

Kajian Rumah Ramah Angin di Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur

Rifat Y. Y. Maromon¹⁾, I Gusti Ngurah Wiras Hardy²⁾, Theodora M. C. Tualaka³⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang, NTT.

Abstrak

Bencana termasuk angin kencang dan angin topan berada di level 50%, karena cuaca ekstrem terjadi di Kota Kupang. Daerah yang terkena dampak tornado sekitar 67,37% setiap tahun. Fenomena ini perlu diwaspadai oleh pemangku kebijakan dan masyarakat setempat untuk mengantisipasi bencana tersebut. Tujuan penelitian ini, yaitu: (1) mengidentifikasi titik bencana, penyebaran dan tingkat kerusakan atap rumah akibat bencana angin di Kota Kupang melalui pemetaan historis wilayah terdampak dengan membandingkan peta bencana angin Kota Kupang Tahun 2012-2014 dengan kondisi bencana Tahun 2017-2019; (2) mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan pada atap bangunan melalui pengamatan di lokasi bencana dan pengambilan sampel foto setelah bencana. Dengan demikian, dapat diidentifikasi kerusakan konstruksi bangunan dan penggunaan material dengan menggunakan Metode Fujita dan variabel kerentanan di atap bangunan; dan (3) mengembangkan prinsip rumah ramah angin yang dirancang dengan memperhatikan faktor-faktor penyebab kerusakan pada atap bangunan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bentuk penyebaran dan titik kerusakan bencana tornado pada tahun 2012-2019 di Kota Kupang. Penggunaan bahan atap seng dan konstruksi kayu memiliki kerentanan bencana yang sangat tinggi, begitu pula penambahan konstruksi antara bangunan dengan atap. Prinsip-prinsip desain rumah ramah angin di Kupang, antara lain dapat dilakukan dengan pengenalan kondisi eksisting, struktur bangunan termasuk atap dan sistem konstruksi sambungan, pengembangan bangunan, dan pemeliharaan bangunan.

Kata-kunci : Fujita, prinsip ramah angin, variabel kerentanan

Abstract

Disaster including strong winds and tornado is in level 50% as an extreme weather is happen in Kupang City. The area which is affected by tornado is about 67.37% for this disasters occurrence taking place every year. This phenomenon is needed to be watched out by all stakeholders and the local people in order to overcome the disasters earlier. The purposes of this research are; (1) Knowing the disaster's point and the spreading of wind disasters in Kupang throughout historical mapping of wind disaster method whereby its locations of the disaster in 2012-2014 juxtaposed with its wind disaster progress in 2017-2019; (2) Knowing the causative damage factor to the roof of building through observation and location of information disaster and its sample by taking photo after the disaster as data taken. By knowing the damage of buildings construction and the use of materials by using Fujita Method and vulnerability variables on the roof of the building; and (3) Developing a wind-friendly house principle which is designed by looking at factors causing the roof of the building damage. The results of this study are shown as a form of the spreading and damaging point of tornado disaster in 2012-2019 in Kupang. The use of zinc roofing material by wooden construction is very high disaster vulnerability as well as an extension construction between building indicators of roof to building easels. The principles of wind-friendly home design in Kupang consist of identifying existing conditions, structure of the building includes splaying roof and the construction of connection system, building development and the building maintenance.

Keywords : Fujita, wind-friendly principles, vulnerability variables

Kontak Penulis

Rifat Y. Y. Maromon
Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana
Jalan Adisucipto, Kota Kupang, NTT, 85001
Telp: 081236405004
E-mail: rifatmaromon@gmail.com

Pendahuluan

Kota Kupang yang berada pada iklim semi arid yang merupakan keadaan lahan atau iklim yang mendekati sangat kering dengan curah hujan rendah, suhu berkisar 20°C-35°C (Messakh,2012). Tahun 2016 suhu Kota Kupang sebesar 34,6°C (BPS, 2017). Keadaan iklim yang kering menyebabkan udara panas sehingga berpengaruh di masa pancaroba yang menyebabkan terjadi bencana angin kencang. BMKG Kupang (2015) memperkirakan sejumlah daerah di Nusa Tenggara Timur yang topografi wilayahnya berbukit-bukit berpotensi dilanda angin puting beliung sehingga perlu diwaspadai. Menurut Dwimawan (2015), angin puting beliung adalah kolom udara yang berputar kencang yang membentuk hubungan antara awan kumulonimbus atau dalam kejadian langka dari dasar awan cumulus dengan permukaan tanah.

