu tidak lengkap, harus langsung lokasi 2. Pernyataan bahwa atap tetap utuh berarti konstruksi atapnya bagus, adapun atap rusak bukan signifikan km gempa tp km jatuh grafitasi. Jadi yg perlu ditinjau bukan atapnya tapi konstruksi struktur yg mendukung atapnya (konstruksi middle structure nya). 3. konstruksi koneksitas pd struktur penyangga atap utuh, tdk hanya terbatas pada sambungan sekitar kuda2 tapi seluruh sambungan dibawahnya (smpai ke kolom & sloff atau dg umpak. karena in sebuah SISTEM KONSTRUKSI yg harus dilihat secara utuh dan saling terkait bahkan juga akibat efek bola salju.
- sudah bagus silakan dilanjut ke tahap penelitiannya
- Sangat bagus, fokus dan dapat dikembangkan untuk penelitian bangunan=bangunan rumah tradisional nusantara. Pengetahuan akibat gempa yang khas Indonesia perlu dikembangkan agar terdapat ketahanan gempa bangunan khas nusantara dan dapat diwujudkan untuk berbagai bangunan di Indonesia Mungkin dapat lebih diperdalam sampai pada perhitungan fisika bangunan tapi yang tetap pada koridor Arsitektur.

Reviewer 1

Reviewer 2



Catatan:

F. X. BAMBANG SUSKIYANTO, M.T.

Dr. Ir. ANTONIUS ARDIYANTO, M.T.

'Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah'

- Dokumen ini telah diberi tanda tangan digital, tidak memerlukan tanda tangan dan cap-basah
- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan menggunakan qr code yang telah tersedia

C. **JUDUL:** Tuliskan Judul Penelitian.

Analisa kerusakan bangunan akibat gempa bumi di Indonesia, kasus bangunan tidak berlantai beratap miring. Peneliti: Ir. Ch. Koesmartadi. MT, (Ketua) Christian Moniaga.St, MT, Gustav Anandhita.St, MT. Ir. Eddy Prawoto.MT .

B. **RINGKASAN:** Tuliskan Ringkasan/Abstrak Kegiatan Penelitian

Penelitian ini merupakan lanjutan dari tahun pertama yang berorientasi pada identifikasi kerusakan bangunan akibat gempa bumi.

Pada penelitian lanjutan ini lebih ditekankan pada analisis kerusakan konstruksi akibat gempa bumi. Pada analisis ini membahas semua jenis bangunan seperti kasus penelitian tahun pertama. Kasus diambil dengan cara open source pada semua kejadian gempa bumi di Indonesia, seperti Jogja, Palu dan Lombok. Dari beberapa analisis atas kasus-kasus umumnya kerusakan bangunan disebabkan oleh kerusakan pada keempat tumpuan (dalam satu portal), dua berada di tumpuan kuda-kuda pada tiang, dua berada di tumpuan tiang pada pondasi, karena membentuk portal empat sendi yang sangat rentan terhadap beban lateral. Kondisi terjadi di sosok satu bangunan yang melibatkan beberapa portal sehingga pola roboh sangat dipengaruhi oleh bentuk masa bangunan, baik bujur sangkar, empat persegi panjang ataupun yang memanjang. Meski terjadi kerusakan pada beberapa tiang, namun pada kerangka atap/ kuda-kuda sedikit dijumpai kerusakan karena memang system konstruksi kuda-kuda memiliki kekuatan pada badan rangka kuda-kuda dan bukan pada tumpuan. Kerusakan dipicu oleh momen kearah samping kuda-kuda akibat gempa bumi sehingga kedua tumpuan yang memegang bukan di buat untuk menghadapi gempa maka tidak kuat menahan gaya samping. Bentuk portal kolom penyangga rangka kuda-kuda pada bagian bawah pun bersifat "sendi" sehingga mudah goyah. Jika melihat konsep ruangan Indonesia maka volume ruangan memiliki batas pada luas lantai dan lembar penang yang menutup ruangan tersebut. Dengan kata lain puncak atas atap diperhitungkan sebagai volume ruang dan kedua tumpuan dibuat lebih kaku karena agar beban bekerja secara sentris maka perlu diimbangi sayap luar sebagai penyeimbang beban dan berfungsi juga sebagai penang.

C. **HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Penelitian ini merupakan kelanjutan penelitian tahun pertama identifikasi kerusakan akibat gempa bumi, sedang penelitian ini bersifat analisis kerusakan akibat gempa bumi. Analisis menggunakan data lama namun mengikuti kaidah-kaidah analisis yang disertai dengan referensi yang tepat dan jelas

Pada dasarnya hampir seluruh kepulauan di Indonesia dilalui cincin api berupa jalur gempa bumi dan peristiwa gempa bumi adalah kejadian wajar dan efeknya sangat merugikan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Kerusakan besar akibat bencana gempa bumi seringkali disebabkan karena pengabaian bahaya dan kesombongan manusia. Sebenarnya biaya konstruksi yang digunakan untuk membangun sudah sangat berlebihan, namun penempatan dalam pemikiran aman gempa masih kurang.

Prinsip bangunan aman gempa memperbolehkan bangunan mengalami kerusakan, bahkan runtuh ketika gempa terjadi, namun penghuni harus bisa diselamatkan (Idham. 2014: 29).

Yang menjadi focus diskusi mengapa rangka atap cenderung bisa bertahan dan roboh secara utuh menimpa penghuni di bawahnya akibat tumpuan kurang bisa bertahan ikatannya?.

