

Hubungan Sistem Adat dengan Tahapan Konstruksi dan Sistem Struktur pada Rumah Vernakular di NTT terhadap Gempa

Edwin Hariadi Sundoro¹, I Putu Trisna², Felicia Ranita³, Princess Griffith⁴, Agus Dwi Hariyanto⁵

^{1,2,3} Program Studi Magister Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Kristen Petra
¹edwinhariadisundoro@gmail.com, ²ipututrisna123@gmail.com,
³feliciaangelica46@gmail.com, ⁴serafim_griffith@yahoo.com,
⁵adwi@petra.ac.id

Abstract. Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman budaya dan adat istiadat serta sering mengalami gempa bumi, baik itu tektonik maupun vulkanik. Salah satu daerah yang sering terjadi gempa bumi adalah NTT. Di NTT, terdapat beberapa arsitektur vernakular yang memiliki bentuk yang unik. Arsitektur vernakular yang dipilih adalah Wae Rebo, Ammu Hawu dan Sao Ria. Ada beberapa penelitian yang melihat sistem adat dan konstruksinya, namun belum banyak yang melihat keterkaitan adat dengan respon gempa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari hubungan sistem adat dengan tahapan konstruksi dan sistem struktur pada rumah vernakular di NTT terhadap gempa. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan literatur review untuk menganalisis hubungan sistem adat dan respon gempa. Hasil dari analisis menyimpulkan bahwa tahapan konstruksi tidak ada kaitannya dengan respon gempa, melainkan sistem struktur dan detail konstruksi yang merespon terhadap konteks gempa.

Keywords: Adat, Konstruksi, Struktur, Detail, Rumah Vernakular, NTT, Gempa

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak keanekaragaman budaya dan adat istiadat [1]. Hal tersebut juga tercermin dalam kehidupan social, individu, bahasa serta arsitektur lokal [2]. Selain pengaruh dari budaya dan adat istiadat, indonesia juga merupakan salah satu negara yang sering mengalami gempa bumi, baik itu tektonik maupun vulkanik [3]. Adanya faktor geografis dimana Indonesia termasuk dalam lintasan *The Pacific Ring of Fire*, yaitu suatu lintasan di mana terdapat deretan gunung api sehingga sering terjadi adanya gempa tektonik maupun vulkanik [4]. Salah satu daerah yang banyak keanekaragaman adat istiadat dan termasuk dalam lintasan *Ring of Fire* adalah NTT. Berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa tahun 2017, Nusa Tenggara Timur berada pada wilayah lempeng tektonik Australia dan blok Bandar dan Timor menyebabkan wilayah ini menjadi wilayah rawan gempa. [5]. Hal tersebut tentu memberikan efek kepada arsitektur di Indonesia termasuk wilayah NTT yang salah satunya adalah arsitektur vernakular sehingga banyak nenek moyang mereka

mengantisipasi konteks lingkungan dengan metode trials dan errors dalam kurun waktu yang sangat Panjang [6].

Arsitektur rumah tradisional maupun vernakular memiliki potensi ketahanan terhadap gempa [7]. Hal tersebut tentu dipengaruhi oleh tahapan konstruksi dan sistem strukturnya. Akan tetapi, perlu ditinjau lebih lanjut akan keterkaitan sistem adat terhadap pengaruhnya dalam tahapan konstruksi, struktur dan detail sambungan pada konteks gempa sebagai efek dari metode nenek moyang mereka. Ada beberapa arsitektur vernakular di NTT yang terkenal dengan bentuk bangunan dan konstruksi yang unik di beberapa lokasi yang berbeda. Penelitian terdahulu menjelaskan mengenai tahapan perancangan/pembangunan konstruksi, pemasangan jenis struktur dan detail pada Arsitektur Wae Rebo [8]. Ada penelitian lainnya yang menjelaskan terkait kepercayaan, budaya dan *cosmology* dari Arsitektur Wae Rebo [9-10]. Penelitian ini menjelaskan secara antropologis terkait arsitektur vernakular NTT Ammu Hawu [11]. Adapula penelitian yang menyelidiki tektonika dalam arsitektur vernakular NTT Ammu Hawu [12]. Ada beberapa penelitian yang menjelaskan mengenai struktur rumah Sao Ria yang terkait terhadap adat istiadat, budaya dan kepercayaan [13-14]. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, sudah banyak yang menemukan serta menjelaskan tahapan konstruksi, sistem struktur dan detail arsitektur terkait konteks lingkungannya. Namun masih sedikit yang menganalisa hubungan sistem adat dengan tahapan konstruksi dan sistem struktur pada masing-masing rumah vernakular terhadap konteks gempa. Sehingga perlu adanya penjelasan secara rinci akan hubungan konteks gempa pada rumah vernakular Nusa Tenggara Timur terhadap tahapan konstruksi yang dibungkus dengan budaya, kepercayaan dan adat istiadat.

Sebagai respon terhadap konteks gempa, adanya penerapan sistem struktur pada bentuk denah sederhana dan simetris dapat menahan gaya gempa lebih baik karena kurangnya efek torsi dan kekuatannya yang lebih merata [15]. Struktur bangunan yang stabil menunjukkan deformasi yang diakibatkan oleh beban pada umumnya kecil, dan gaya internal yang timbul di dalam struktur mempunyai kecenderungan mengembalikan bentuk struktur ke bentuk semula apabila bebannya dihilangkan [16]. Agar suatu struktur stabil, harus ada sejumlah gaya atau momen yang diberikan oleh tumpuannya, salah satu cara adalah dengan menggunakan tumpuan jepit [16]. Tumpuan jepit dapat menahan rotasi maupun translasi dalam arah mana pun. Dengan demikian, tumpuan ini dapat memberikan tahanan momen dan gaya dalam arah sembarang [16]. Sehingga paper ini akan berfokus dalam menjelaskan hubungan sistem adat dengan tahapan konstruksi dan sistem struktur pada rumah vernakular di NTT terhadap konteks gempa..