Bencana angin yang berlangsung di Kota Kupang terjadi pada peralihan musim hujan sampai kembali ke musim kemarau (November-Maret). Pada masa peralihan musim atau masa pancaroba menjadi tingkat kerawanan bencana angin. akibat perubahan arah angin yang dipengaruhi angin Asia dan angin Australia yang terjadi pada masa pancaroba mempengaruhi kondisi arah angin regional dengan memberikan perbedaan tekanan udara permukaan dan lapisan atas yang cukup besar sehingga menyebabkan terjadi angin puting beliung. Bencana angin kencang, hujan deras, dan badai guntur yang diakibatkan oleh awan cumulonimbus merupakan fenomena bencana *sguall line* menyebabkan pohon tumbang serta kerusakan bangunan rumah dan fasilitas umum (BMKG, 2019).

Kota Kupang di tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 mengalami bencana angin puting beliung sebanyak empat kali yaitu pada tanggal 2 November 2017 di kelurahan Sikumana kerugian 123 rumah rusak, 1 Januari 2018 di kelurahan Nunleu 10 rumah rusak, 7 Maret 2018 di kelurahan Lasiana 23 rumah rusak, 28 Februari 2019 di kelurahan liliba dan Penfui 143 rumah rusak dan terakhir pada tanggal 10 Maret 2019 dilanda Badai angin *square line*. pada tanggal 28 Februari 2019 527 Rumah rusak menyebar merata di Kota Kupang dengan kecepatan angin berkisar antara 40 sampai dengan 50 knot dan tidak terdapat korban jiwa.

Bangunan rusak yang terjadi akibat bencana angin dari tahun 2017 sampai Maret 2019 di Kota Kupang terdampak 826 rumah menyebar di seluruh kecamatan . Kerusakan terbesar akibat bencana angin di Kota Kupang adalah terangkatnya atap bangunan dengan jenis konstruksi dan penutup atap yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian menyangkut penyebaran kerusakan atap bangunan akibat bencana angin di tiap kelurahan, jenis konstruksi dan bagaimana membangun rumah ramah angin di Kota Kupang. Dalam hal ini, bangunan yang ramah bencana adalah bangunan yang dapat meminimalisir kerusakan saat terjadinya bencana.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi titik bencana, penyebaran dan tingkat kerusakan atap rumah akibat bencana angin di Kota Kupang, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kerusakan pada atap bangunan, dan mengembangkan prinsip disain rumah ramah angin.

Metode

Menurut Putra (2015), dalam menganalisis kerentanan bangunan terhadap bencana puting beliung dapat menggunakan Metode Fujita, yaitu melalui survei pengamatan, informasi lokasi bencana, dan pengambilan sampel dengan metode *sistematis sampling* untuk menentukan kerentanan bangunan, dan *purposive sampling* untuk mengetahui kerusakan bangunan serta pemetaannya.

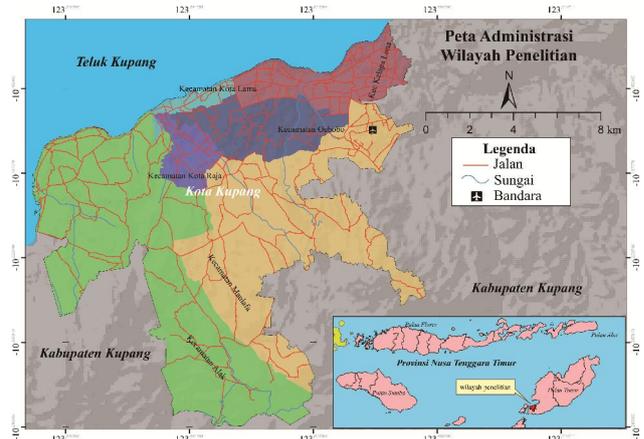
Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data sekunder dari berbagai sumber dan data primer yang diperoleh langsung dari lapangan. Sumber data sekunder dari instansi yaitu Badan Penanggulangan Bencana Kota Kupang, BMKG, Kelurahan di titik bencana dan Instansi terkait.