Rata-rata atap yang roboh menggunakan prinsip rangka kuda-kuda kayu yang lazim digunakan di Belanda. Kuda-kuda tradisional yang dipengaruhi oleh tukang-tukang dari Belanda masih banyak digunakan dan menjadi acuan dalam kurikulum konstruksi arsitektur di Indonesia (Frick, Heinz, Setiawan, 2001: 204)

System struktur kuda-kuda yang digunakan adalah system kuda-kuda rangka batang dengan dua tumpuan yang mengikuti

kaidah roll dan sendi. Prinsip rol dan sendi sendiri menggunakan asas-asas mekanika teknik yang memungkinkan salah satu tumpuan mengalami pergeseran akibat muai susut ataupun beban. Meski demikian pada prakteknya hampir semua mengikuti kaidah jepit keduanya. Dari kedua rumusan tersebut diatas nampaknya apapun jenis tumpuannya tidak bisa mengantisipasi beban horizontal tegak lurus rangka kuda-kuda, karena kuda-kuda didesain untuk gaya-gaya sejajar dengan arah rangka kuda-kuda. Melihat bentuk rangka kuda-kuda maka dugaan beban maksimum ada di tengah konstruksi, sehingga saat terjadi gempa bumi maka ayunan kesamping sangat besar dan tidak dapat di pegang oleh kedua tumpuan.

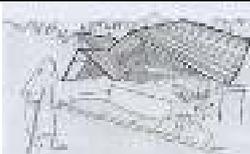
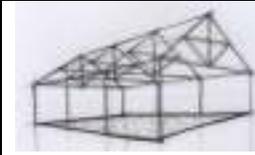
Menentukan konstruksi atap yang baik adalah tugas yang rumit karena mempertimbangkan banyak faktor, antara lain bentuk, struktur konstruksi maupun bahan bangunan. Pembentukan atap berarti ada konsekuensi di bentuk luar dan dalam atap yang diciptakannya. Struktur dan konstruksi dibangun dengan system rangka batang atau plat serta bahan bangunan yang dipilih sebagai konstruksi kuda-kuda atap beserta pengaruhnya terhadap kemiringan atap (Frick Heinz. 2004: 84).

Menurut Schodek (1999: 328) dalam mendesain sebuah struktur bangunan terutama di daerah gempa bumi struktur rangka tidak efisien apabila digunakan untuk beban lateral yang sangat besar, dianjurkan mengurangi lengan-lengan yang panjang karena sebuah konstruksi dengan momen yang besar cenderung membuat ayunan besar.

Secara grafitasi juga terlihat terjadinya momen yang besar ditengah rangka kuda-kuda maka kedua kolom tumpuanpun mengalami beban eksentris alias diluar kolom, akibatnya kolom-kolom bekerja kurang seimbang dan roboh. Kedua arah beban maksimum baik horizontal dan vertikal telah membuat bagian tengah rangka kuda-kuda mengayun secara vertical dan horizontal dikendalikan secara bersamaan, akan tetapi badan rangka kuda-kuda pun cenderung utuh. Akhirnya tumpuanlah yang menjadi korban kerusakan konstruksi. Pada pemikiran ini dibutuhkan paparan yang membutuhkan pencerahan secara intensif yang dapat di lihat secara detail oleh peserta.

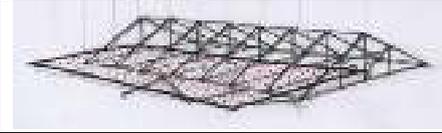
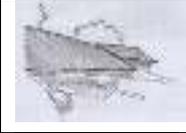
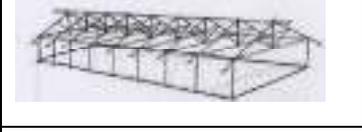
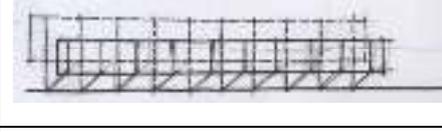
Mengapa gempa bumi menjadi hal ruang belum diperhatikan didalam perencanaan bangunan gedung, melihat peristiwa gempa bumi di Indonesia sangat berdampak pada kerusakan dan nyawa manusia?. Studi menyebutkan kebiasaan mendesain rumah dengan rangka atap kuda-kuda ketika terjadi gempa bumi maka struktur kuda-kuda tetap dalam rangkaian masih utuh, namun semua kaki kuda kuda rusak ataupun lepas dari tumpuannya, Penelitian sementara menyebutkan ketika terjadi gempa bumi rangkaian konstruksi kuda-kuda kaku bersama atap bergoyang secara massif hingga merusak kaki kuda kuda dalam setiap tumpuan. Seperti diketahui kebiasaan kita menggunakan system kuda-kuda hasil karya tukang-tukang Belanda yang mana ruang atap dipergunakan sebagai lantai loteng dan disanapun tidak ada gempa bumi sehingga cocok dana man. Namun untuk dipergunakan di Indonesia memiliki dua masalah penting selain iklim yakni gempa bumi. Tidak heran konstruksi tersebut mudah roboh saat gempa bumi.

Jika struktur berbicara tentang sistim penyaluran beban, maka konstruksi merupakan susunan dan hubungan antar bahan bangunan bahan bangunan sedemikian rupa sehingga penyusunan tersebut menjadi satu kesatuan yang dapat menahan beban dan menjadi kuat (Frick Heinz. Setiawan PL. (2004: 249).

			
			
Perkiraan bentuk asli bangunan	Asumsi keruntuhan berdasarkan gambar lapangan saat runtuh	Sketsa keruntuhan	Foto dilapangan

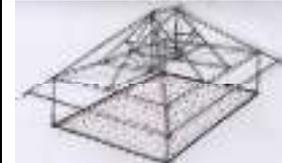
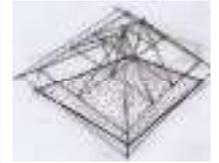
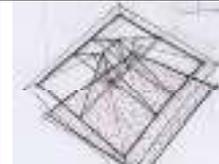
Gambar 01: Kasus kerusakan bangunan tipe pendek akibat gempa bumi

Pada kasus pertama kasus bangunan beratap pelana pendek, ketika terjadi gempa bumi seketsa kerusakan yang berhasil di gambar menunjukkan kerusakan disebabkan oleh kurang dapat bertahannya keempat titik portal dari beban lateral. Bentuk rangka kuda-kuda yang kecil dibagian tumpuan mempengaruhi keamanan konstruksi tersebut.