2. Metode Penelitian




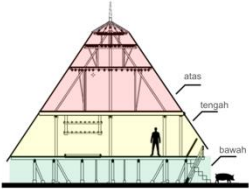
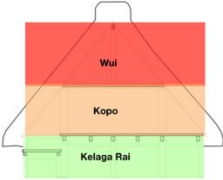
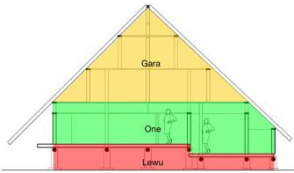
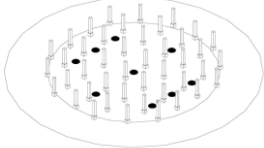

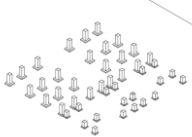
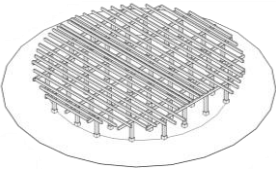

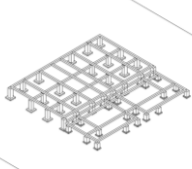
This Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan mengumpulkan beberapa data dari berbagai sumber seperti buku jurnal dan dokumentasi asli mengenai adat istiadat, budaya, kepercayaan local, tahapan konstruksi dan sistem struktur yang ada pada Wae Rebo, Ammu Hawu dan Sao Ria. Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan tabel perbandingan untuk mengidentifikasi hubungan sistem adat terhadap tahapan konstruksi dan sistem struktur dalam konteks gempa. Data-data tersebut digunakan untuk mengkaitkan landasan teori serta membandingkan tahapan konstruksi, sistem struktur dan penyaluran beban pada pada ketiga jenis rumah tersebut terhadap konteks gempa. Selain itu penelitian ini juga memanfaatkan software Sketchup untuk memvisualisasikan sistem struktur Rumah Wae Rebo, Ammu Hawu dan Sao Ria.

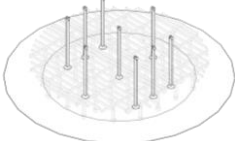

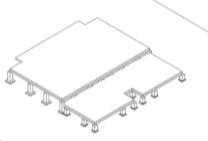
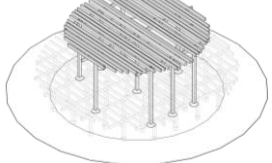
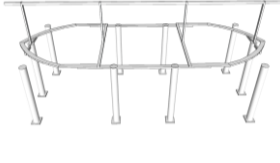
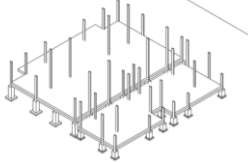
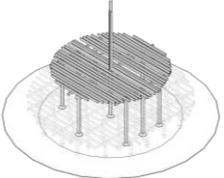

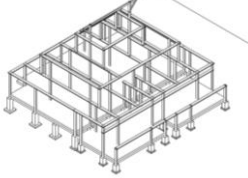
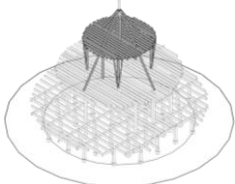

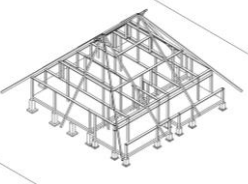
3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menjelaskan bahwa proses konstruksi pada ketiga rumah vernakular NTT memiliki hubungan erat dengan sistem adat. Hal tersebut memberikan pandangan bahwa proses

kontruksi yang didasari oleh sistem adat secara tidak langsung sudah merespon konteks lingkungan sekitar termasuk gempa yang dibungkus dengan budaya, kepercayaan dan adat istiadat. Terlihat adanya beberapa perbedaan dan persamaan dalam proses konstruksi yang dipengaruhi oleh sebagian besar kepercayaan dan budaya lokal. Akan tetapi, 3 rumah tersebut memiliki persamaan yaitu pada sistem konstruksi secara vertikal hanya terdapat tiga pembagian, yaitu: bagian pondasi (bottom), bagian dinding (middle) sekaligus sebagai atap (upper). Penjelasan lebih detail akan dijelaskan pada Tabel 2.