Data primer diperoleh melalui pengamatan dan pengecekan lapangan terhadap wilayah bencana, pengamatan dan observasi lokasi dan pengambilan sampel dengan metode *sistematis sampling* untuk menentukan kerentanan bangunan dan *purposive sampling* untuk mengetahui kerusakan bangunan. Data Sekunder berasal dari literatur pendukung berupa standar-standar mitigasi bencana, sistem konstruksi rumah tahan bencana angin, buku dan jurnal.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Kota Kupang

Secara astronomis, Kota Kupang terletak antara 10°36'14" - 10°39'58" Lintang Selatan dan, 123°32'23" - 123°37'01" Bujur Timur. Luas wilayah Kota Kupang terdiri dari luas daratan dan luas lautan yang berjumlah sebesar 21.081 Ha. Berdasarkan wilayahnya, batas-batas Kota Kupang, yaitu:



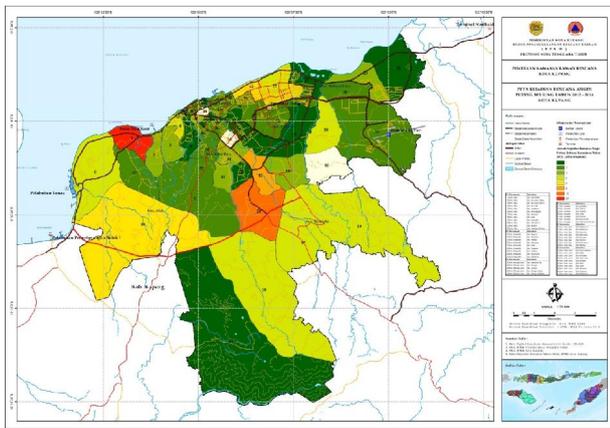
Gambar 1. Peta Kota Kupang

- Timur: Kecamatan Kupang Tengah dan Kupang Barat Kabupaten Kupang.
- Barat: Kecamatan Kupang Barat dan Selatan Semau.
- Utara: Teluk Kupang.
- Selatan: Kecamatan Taebenu dan Nekamese.

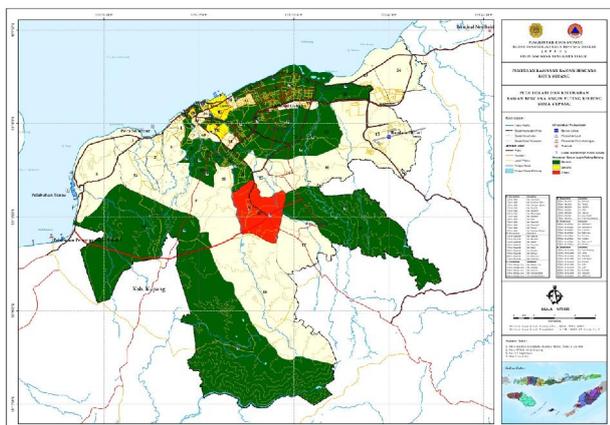
Berdasarkan Data dan Informasi Bencana Indonesia (2016) yang memuat catatan sejarah bencana di Kota Kupang, maka terdapat beberapa jenis bencana yang pernah terjadi, yaitu: banjir, cuaca ekstrim, gelombang ekstrim dan abrasi, serta tanah longsor. Catatan sejarah kejadian bencana tersebut menyebabkan kerugian yang besar bagi masyarakat Kota Kupang, baik kerugian fisik, harta benda maupun kerugian lingkungan. Cuaca Ekstrim menjadi kejadian bencana terbesar hingga 50%.

Titik bencana dan penyebaran bencana angin di Kota Kupang

Sesuai dengan sejarah perjalanan bencana angin di Kota Kupang pemerintah Kota Kupang pada tahun 2014 melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah telah menetapkan Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Kota Kupang termasuk diantaranya Peta Kejadian Bencana Puting Beliung tahun 2012-2014 pada Gambar 2 dan Peta Lokasi dan Kelurahan Rawan Angin Puting Beliung pada Gambar 3.