			
			
Perkiraan bentuk asli bangunan	Skema keruntuhan berdasarkan kondisi lapangan	Sketsa keruntuhan	Data lapangan saat terjadi gempa bumi

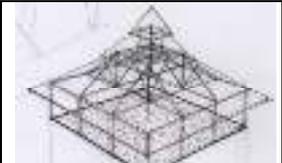
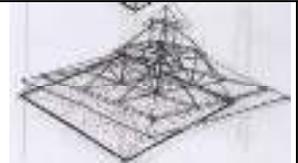
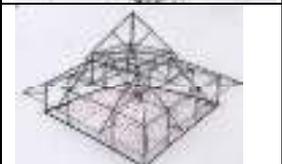
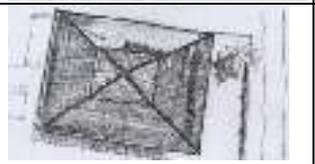
Gambar 02: Analisa kerusakan bangunan tipe pelana panjang akibat gempa bumi

Pada dua kasus kedua keuntuhan juga disebabkan oleh kurang bertahannya konstruksi akibat beban lateral kelemahan sekali lagi terjadi karena tumpuan kuda-kuda uang kecil dan portal tidak bekerja oleh karena terjadi empat sendi dalam portal tersebut. Pada konstruksi portal memang didesain tidak untuk gempa bumi dan memiliki arah bidang ata dua dimensi. Hanya pada kasus struktur memanjang bidang arah memanjang cenderung lebih kuat menahan beban

			
			
Rekayasa bentuk asli bangunan sebelum gempa	Perkiraan keruntuhan berdasar gambar lapangan	Sketsa keruntuhan	Data lapangan setelah terjadi gempa bumi

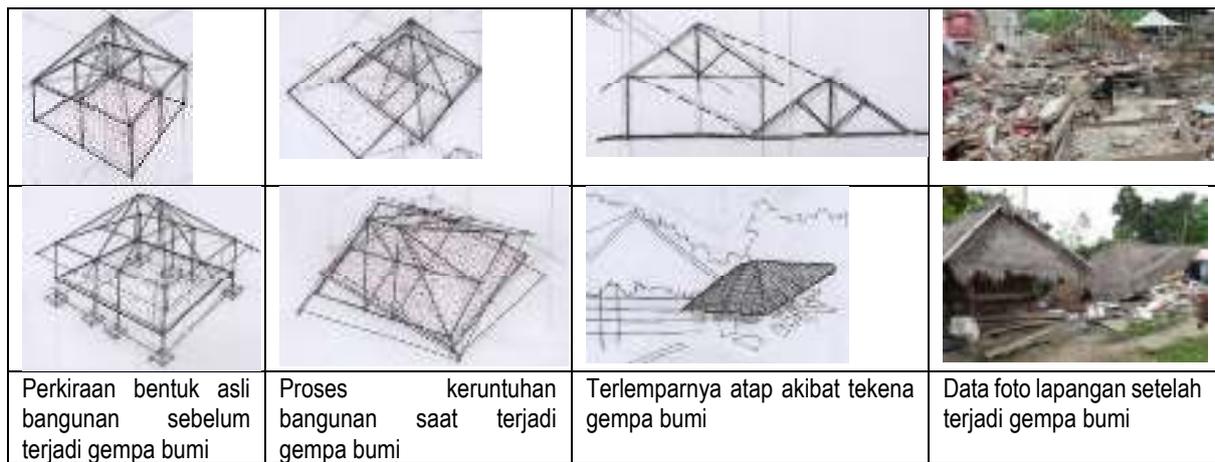
Gambar 03: Analisa kerusakan bangunan tipe limasan akibat gempa bumi

Kasus ke tiga masih dua bangunan kasus berbentuk limasan. Saat terjadi gempa bumi dalam kondisi atap utuh terlepas dari tumpuan kuda-kudanya akibat tiang tidak mampu menahan beban lateral yang diakibatkan dari ayunan gempa bumi. Masalah sama dengan kasus terdahulu yakni portal pada prakteknya merupakan portal empat sendi

			
			
Perkiraan bentuk asli bangunan	Perkiraan proses keruntuhan bangunan berdasarkan foto data lapangan	Sketsa keruntuhan	Foto data lapangan saat setelah terjadi gempa bumi

Gambar 04: Analisa kerusakan bangunan atap bujur sangkar miring bertingkat

Kasus keempat bangunan atap piramida bertumpuk, Pada hasil pelacakan melalui data robohan diindikasikan bangunan roboh karena tiang tiang tidam mampu menahan berat atap sehingga roboh jatuh dan miring tidak berfungsi



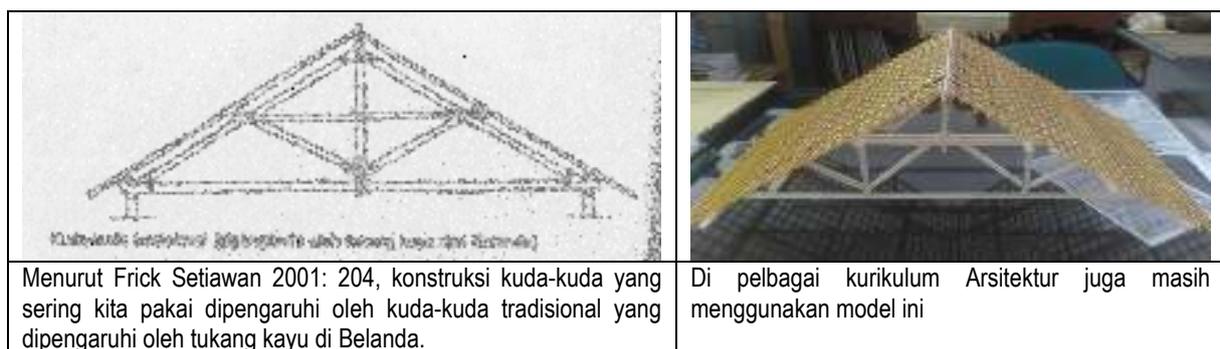
Gambar 05: Analisa kerusakan bangunan bujur sangkar akibat gempa bumi.