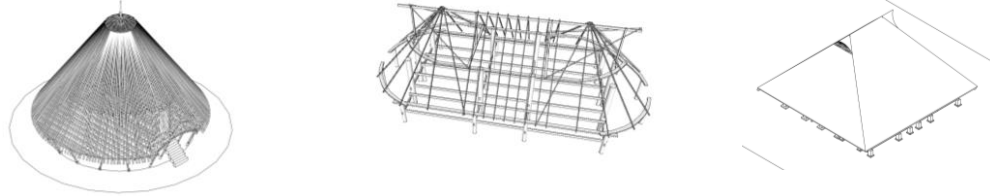
Table 1. Tahapan Konstruksi

No	Wae Rebo	Ammu Hawu	Sao Ria
			
			
1			
	Menggali tanah sedalam 80 cm dan pemasangan kolom-kolom penopang lantai pertama (<i>Hiri Ngaung</i>). Kolom dibungkus dengan ijuk dan plastik kemudian lubang ditutup dengan batu-tanah bergantian terus menerus hingga tertutup [8].	Pemasangan tiang buritan berjumlah 2 buah secara bersama-sama (<i>garitaruwui</i>) serta pemasangan tiang sebanyak 4 buah (<i>tebakkaduru</i>). Kemudian dipasang <i>garitelora</i> atau <i>garipedoka</i> (istilah tiang lainnya) sebanyak 4 buah didalam. Hal tersebut dilakukan setelah upacara/ritual dengan hewan kurban tertentu [17].	Pemasangan pondasi utama (batu lonjong untuk tiang utama) yang bersifat sementara kemudian diganti dengan menggunakan kayu dan batu ceper. Peletakan pondasi ini disertai upacara dengan hewan kurban sebagai makna agar dapat berdiri kokoh dan aman bagi penghuni dan pada bagian bawah diberi nama Lewu yang memiliki makna “manusia dengan alam” [13].
2			
	Pemasangan balok induk (<i>Tangang</i>) sebagai balok untuk <i>tenda</i> (lantai pertama). Pemasangan balok anak (<i>Elar</i>) di atas <i>tangang</i> untuk menopang lantai dari papan kayu. Untuk pemasangan sementara menggunakan ikat untuk menyesuaikan yang pada akhirnya	Pemasangan balok tiang atas (<i>amerai/kebee</i>) pada bagian depan dan belakang dengan ritual pemotongan hewan kurban. [17].	Pemasangan balok induk diatas tiang pendek (<i>leka pera</i>) sebagai alas untuk memasang balok anak serta tiang diatasnya [13].

	<p>akan dipaku. [8]</p>		
<p>3</p>			
	<p>Pemasangan <i>Hiri Mere</i> (tiang utama) sebagai penopang utama bangunan. 9 buah <i>Hiri Mehe</i> ditanam dengan kedalaman min. 100 cm. <i>Bongkok</i> merupakan tiang pusat yang berada di tengah <i>Hiri Mehe</i>. [8]</p>	<p>Pemasangan balok pelengkung diatas balok tiang atas (<i>Tagabatu</i>). Untuk menambah kestabilan, bagian 2 tiang buritan dipasang untuk tumpuan balok pelengkung, hal ini dilakukan dengan ritual yang sama. [17].</p>	<p>Pemasangan balok anak diatas balok induk kemudian pemasangan lantai [13].</p>
<p>4</p>			
	<p>Pemasangan <i>Leba</i> (balok induk) di atas <i>hiri mehe</i> sebagai balok utama. Pemasangan <i>dorot</i> di atas <i>leba</i> sebagai balok anak untuk menopang lantai 2. Sambungan menggunakan paku. Untuk balok pada bagian tengah (<i>dorot reha</i>) memiliki dimensi lebih besar karena akan disambung dengan <i>ngando</i> (tiang utama yang menerus hingga puncak) [8]</p>	<p>Pemasangan tiang untuk nok pada balok tiang atas dan balok pelengkung (<i>galamone</i> atau <i>galabnni</i>). Kemudian Pemasangan nok pada tiang nok, bagian tiang nok dicoak dan nok dipasang diatas coakan dengan ritual hewan kurban [17].</p>	<p>Pemasangan tiang kolom untuk dinding dan tiang utama untuk menopang balok induk pada atap (<i>one</i>). Pemasangan tiang-tiang tersebut dilakukan dengan diberi pahatan oleh <i>mosalaki</i>/pemilik sao ria sebagai simbol makna kesuburan berdasarkan ritual tersebut [13].</p>
<p>5</p>			
	<p>Mendirikan <i>ngando</i> yang didirikan dengan bantuan <i>rede</i>, yaitu dua buah bambu untuk membantu <i>ngando</i> berdiri. <i>Rede</i> nantinya dipotong sepanjang <i>ngando</i> dan sebagai tangga akses naik turun lantai. <i>Ngando</i> dipasang melanjutkan <i>bongkok</i> (pusat <i>hiri mehe</i>) [8].</p>	<p>Pemasangan tiang-tiang luar dan tiang terasan (<i>Gari tie rou / gari kolo eka</i>) sebanyak 14 buah dengan upaca ritual terdahulu. [17].</p>	<p>Pemasangan balok dan tiang atas (ada yang tidak menerus) untuk pemasangan nok / papan bubungan (bagian yang cukup penting dalam proses konstruksi) karena memberikan makna keadaan rumah ini nantinya akan aman dan tidak kurang satu apapun [13].</p>
<p>6</p>			
	<p>Memasang <i>pengga ngando</i> ke arah empat penjurus sebagai penyeimbang <i>ngando</i>. Dipasang di atas <i>lobo</i> (balok lantai 2). Membangun lantai ke 3 (<i>lentar</i>) sama seperti lantai pertama.</p>	<p>Pemasangan 6 balok atas tiang luar (<i>Henata</i>) untuk lantai 1 dengan dilakukannya upacara ritual kurban [17].</p>	<p>Pemasangan bagian atap ini harus melalui serangkaian upacara adat agar memberikan makna kepada penghuni untuk selalu sehat [13].</p>

Kemudian didirikan *hiri lentar* untuk membagi beban pada lantai 3 yang diletakkan di 8 posisi *lobo* (lantai 2) dan dipasang kayu diagonal untuk beban horizontal. Pembangunan lantai keempat (*lempare*) memiliki proses yang sama dengan lantai *lentar* [8].

7



Hekang kode sebagai lantai kelima dari Wae Rebo, cara memasang sama dengan lantai lainnya. Pemasangan *buku* (rangka terluar) untuk mengikat penutup atap, pemasangan *hiri leres* sebagai kolom miring pada lantai dasar untuk menahan beban *wahe leles*. *Wahe leles* merupakan ikatan rotan untuk membentuk lingkaran luar dan menjaga bentuk lingkaran lantai juga tempat mengikatkan *buku*. Ikatan rotan terdapat di setiap lantai untuk menjaga bentuk lingkaran lantai. [8]

Pemasangan rangka atap. Setelah itu ada pemasangan daun lontar untuk penutup atap. Biasanya dilakukan upacara adat khusus yang disebut *penou*, dengan menghias tiang nok memakai pakaian adat laki-laki dan perempuan. Tahap terakhir adalah pemasangan dek lantai dimulai dari lantai terasan, lantai 1, dan lantai 2 serta penutup atap (*ketanga rohe*) yang juga dilakukan adanya upacara ritual dalam pengerjaannya [17].

Sebelum peletakkan penutup atap, diberikan penutup dinding dan pintu terlebih dahulu menggunakan material seperti bambu. Material bambu dipilih akibat material lokal yang tersedia, pemasangan tersebut juga melalui upacara ritual. Pemasangan atap yang terbuat dari alang-alang dan ijuk yang melalui beberapa upacara, musik dan sesajen untuk memberi simbol kepercayaan kepada leluhur (*gara*). Selain itu bentuk atap dikototasi sebagai metafora dari bentuk mirip perahu [13].

Pada tahapan pembangunan yang terlihat dalam bangunan Wae Rebo terdapat intensi untuk merespon kondisi iklim dengan bentuk bangunan yang berada di dataran tinggi yang dingin dengan kecepatan angin yang tinggi. Proses perletakan kolom, balok, dan lantai terjadi sebagai respon terhadap denah lingkaran. Zoning vertikal yang terbentuk masih berdasarkan alasan kosmologi ataupun sistem kepercayaan/adat [8]. Termasuk adanya tiang utama dari sembilan tiang yang ada

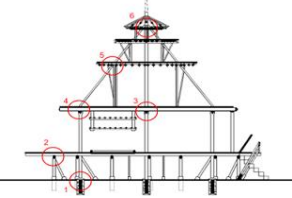
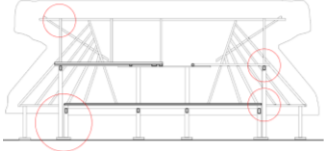
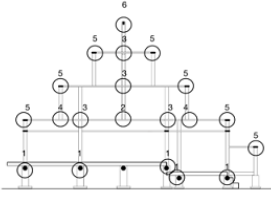
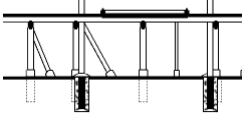
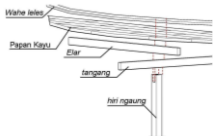
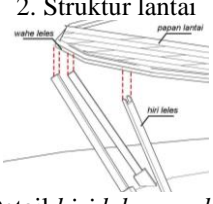
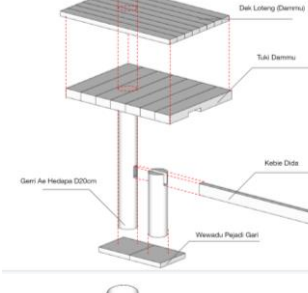
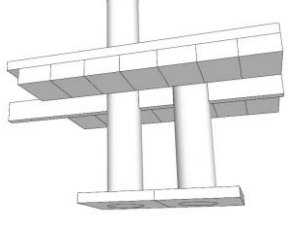
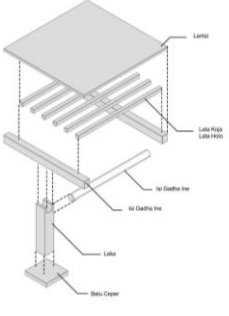
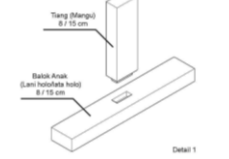
Setiap tahapan membangun pada Ammu Hawu selalu dilakukan upacara adat kepercayaan serta kosmologi untuk mendoakan kekuatan dan kekokohan masing-masing elemen untuk tempat tinggal. Bentuk bangunan yang menyerupai perahu terbalik yang merujuk pada makna keseimbangan dan dualisme yang dianut oleh masyarakat. Bentuk perahu juga dipengaruhi oleh konteks lingkungan yang berada di pesisir [11]. Sehingga terlihat adanya sistem adat terhadap tahapan konstruksinya sebagai bungkus dalam mersepon lingkungannya.

Pada tahapan pembangunan Sao Ria, terlihat adanya hubungan budaya dan kepercayaan serta kosmologi terhadap pembangunan tersebut. Kepercayaan terhadap makna keseimbangan manusia dan alam semesta menjadi alasan utama dalam membangun [17]. Konteks lingkungan memberikan pengaruh terhadap proses pembangunan, hal ini terlihat dari penggunaan batu sebagai alas pondasi untuk menghormati alam berdasarkan makna kepercayaan lokal.

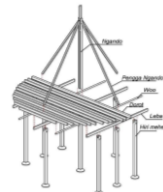
Pada Tabel 2 konstruksi pondasi (*bawah*), ketiga rumah vernakular tersebut membuat pondasi yang stabil terlebih dahulu menggunakan tiang-tiang kecil berukuran 50-100 cm yang dibungkus dengan makna kosmologi/kepercayaan (Atas, tengah dan bawah). Kemudian terdapat perbedaan pada konstruksi pondasi, dimana Wae Rebo menggunakan sistem kayu tanam (*ceblokan*) ke tanah sehingga kaku tetapi terdapat rongga sehingga masih dapat bergeser di dalam tanah, sistem *ceblokan* ini lebih memperhatikan angin daripada gempa [8]. Hal ini sedikit berbeda dari sistem pondasi Ammu Hawu dan Sao Ria karena menggunakan umpak

batu / *base isolation* sebagai alas dari tiang kayu sehingga lebih mengarah ke tumpuan sendi sehingga dapat meredam serta menghindari gerakan tanah / gaya lateral ke struktur bangunan agar tetap berdiri.