Kasus kelima, bangunan beratap piramida, saat menelusuri keruntuhan menemukan rangka atap terlempar jatuh diluar denah, hal ini disebabkan bentuk konstruksi bujur sangkar dengan bahan yang ringan



Gambar 06: Analisa kerusakan bangunan pendopo akibat gempa bumi

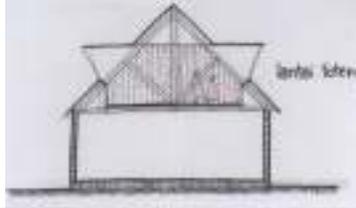
Pada kasus ini terlempar gambar bangunan Pendopo yang luput dari sasaran gempa bumi, disini nampak soko guru dan tumpang sarinya mampu menyalurkan energi gempa dengan baik sehingga tidak merobohkan bangunan.



Gambar 07: Gambar kuda-kuda yang digunakan beberapa kasus bangunan terkena gempa bumi

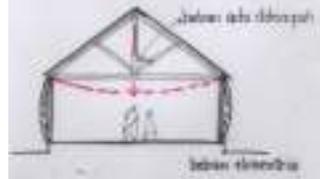
Rata rata bangunan yang mengalami keruntuhan menggunakan konstruksi kuda-kuda gantung berbahan kayu. Kuda kuda gantung dimaksudkan memberi kebebasan bentang dibawah kuda-kuda. Konstruksi kuda-kuda diketahui berasal dari pengaruh tukang kayu tradisional di Belanda (Frick Setiawan 2001: 204). Di Negara asalnya bagian atasnya tepatnya di ruang bawah atap biasanya digunakan sebagai lantai loteng, indikasi tersebut terlihat adanya gordin-gording yang dibuat agar jarak kuda-kuda bias lebih panjang agar dapat digunakan sebagai ruangan. Secara bentuk berkaitan dengan iklim konstruksi kuda-kuda versi belanda tersebut hanya menghubungkan dua kolom/ dinding sebagai batas terluar. Sangat wajar karena di negaranya tidak ada gempa bumi dan beriklim empat musim yang mana di negaranya dinding juga berfungsi sebagai penahan

hempasan salju serta tempat menyimpan energy panas matahari yang menerpa dinding untuk disalurkan didalam ruangan. Wajar saja ketika dibangun di Indonesia

		
Bangunan dengan atap kuda-kuda gantung sangat populer di negara asalnya	Ruangan dibawah atap digunakan sebagai ruangan	Posisi ruangan yang berada di bawah atap

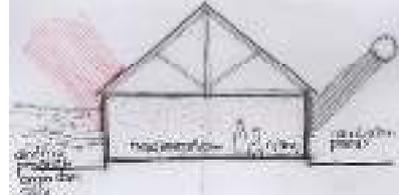
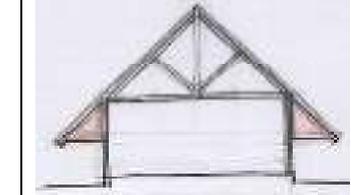
Gambar 08: Ilustrasi dugaan sejarah digunakannya prinsip kuda-kuda gantung saat ini

Sedang di Indonesia kondisinya berbeda beriklim dua musim dan dilalui jalur gempa bumi. Dari segi iklim kondisi yang panas sulit untuk dapat menggunakan lantai loteng sebagai ruangan, Konstruksi yang berakhir di dinding (tanpa penyangga) menyebabkan panas yang menerpa dinding membuat ruangan menjadi panas karena panas tersalur merambat melalui dinding. Kondisi iklim dua musim tidak ada salju dan angin kencang yang dibutuhkan bukan dinding tapi tirai yang berfungsi juga sebagai pernafasan udara dalam ruang. Dari segi gempa bumi, bentuk kuda-kuda atap semacam ini kurang kuat karena kedua tumpuan di kanan kiri relative kecil pegangannya namun besar dan berat ditengah, sehingga saat terjadi gempa bumi ayunan lateral di tengah kuda-kuda meruntuhkan tumpuan kuda-kuda. Ditaambah kedua tiang portal bagian bawah meski berstatus jepit namun karena pengecorannya terpisah maka ikut juga menjadi labil karena portal menjadi empat sendi.