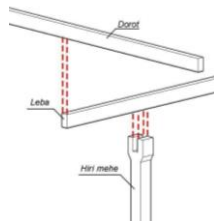
Table 2. Sistem Struktur dan Joint

Bagian	Wae Rebo	Ammu Hawu	Sao Ria
			
Pondasi (bawah)	 <p>1. Pondasi</p>  <p>2. Struktur lantai</p>  <p>Detail hiri leles - wahe leles – papan kayu</p>	 	  <p>Detail 1</p>
	<p>Bagian pondasi lantai ditanam ke tanah dan ditutup dengan tanah dan batu membuat pondasi tidak kaku dan dapat bergerak ketika terjadi gaya lateral dari gempa. Sambungan tiang pondasi (<i>hiri ngaung</i>) dan balok induk (<i>tangang</i>) dengan cara dicoak tan balok diletakkan di atasnya sehingga dapat bergerak ketika terjadi gaya lateral gempa. Sambungan balok anak (<i>elar</i>) dengan <i>tangang</i> berupa ikatan rotan untuk fleksibilitas ketika terjadi gempa atau beban di atasnya. Lantai menggunakan papan kayu yang dipaku ke <i>elar</i>. <i>Wahe leles</i> sebagai rangka lingkaran luar untuk menjaga bentuk lantai. [8]</p> <p><i>Hiri leles</i> berupa kolom miring yang berdiri di tanah untuk menahan beban dari <i>wahe leles</i>, diikat dengan ikatan rotan [8]</p>	<p>Bagian pondasi Ammu Hawu memiliki kemiripan dengan sistem umpak batu/<i>base isolation</i> dimana bagian pondasi tidak langsung terhubung dengan tanah tetapi ada material lain yang sebagai pemisah antara kayu dengan tanah agar tidak cepat terjadi kerusakan serta menghindari gaya lateral dari tanah. Dalam studi kasus Ammu Hawu, material yang digunakan untuk pembatas adalah batu sehingga bagian tiang-tiangnya tidak langsung terkena tanah untuk menghindari gaya lateral dari tanah [17].</p>	<p>Bagian pondasi terdapat tiang pendek, yang diletakkan secara bebas di atas tanah dengan beralaskan batu datar sebagai perataan bebas di atasnya sehingga menjadi tumpuan sendi. Di atas tiang pendek diletakkan balok induk. Perletakan antara tiang pendek dan balok induk tidak terdapat modifikasi atau perlakuan khusus (terletak bebas), hanya pada ujung atas tiang pendek dibuat coakan dengan diameter yang disesuaikan dengan diameter balok induk agar tetap pada posisi yang direncanakan /sambungan sendi [17].</p>

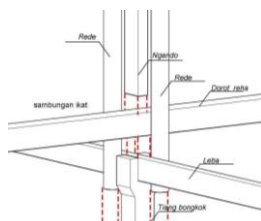
Dinding
(tengah)



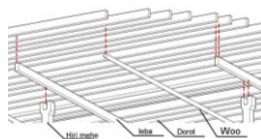
Lantai 2



3. Kolom - balok – balok anak



3. Detail sambungan ngando

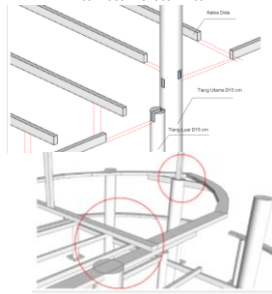


4. Detail Woo - tie

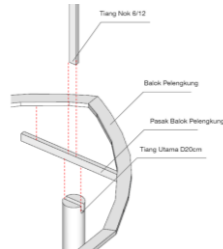
Struktur bagian bawah tidak terhubung secara langsung dalam penyaluran beban bangunan. Bagian tengah memiliki 9 kolom utama (*hiri mehe*) yang berfungsi sebagai struktur lantai 2 hingga lantai 5 hingga puncak bangunan untuk membentuk bentuk bangunan. Tiang utama dijepit dengan *rede* dan diikat dan disambungkan dengan balok dan kolom dibawahnya. *Woo* digunakan untuk mengurangi daya tekan dan tarik pada *dorot* akibat *leba* yang hanya berjumlah tiga balok sehingga terbentuk bentang yang lebar. Untuk lantai-lantai di atasnya memiliki konfigurasi struktur yang sama dengan kolom - balok induk - balok anak dengan sambungan ikat ke arah *ngando* karena tidak difungsikan sebagai tempat tinggal sehingga beban yang



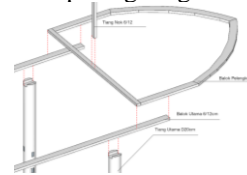
Balok lantai teras dan lantai utama



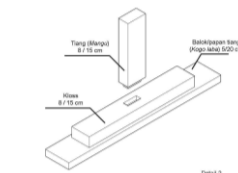
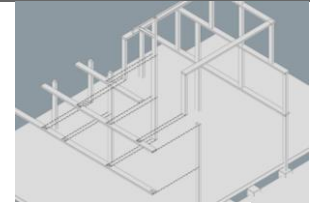
Balok lantai 2



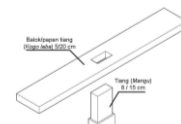
Balok pelengkung lantai 2



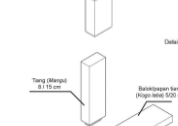
Balok lantai 2



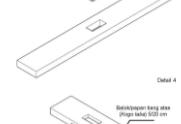
Detail 1



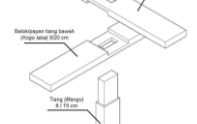
Detail 2



Detail 3



Detail 4



Detail 5



Detail 6

Ada 3 bagian lantai pada bangunan. Bagian pertama, teras yang ditopang oleh struktur kolom dan balok yang berbeda dengan lantai utama. Bagian kedua, lantai utama yang ditopang oleh balok dan 10 kolom utama yang menerus sampai lantai ke 2 serta 8 kolom yang tidak menerus. Sedangkan pada bagian lantai ke tiga / tingkat 2, ditopang oleh balok loteng dan balok pelengkung serta 10 kolom yang menerus. Bagian tiang utama yang menerus, dipasang menembus struktur lantai. Pada lantai 1 bagian tengah ruangnya ditopang oleh balok yang posisinya berdiri. Teknik pemasangan balok untuk menopang lantai 1 adalah *coak*. Untuk bagian deknya, urutan pemasangan setelah balok berdiri, ada balok tidur yang bagian bawahnya di

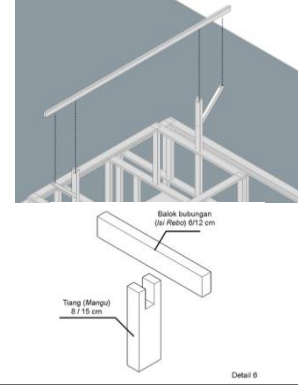
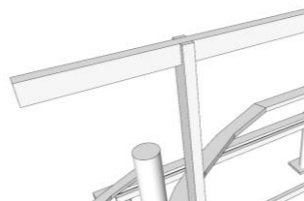
Di atas balok induk, dengan posisi melintang, diletakkan balok anak ukuran (secara bebas tanpa perlakuan khusus.) sebagai perletakan tiang struktur utama bagian pinggir. Pada lantai terdapat dua komponen yang menjadi satu titik simpul, yaitu balok anak dan tiang. Titik simpul tersebut menggunakan sistem lubang dan pen pada konstruksinya (balok anak dilubangi dan tiang sebagai pennya/tusuk).

Di atas lantai terdapat papan ukuran yang dipasang secara horizontal dan ujung papan tersebut menumpu pada dua tiang tepi [17].

diterima tidak sebesar lantai pertama atau kedua.

coak untuk ditumpukan pada balok berdiri. Di atas balok tidur diberi balok pelengkung pada bagian arah timur dan barat bangunan yang ditumpu balok tidur. Sistem coak yang dipasang pada sambungan-sambungan kayu tersebut memungkinkan untuk bergerak ketika ada beban lateral [17].

Atap
(atas)



Terdapat struktur untuk menahan beban angin yang dipasang secara diagonal (*penna lantai*) yang dipasang tiap lantai dengan sambungan ikat rotan. Karena bagian atas semakin meruncing maka tiang hanya terdapat tiang utama yang menopang sendiri ke atas, maka terdapat *Penna ngando* yang dipasang ke arah empat penjurus dengan posisi miring untuk mengalirkan gaya horizontal dengan ikatan rotan. Karena berbentuk kerucut, atap bangunan menerus dari puncak tertinggi hingga ke lantai pertama sehingga lantai-lantainya menjadi struktur untuk menopang struktur penutup atap (*buku*) yang diikat ke *wahe leles*. [8].

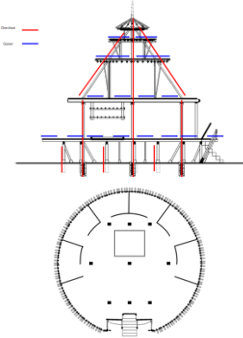
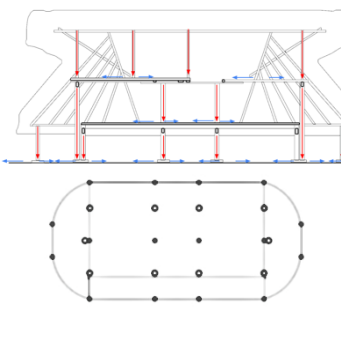
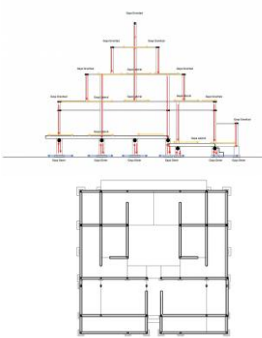
Bagian nok berukuran 6/12 pada pada bangunan menumpu pada kolom berukuran 6/12 yang di coak bagian atasnya. Pada bagian nok ini terdapat area yang di coak untuk memasang rangka atap [17].

Pada papan dengan posisi tengah diletakkan tiang utama tengah ukuran 8/15 cm menjulang tinggi ke atas sesuai dengan tinggi atap yang direncanakan. Sistem perletakan tiang tengah dengan papan menggunakan sistem lubang dan pen dengan bantalan klos. Papan tersebut akan menjadi perletakan dari struktur lantai atas atau loteng. Kemudian yang terakhir, pada ujung tiang tengah diletakkan balok bubungan ukuran 6/12 cm (*isi hubu/isi rebo*) sebagai perletakan kasau natinya [17].

Pada Tabel 2 bagian dinding (*tengah*), rumah Wae Rebo memiliki struktur yang terpisah dengan bagian lantai pertama. Kesembilan tiang utama menembus lantai 1 tanpa menahan beban apapun sehingga beban yang diterima tidak mempengaruhi lantai 1 akibat adanya pemisahan struktur lantai 1 dan 2 serta sebagai makna penghubung dunia atas dan bawah (sistem adat) dengan sistem ikat, jepit serta coak. Hal ini sama dengan Ammu Hawu, terdapat pemisahan antara kolom yang menopang lantai 1 dan 2 serta tiang nok dan kolom yang hanya menopang lantai teras. Sehingga dalam hal ini, beban gempa yang diterima lebih ringan akibat adanya struktur yang terpisah tersebut. Sedangkan pada Sao Ria, menggunakan balok utama sebagai penumpu tiang kecil. Tetapi terdapat kolom utama yang menerus ke bagian pondasi dengan sistem coak untuk menopang balok utama sama dengan Ammu Hawu. Sedangkan Pada bagian atap (*atas*), rumah Wae Rebo dan Sao Ria semakin meruncing ke atas karena pengaruh konteks lingkungan dan kalau di Sao Ria terdapat pengaruh filosofi. Hal tersebut sama dengan

Ammu Hawu yang terdapat filosofi yang mempengaruhi bentuk atap (menyerupai kapal). Akan tetapi dari segi sistem sambungan atas Wae Rebo lebih menggunakan coak dan jepit serta ikat, sedangkan Ammu Hawu dan Sao Ria hanya coak.