			
Sistem portal "empat sendi" rawan roboh	Sistem rangka kuda-kuda gantung yang rigid di tengah namun rawan di kedua tumpuan	Sistem konstruksi setengah kuda-kuda memiliki kelemahan yakni membebani kuda-kuda lainnya yang ditempel	Sistem struktur kuda-kuda atap limasan yang menggunakan dua setengah kuda-kuda

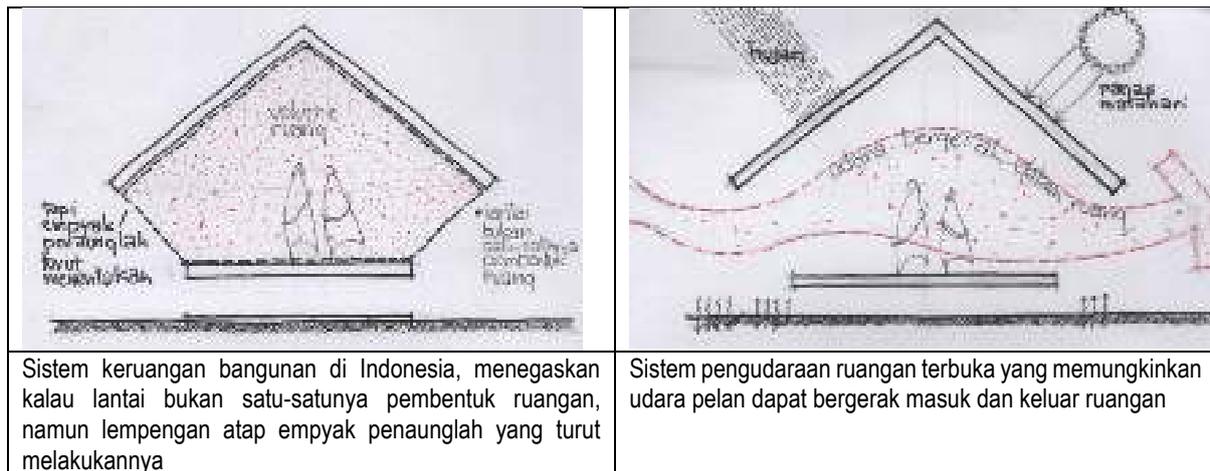
Gambar 09: Reaksi kuda-kuda ketika menerima beban

Struktur konstruksi yang sering kita gunakan biasanya seperti gambar diatas kuda-kuda gantung empat sendi dengan bentuk limasan konstruksi setengah kuda-kuda yang kurang cocok di bangun di Indonesia

			
Konstruksi kusa-kuda berasal dari konsep konstruksi dengan lantai loteng dan dinding berfungsi sebagai penahan angin dan salju dan sarana rambatan panas agar panas dapat merambat kedalam ruangan	System kuda-kuda yang hanya berakhir pada batas dinding tumpuan	System tritisan, atap sengkup yang khas Indonesia bukan menjadi satu kesatuan dengan rangka kuda-kuda	Dalam tampang portal tritisan/ atap sengkup sistemnya terpisah dari kuda-kuda inti

Gambar 10: Latar belakang konstruksi kuda-kuda yang sering kita gunakan

Konstruksi yang umum digunakan di Indonesia konstruksi yang hanya habis bentangannya hingga tembok tepi, karena tembok di Indonesia tidak digunakan sebagai penahan salju dan penyimpan panas maka ketika di bangun di Indonesia ditambahi konsol yang kurang pas statikanya, karena dalam satu titik buhul ada dua status statika yakni sendi dan jepit.



Gambar 11: Sistem keruangan yang ada pada arsitektur Nusantara

Menurut Prijotomo (2006:200) Letak dari empyak/ payon diketinggian tertentu dari muka tanah menghasilkan volume ruangan bagi terselenggaranya kegiatan, disini dapat dikatakan lantai bukan membentuk volume ruangan, melainkan atap yang melakukannya. Dari segi iklim berbeda dengan arsitektur Eropa, di Indonesia kepulauan Nusantara bangunan memuatkan hadirnya atap dan menganjurkan adanya lantai geladag (Prijotomo. 2018:41). Konsep arsitektur Nusantara adalah Naungan atau Teduhan, maka atap menjadi unsur utama dari arsitektur. Dapat dikatakan bahwa masing-masing arsitektur Nusantara pasti memperlihatkan atap bangunannya, jadi tidak ada atap datar yang membuat bangunan kelihatan sebagai bangunan yang tanpa atap. Dalam hal geometri dasar dari atap arsitektur Nusantara, kita dapat menyebut prisma, limas (piramida dan kerucut sebagai bangunan dasar atap arsitektur (Prijotomo.2018; 38)

Arsitektur nusantara memiliki konstruksi yang unik, dengan berbekal pengetahuan empiris dengan cara mencoba dan meralat yang dilakukan secara terus menerus. Factor iklim dan gempa bumi yang merupakan factor dominan menyebabkan bangunan rumah adat di Indonesia memiliki atap yang menjulang tinggi, besar diatas dengan bagian kaki yang sedikit merusak tanah. Dengan bentuk bentuk semacam ini memang dibangun lebih mengutamakan pemikiran akan gempa dan iklim sebagai factor dominan. Jika iklim mengharuskan bangunan berfungsi sebagai penaug dan peneduh, maka atap memiliki ketinggian, kemiringan yang cukup terjal dan besar diatas sebagai konsekuensi fungsi penaug. Bentuk yang beradaptasi dengan gempa bumi idealnya memiliki bentuk bangunan yang besar di bawah, secara logika benar adanya, karena dengan besar di bagian bawah maka ayunan lateral akibat gempa menjadi berkurang. Permasalahannya dengan besar dibawah perwujudan factor iklim kurang mendukung, sehingga ada dua konsep bentuk yang berlawanan satu sisi menghendaki konstruksi besar diatas, sisi lain menghendaki besar dibawah. Entah itu kekuatan empiris karena kenyataannya memang begitu. Penyelesaian konstruksi rumit diatas menginspirasi bahwa konstruksi membebaskan permasalahan krek dengan bumi dengan cara menggeser kekuatan inti di bagian atas, dengan demikian maka kita dipertontonkan konstruksi sedang bekerja guna mengatisipasi kejadian alam seperti gempa bumi dan iklim. Kerumitan diatas mengandung arti struktur memberi kebebasan tiang yang menyentuh tanah dengan koordinasi konstruksi berada di bagian atas.