Table 3. Sistem Penyaluran Beban dan Bentuk Denah

Wae Rebo	Ammu Hawu	Sao Ria
		
<p>Rumah Wae Rebo memiliki 5 lantai yang memiliki bentuk lingkaran yang semakin kecil semakin ke atas sehingga konfigurasi ini membentuk bangunan seperti kerucut dengan satu pusat sehingga memiliki stabilitas yang baik karena beban semakin ke atas semakin kecil. Struktur lantai satu dan lantai dua-lima berbeda kolom-dan balok namun masih terhubung dengan bentuk membuat jika terjadi gempa maka bagian bawah dan atas akan bergerak sendiri-sendiri dengan sambungan kolom balok coak untuk gaya lateral. Sambungan lainnya seperti balok induk dan anak, rangka atap dan sebagainya sebagian besar antara diikat roan dan dipaku membuat struktur bersifat fleksibel dan tidak terjadi patah ketika gempa terjadi. Pondasi yang ditanam ke tanah dikombinasikan dengan batu dan pasir sehingga masih memberi ruang pada kolom untuk bergerak untuk mencegah patah saat terjadi gaya lateral dari tanah.</p> <p>Denah Wae Rebo memiliki bentuk yang simetris lingkaran dan sederhana. Hal ini mengantisipasi penyebaran gaya gempa secara merata. Dengan adanya bentuk lingkaran, gaya gempa dapat disebar ke segala arah tanpa menimbulkan torsi..</p>	<p>Model Rumah Sabu (Ammu Hawu) berbentuk seperti perahu terbalik dengan sisi-sisinya yang seimbang. Hal ini berpengaruh pada penyaluran gaya-gaya lateralnya yang merata pada seluruh bagian massa. Untuk menghindari beban lateral pada bagian pondasi, Ammu Hawu menerapkan sistem yang serupa dengan base isolation dimana bagian pondasi tidak langsung bertemu dengan tanah tetapi dibatasi dulu oleh material tertentu. Pada studi kasus Ammu Hawu menggunakan material batu sebagai material yang membatasi tanah dengan pondasi agar tidak bertemu.</p> <p>Denah Ammu Hawu memiliki bentuk oval yang memanjang di kedua sisi. Bentuk denah seperti ini tidak terlalu kompleks tapi tidak sederhana juga. Denah yang ramping dan memanjang dapat memunculkan potensi gaya torsi sehingga dapat menyebabkan patahan pada sisi tertentu.</p>	<p>Model pada rumah tradisional Sa'o Ria didominasi oleh coak. Model ini akan memberikan kontribusi sangat besar terhadap beban struktur itu sendiri. Sistem coak dengan lidah memiliki kemampuan menahan gaya yang cukup besar. Atau dengan kata lain, sistem ini bersifat sendi. Dengan demikian, bila struktur secara keseluruhan menerima beban atau gaya, maka struktur akan dapat berperilaku sendi dan tidak terjadi keruntuhan. Titik massa dan titik kekakuan bangunan saling berimpit. Dengan kondisi seperti itu, bangunan tidak akan mengalami puntir/momen bila menerima beban secara transversal. Struktur bangunan yang lebar di bagian bawah serta menciut atau mengecil dan ringan di bagian atas akan memberikan kestabilan yang baik terhadap sistem struktur tersebut, sehingga akan terhindar dari terjadinya guling.</p> <p>Secara denah utuh, Sao Ria memiliki bentuk denah kotak sederhana yang simetris. Hal ini tentu memudahkan penyebaran gaya gempa ke kiri kanan. Namun untuk arah yang kearah atas dan bawah (X dan Y axis), akibat adanya perbedaan ketinggian pada lantai dapat menjadikan adanya benturan antara lantai yang lebih rendah dengan yang lebih tinggi.</p>

Tabel 3 menjelaskan penyaluran gaya secara gravitasi dan lateral pada ketiga rumah yang berawal pada atap hingga bagian tengah memiliki kesamaan. Kesamaan tersebut berupa adanya

pemisah untuk menyalurkan beban dari gravitasi dari kolom ke balok dan seterusnya sampai bagian bawah. Namun terdapat perbedaan pada pondasi Wae Rebo (ditanam dengan rongga / sendi) dengan Ammu Hawu dan Sao Ria yang menggunakan batu datar /umpak batu sebagai alas kolom.