Salah satu karakter arsitektur di Indonesia yang dominan adalah atap miringnya yang berfungsi sebagai penaug sehingga punya konsekuensi beban yang berat dan kerumitan di bagian atas yang berakibat pada penambahan berat dan besar di konstruksi atap. Kerumitan bermakna penyelesaian terhadap kondisi alam terutama iklim dan gempa yang mengharuskan desain bangunan membuat pertahanan keamanan sendiri karena dengan sedikit melukai tanah maka konsekuensi kekuatan structural harus muncul diatas. Kerumitan diatas dapat ditampilkan dengan gambar gambar yang memiliki focus tekanan kerumitan di bagian atas sehingga dapat dimengerti sebagai sebuah kesatuan yang tidak terpisahkan antara solusi iklim dan gempa sebagai usaha pertahanan.

Keunikan dari struktur bangunan di Indonesia inilah yang mengemuka, mengkombinasikan dua kriteria yang saling bertentangan iklim dan gempa bumi. Dengan mau mengerti bahwa apa yang terjadi di arsitektur atap memiliki aspek penting dan bertentangan maka dapat dimengerti konstruksi atap yang ada di kepulauan Nusantara memiliki bentuk yang unik dan mampu menanggulangi berbagai masalah gempa dan iklim.

Dari analisis diatas dapat di utarakan beberapa permasalahan berkaitan dengan system konstruksi terutama dengan persoalan gempa bumi dan iklim. Alur dan sifat roboh atap dapat di jelaskan sebagai berikut:

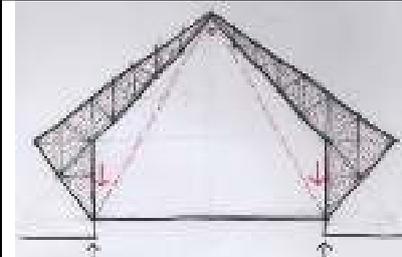
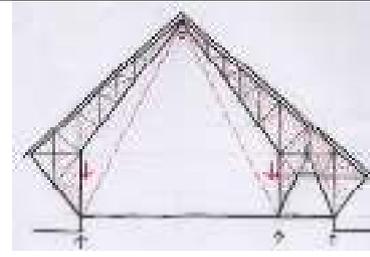
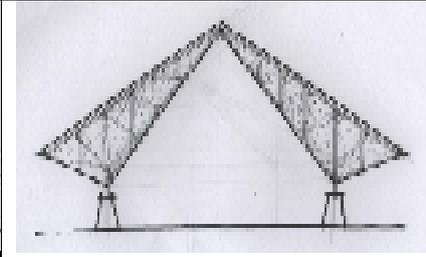
1. Semua bangunan kriterian obyek penelitian yang ditemukan mengalami kerobohan
2. Bentuk segitiga sama kaki merupakan bentuk konstruksi yang kuat di bagian tengah (karena bidang tengah kuda-kuda tinggi, sehiongga rigid) namun lemah dibagian tumpuan (karena mengecil)
3. Statika dan system struktur dua dimensi kurang dapat melawan kekuata gempa yang diga dimensi
4. Konsepnya portal namun kenyataannya terjadi portal “empat sendi”, dua di tumpuan kuda-kuda dua di tiang bagian

bawah sehingga labil olehnya.

5. Konstruksi kuda-kuda di desain sama dengan konstruksi negara asalnya yakni negara empat musim yang mana dinding tepi sebagai tumpuan dan penyerap panas sehingga matahari langsung menyinari dinding
6. Konstruksi didesain untuk daerah tidak terkena lintasan gempa bumi, sehingga dinegara asalnya dan tidak mengalami penyesuaian
7. Karena tiang erada di tepi struktur bangunan maka setiap tiang mengalamio beban eksentris,karena momen ada di tengah akibat rangka kuda-kuda

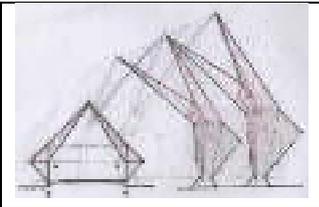
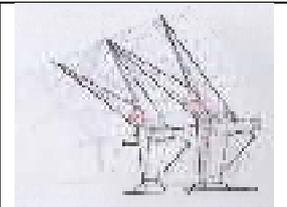
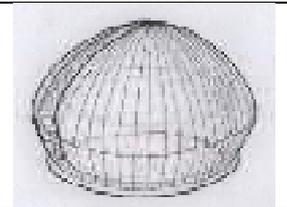
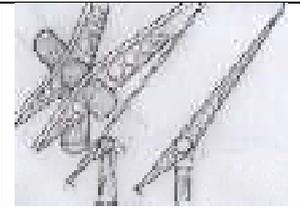
Dengan diketemukan dan melihat hasil analisis maka perlu langkah penanggulangan dalam bentuk konsep yang tentunya perlu dikaji lebih mendalam:

1. Sebaiknya sebuah konstruksi khususnya rangka kuda-kuda sangat memperhatikan kondisi kesetempatan sesuai lokasi didirikan bangunan
2. Kondisi iklim empat musim sangat berbeda dengan kondisi dua musim
3. Kondisi daerah tidak dilalui jalur gempa bumi sangat beda dengan kondisi yang dilalui jalur gempa bumi
4. Pada pemikiran struktur dan konstruksi iklim dan pergempaan sangat menentukan bentuk konstruksi bangunan
5. Melihat konsep bangunan Jawa yang melihat payon juga berfungsi seagai pembentuk ruang, maka akan selaras dengan pembentukan struktur yang relative kecil momen dibagian tengah dan memilik penaung/tritisan di luar kolom.
6. Model ini dengan minimal momen ditengah dan memiliki sayap tritisan/atap sengkup maka membuat kolom/tiang dapat bekerja secara mendekati sentris.
7. Dengan demikian makaterjasi pengurangan ayunan dan pengoptimalan sayap atap sengkup sebagai nilai-nilai positif dalam mengkonsepkan pernaungan.

		
Sistem rangka penyangga atap yang memenuhi aspek tiga sendi kokoh di kedua tumouan	Sistem rangka penyangga yang memenuhi aspek tiga sendi dengan selasar sebagai fungsi gtambahan	Sistem rangka penyangga atap dengan tambahan system tumpuan umpak sebagai perwujudan sendi yang diangkat diatas tanah

Gambar 12: Konsep konstruksi penanggulangan yang dapat dikembangkan bagi konstruksi di Indonesia

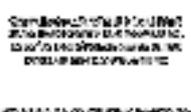
Setelah menelaah analisis kerusakan dan usaha pencegahannya maka pada ulasan ini memberi gambaran penyelesaian konstruksi yang memperhatikan kelemahan sttruktur konstruksi yang belum dilakukan adaptasi atas situasi disini. Memperhatikan kalau gempa dan iklim merupakan factor pembentuk dominan, maka dapat diasiasi dengan penyelesaian yang mengapdosi solusi dari kedua permasalahan secara terpadu. Contoh gambar-gambar sketsa diatas menunjukan bagaimana mengurangi momen rangka atapengan membagi beban ke dua lajur tiang dan menambah sayap tritisan sebagi pengimbang agar benban tiang mendekati sentris. Pengembangan konstruksi jenis ini dapat dikembangkan secara luas seperti grid serong, membundar ataupun diselaraskan dengan arsitektur yang ada di Toba.

			
Sistem rangka juga dapat diganti dengan bahan konstruksi lain selama tidak menimbulkan momen lapangan, membentuk segitiga dan kalu pada	Bisa juga dikembangkan dengan cara lain yakni dengan menghubungkan antar gelegar konstruksi	Sistem raangka dengan beban tengah minimal tumpuan yang kuat juga dapat dikembangkan di berbagai bentuk misal bundar	Sistem rangka juga dapat dikembangkan dengan mengikutikaidah konstruksi Ruma Batak Toba.

tumpuan.			
----------	--	--	--

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas/deskripsi dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Bukti Luaran dimasukkan dalam bagian lampiran

Gambar 13. Konsep konstruksi yang mungkin dapat dikembangkan lebih membumi

No	Jenis Luaran	Deskripsi Luaran	Status/Progress Ketercapaian
01	Bedah Buku 01.08.2020 UKDW Konsep Arsitektur Nusantara dan penerapannya dalam parametric (Nara Sumber)	 <p>Konsep arsitektur dan konstruksi Nusantara yang ditampilkan pada materi keahlian menghadapi gempa bumi dengan pendekatan parametric</p>	Pemahaman arsitektur nusantara melalui parametric mampu membuka analisis kerusakan konstruksi akibat gempa bumi
02	SMART#5 12-13.10. 2020 UKDW Sentuhan Arsitektur Nusantara pada Ilmu Konstruksi Bangunan, Strategi meningkatkan kualitas pengajaran secara Daring (Oral Presentation)	 <p>Sentuhan dalam model analisis kekuatan konstruksi menghadapi gempa bumi</p>	Analisis Kerusakan konstruksi Nusantara melalui sentuhan arsitektur membuka celah atas kemudahan berpikir yang lebih cepat mengetahui sistem kerusakan konstruksi dan bagaimana upaya penanggulangannya
03	Dies 53 Arsitektur 01.11.2020 Keunikan Per_Atap_an Bangunan Nusantara, Harta karun yang dapat menaungi Ilmu Arsitektur (Prosiding)	Bagaimana memosisikan konstruksi atap meski berat karena menggunakan pendekatan pernaungan. Tapi menggunakan pendekatan konstruksi yang mampu bertahan diatas gempa bumi	Gempa bumi yang melanda banyak daerah di Indonesia di telisik banyak disiasati oleh tukang tukang Nusantara menurut kemampuan, ketersediaan bahan dan keanekaragaman bentuk atap lempengan
04	Kuliah tamu 28.11.2020 Universitas Merdeka Malang Paduan Atap lempengan dengan struktur penyangga sebagai ciri konstruksi arsitektur nusantara (Dosen Tamu)	 <p>Pemahaman atas aneka ragam bentuk atap di Kepulauan Nusantara minimal dapat ikut mengurangi kerusakan akibat gempa bumi</p>	Berbagai bentuk paduan atap lempengan dengan struktur penyangga turut membantu usaha analisis kekuatan bangunan menghadapi gempa bumi