Ketiga rumah tersebut memiliki bentuk denah yang berbeda, namun denah Wae Rebo dengan Sao Ria memiliki bentuk yang cenderung simetris sedangkan Ammu Hawu lebih memanjang. Kondisi ini menyebabkan kemungkinan perbedaan sistem struktur dalam merespon terjadinya gempa. Pada denah Wae Rebo dan Sao Ria, penyaluran beban struktur disalurkan ke arah kiri dan kanan secara merata, sedangkan pada Ammu Hawu lebih rentan terhadap torsi karena lebih memanjang. Meski pada sistem strukturnya telah diupayakan untuk menanggulangi gempa, secara denah Ammu Hawu tetap lebih Panjang dan ramping dibandingkan dengan Wae Rebo dan Sao Ria yang meningkatkan potensi terjadinya ketidakstabilan struktur. Akan tetapi, pada Sao Ria yang memiliki ketinggian lantai yang berbeda dapat meningkatkan potensi tabrakan antar elemen structural pada arah gaya gempa ke atas atau bawah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari *literature review* dan analisa diatas, ditemukan bahwa intensi desain ketiga rumah tersebut tidak dibuat berdasarkan pemahaman akan tahapan konstruksi dan sistem struktur dalam konteks gempa secara langsung. Namun terdapat hubungan respon terhadap gempa dalam pembuatannya (konstruksi dan struktur) yang dibungkus oleh sistem adat berupa budaya dan kepercayaan lokal seperti filosofi akan makna serta kosmologi adat istiadat. Sehingga tahapan konstruksi tidak ada kaitannya dengan respon gempa, melainkan sistem struktur dan detail konstruksi yang merespon konteks gempa. Hal tersebut terlihat dengan adanya upaya pada masyarakat lokal dalam membuat sistem struktur yang menggunakan sambungan coak (Ammu Hawu dan Sao Ria), jepit dan ikat (Wae Rebo) dalam menstabilkan bagian bawah, tengah dan atas untuk mengurangi gaya lateral gempa serta gravitasi. Perbedaan terdapat pada bagian pondasi Wae Rebo yang ditanam namun diberi rongga untuk bergerak (Sendi) Sedangkan pada Sao Ria dan Ammu Hawu menggunakan pondasi yang tidak tanam atau beralaskan batu sehingga gaya lateral tidak langsung dari tanah mengenai struktur bangunan melainkan meredam gaya lateral gempa dengan batu datar sebagai alas. Persamaan lainnya adalah adanya kolom utama yang menerus dan tiang kecil yang tidak menerus untuk mengurangi beban lateral dan gravitasi pada kolom utama sehingga penyaluran beban dapat berkurang. Dengan menggunakan material kayu / ringan yang dapat memberikan gaya tarik cukup baik untuk menahan gaya gravitasi pada balok maupun lateral pada kolom. Ammu Hawu memiliki bentuk denah yang lebih ramping dan memanjang dibandingkan dengan Sao Ria dan Wae Reo yang secara tidak langsung berhubungan dengan sistem strukturnya. Sedangkan Sao Ria memiliki perbedaan ketinggian pada lantainya. Sehingga menyebabkan Ammu Hawu dan Sao Ria memiliki potensi terjadinya ketidakstabilan struktur saat menerima getaran gempa pada pergerakan ke depan dan belakang dibandingkan dengan Wae Rebo.

Daftar Pustaka

1. Mahdayeni, M., Alhaddad, M. R., & Saleh, A. S. (2019). Manusia dan Kebudayaan (Manusia dan Sejarah Kebudayaan, Manusia dalam Keanekaragaman Budaya dan Peradaban, Manusia dan Sumber Penghidupan). *Tadbir: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 7(2), 154-165.
2. Tamam, B., & Soewarno, N. (2022). Penerapan Tema Arsitektur Neo-Vernakular pada Rancangan Museum Etnologi di Kabupaten Bandung Barat. *FAD*, 2(2).

3. Akbar, R., Darman, R., Marizka, F.N.U., Namora, J. and Ardewati, N., 2018. Implementasi Business Intelligence Menentukan Daerah Rawan Gempa Bumi di Indonesia dengan Fitur Geolokasi. *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 4(1), pp.30-35.
4. Zebua, D., Wibowo, L.S.B., Cahyono, M.S.D. and Ray, N., 2020. Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 3(2), pp.53-57.
5. *PETA sumber Dan Bahaya GEMPA Indonesia Tahun 2017*. (2017). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
6. Hardiman, G. (2012). Pertimbangan iklim tropis lembab dalam konsep arsitektur bangunan modern. *Jurnal Arsitektur*, 2(2).
7. Wazir, Z.A., 2019. Arsitektur Vernakular Tanggap Bencana Indonesia. *Arsir*, 3(1), pp.24-38.
8. Antar, Y., 2010, *Pesan Dari Wae Rebo*, Gramedia Pustaka Utama.
9. Terisno, V.H., Tulistyantoro, L. and Nilasari, P.F., 2019. Studi Makna dan Ruang dalam Hunian Tradisional Manggarai, Flores Nusa Tenggara Timur. *Intra*, 7(1), pp.21-25.
10. Perdana, M.R., 2016. Tata Spasial Permukiman Tradisional Manggarai Berdasar Ritual Penti di Kampung Wae Rebo di Pulau Flores. *Space*, 3(2), pp.173-200.
11. Jeraman, P., 2019. Tipologi Arsitektur Rumah Sabu (Ammu Hawu), Sebuah Pendekatan Deskriptif Antropologis. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 12(3), pp.225-256.
12. Kapilawi, Y.W., Nday, R.U. and Hardy, I.G.N.W., 2019. Kajian Tektonika Arsitektur Rumah Tradisional Sabu di Kampung Adat Namata. *GEWANG: Gerbang Wacana dan Rancang Arsitektur*, 1(1), pp.8-13.
13. Mukhtar, M.A., 2018. Tahapan Pembangunan Rumah Tradisional SAO RIA sebagai Upaya Pelestarian Masyarakat Adat Suku Lio Dusun Nuaone Ende. *A028-A036*. <https://doi.org/10.32315/sem,2,p.a028>.
14. Mukhtar, M.A., Pangarsa, G.W. and Wulandari, L.D., 2013. Struktur konstruksi arsitektur tradisional bangunan tradisional keda suku ende lio di permukiman adat wolotolo. *RUAS (Review of Urbanism and Architectural Studies)*, 11(1), pp.16-27.
15. Rinaldi, Z., Purwantiasning, A. W., & Nur'aini, R. D. (2015). Analisa Konstruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Suku Besemah di Kota Pagaram Sumatera Selatan. *Prosiding Semnastek*.
16. Fuchs, M. B. (2016). *Structures and their analysis*. Basel: Springer.
17. Suwantara, I.K., Suryantini, P.R. and Sena, P.G., 2020. Ragam Teknologi Rumah Tradisional Tahan Gempa Nusantara Timur. *Nuansa Cendekia*.