05	Narsum Mozaik-mozaik Arsitektur Nusantara 18.02.2021 Empyak penaung dan Prinsip-prinsip Kesamaannya dalam konstruksi Atap Nusantara (Narsum)	 Negara kepulauan Indonesia memiliki banyak bentuk atap yang punya prinsip-prinsip kesamaan dalam perkonstruksian	Mengingat gempa bisa terjadi di seluruh kepulauan Nusantara, maka prinsip-prinsip penanggulangan sangat di pengaruhi analisis kerukakan.
06	Bedah buku Lasem 29 Maret 2021 (Narsum)	 Atap Lasem yang dimiliki beberapa prinsip yang sama dengan konstruksi lempengan atap empyak	Adaptasi konstruksi dari Cina di kota Lasem, menunjukkan kedekatannya dengan sistem analisis kerusakan
07	IGWEB 26 Maret 2021 Arsitektur Nusantara di Persimpangan (Narsum)	 Meski dipersimpangan namun Arsitektur Nusantara memiliki kekuatan yang perlu di pertimbangkan kehandalannya menghadapi gempuran informasi yang belum tentu benar.	Walaupun berada di persimpangan namun kebenaran arsitektur dan konstruksi Nusantara tetap menjadi kebutuhan untuk mengurangi kerusakan bangunan akibat gempa bumi. Karena jika mengacu pada kebenaran konstruksi nusantara maka kerusakan akan berkurang, karena memang konstruksi nusantara dibangun dan dipangkalkan atas kekayaan konstruksi nusantara
08	Wbinar SDAD 04.05 fad UNIKA Arsitektur yang Nyaman	 Atap empyak dan kesamaan prinsipnya dengan atap-atap lain di Indonesia, merupakan sebuah potensi yang dapat dikembangkan dalam bentuk kekinian	Atap empyak nusantara memiliki karakter sebagai konstruksi lempengan yang mana sangat mudah dan mengurangi kerusakan akibat gempa bumi, karena disamping lempengan, atap empyak memiliki ketahanan bidang
09	Prosiding ATRIUM UKDW	Tentang pembelajaran konstruksi melalui Daring	Disamping pembelajaran secara daring, bahan materi konstruksi ini mampu memberikan kepada kalayak lebih luas tentang pengetahuan dan penanggulangan gempa lewat pembelajaran
10	Kawruh Nusantara	Konstruksi atap empyak yang mengadopsi kekuatan dengan menciptakan rasa aman bagi penghuni	Pada makalah ini sedikitnya mengetahui secara keruangan bahwa atap empyak mampu menciptakan rasa aman bagi penghuninya
11	Ensiklopedia Nusantara	Tentang konstruksi Ruma Bolo Batak Toba jangga Dolok	Konstruksi Ruma Bolon Batak Toba, memiliki keunikan tersendiri sebagai konstruksi Arsitektur Rumah Adat. Sebuah konstruksi yang memiliki kepekaan terhadap lingkungan, terhadap adat istiadat, memiliki konsep ekologis, dan di buat seagai konstruksi aman terhadap gempa bumi. Dareaah Toba sebagai mana diketahui merupakan jalur gempa bumi

E. **PERAN MITRA (JIKA ADA MITRA)**: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Sejak awal direncanakan nya penelitian memang sadar kalau tema itu sulit dilaksanakan mengingat data –data ada di kejadian gempa bumi sehingga sulit direncanakan mengingat lokasi terjadi kesimpang siuran dan kurang elok jika kita melakpenelitian. Maka diambil dengan cara mengambil data dari open source. Pengambilan dengan cara ini terkadang kurang bias menjelaskan data secara rinci. Maka data yang tersaji diambil sebanyak-banyaknya dan di rekonstruksi sesuai dengan teori dan kondisi lapangan. Data lapangan di jejerkan dengan teori terdekat maka dapatlah di susun rekonstruksinya.

G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN: Tuliskan dan uraikan rencana tindaklanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan tahap ketiga yakni: Peneitian desain konstruksi dengan pertimbangan iklim dan gempa bumi dengan tetap mengedepankan prinsip-prinsip arsitektur da memperhatikankaidah konstruksi Indonesia.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

01. Idham, Noor Cholis (2014) Prinsip-prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa. Penerbit Andi.
02. Frick Heinz. Setiawan. PL (2001) Ilmu Konstruksi Struktur Bangunan. Kanisius & Soegijapranata press
03. Frick Heinz (2004) Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu. Kanisius & Soegijapranata Press
04. Schodek. Daniel (1999) Struktur (terjemahan) Erlangga
05. Frick Heinz ((2004) Ilmu Konstruksi Struktur bangunan Kanisius & Soegijapranata Press
06. Prijotomo, Josef (2006) (re_) Konstruksi Arsitektur Jawa. Wastu Lanas
07. Prijotomo, Josef (2018) Omo Uma Ume Omah. Wastu Lanas Grafika
08.

I. LAMPIRAN LAMPIRAN: Lampirkan Bukti Ouput yang dihasilkan, dan dokumen lain yang dianggap perlu

.....

No	Jenis Luaran	Bukti Output	
01	Bedah Buku 01.08.2020 UKDW Konsep Arsitektur Nusantara dan penerapannya dalam parametric (Nara Sumber		

<p>02</p>	<p>SMART#5 12-13.10. 2020 UKDW Sentuhan Arsitektur Nusantara pada Ilmu Konstruksi Bangunan, Strategi meningkatkan kualitas pengajaran secara Daring (Oral Presentation)</p>		
<p>03</p>	<p>Dies 53 Arsitektur 01.11.2020 Keunikan Per_Atap_an Bangunan Nusantara, Harta karun yang dapat menaungi Ilmu Arsitektur (Prosiding)</p>	<p>53. ARS . MAKALAH DES</p>	 st dies 53 ars.pdf
<p>04</p>	<p>Kuliah tamu 28.11.2020 Universitas Merdeka Malang Paduan Atap lempengan dengan struktur penyangga sebagai ciri konstruksi arsitektur nusantara (Dosen Tamu)</p>	  FIX.WEBINAR.UKDW.01.10.2020.pdf  Lampiran III.pdf	  CH KOESMARTADI.REV.pdf
<p>05</p>	<p>Narsum Mozaik-mozaik Arsitektur Nusantara 18.02.2021 Empyak penaung dan Prinsip-prinsip Kesamaannya dalam konstruksi Atap Nusantara (Narsum)</p>		
<p>06</p>	<p>Bedah buku Lasem 29 Maret 2021 (Narsum)</p>		
<p>07</p>	<p>Igweb 26 Maret 2021 Arsitektur Nusantara di Persimpangan (Narsum)</p>		
<p>08</p>	<p>Wbinar SDAD 04.05 fad UNIKA Arsitektur yang Nyaman</p>		

09	Prosiding ATRIUM UKDW	 Cover Jurnal ATRIUM Vol	 DAFTAR ISI NOV 2020 (1).pdf
10	Kawruh Nusantara	KAWRUH NUSANTARA K	
11	Ensiklopedia Nusantara	 ENSKLOPEDIA JANGGA DOLOK.pdf	