Gambar 2. Peta Kejadian Bencana Puting Beliung Tahun 2012-2014 (Sumber: BPBD Kota Kupang, 2018)

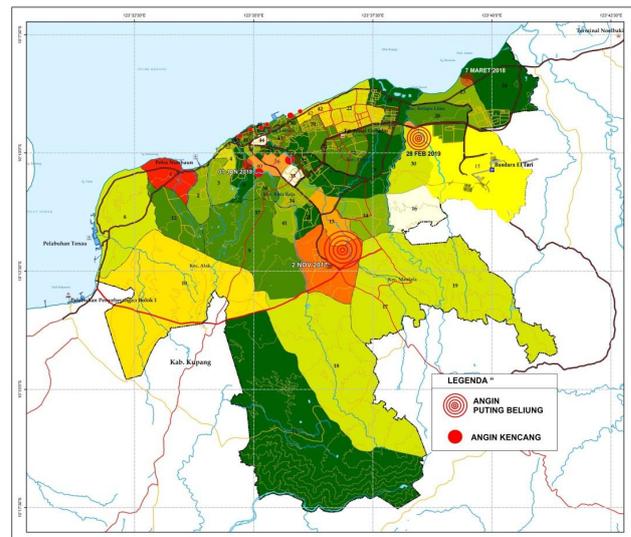


Gambar 3. Peta Lokasi dan Kelurahan Rawan Angin Puting Beliung (Sumber: BPBD Kota Kupang, 2018)

Kedua peta ini menunjukkan kejadian bencana putting beliung dan lokasi kelurahan rawan angin putting beliung

di Kota Kupang tahun 2012-2014 dimana kerawanan tertinggi ditandai dari gradasi warna merah ke kuning dan hijau. Peta kejadian bencana putting beliung terbesar terjadi di Kecamatan Alak Kelurahan Nunbaun Sabu Teluk Namosain kemudian ke arah bukit Kecamatan Maulafa Kelurahan Sikumana menurun ke arah Oepura dan kembali ke arah pantai Kecamatan Kota Lama Kelurahan Pasir Panjang. Selanjutnya Peta kelurahan yang rawan bencana, dimulai dari Kecamatan Maulafa Kelurahan Sikumana sangat rawan kemudian ke Kecamatan Kota Raja Kelurahan Kuanino dan Kelurahan Nunleu serta Kecamatan Kota Lama Kelurahan Bonipoi, Tode Kisar Fatubesi, Oeba dan Pasir Panjang.

Memperhatikan kejadian bencana putting beliung dan lokasi kelurahan rawan angin putting beliung di Kota Kupang tahun 2012-2014 dan bencana angin kencang dan bencana angin puting beliung tahun 2017 sampai dengan tahun 2019, maka searah dengan tingkat kerawanan tertinggi, Kelurahan Sikumana dan sekitarnya menjadi wilayah terluas terdampak bencana angin puting beliung (2 November 2017), dilanjutkan ke Kelurahan Nunleu (1 Januari 2018), Kelurahan Lasiana (7 Maret 2018) dilanjutkan ke Kelurahan Liliba-Penfui (28 Februari 2019), dan badai angin kencang menyerang sebagian wilayah Kota Kupang (10 Maret 2019).



Gambar 4. Peta Kejadian Bencana Puting Beliung dan Angin Kencang (Sumber: Modifikasi dari BPBD Kota Kupang, 2018)

Berdasarkan Kejadian bencana maka telah terjadi pergeseran sesuai kejadian dan tingkat kerawanan Kelurahan Sikumana menjadi Wilayah tertinggi sesuai tingkat kerawanannya dilanjutkan ke arah Kelurahan Liliba, Penfui dan Lasiana serta kelurahan Nunleu dan Kuanino. Kerusakan bangunan rumah terbanyak untuk kelurahan Liliba, Nunleu dan Kuanino terjadi di sekitar jalur aliran kali yang memiliki tingkat permukaan tanah yang curam dimana kawasan tersebut merupakan kawasan lindung. Memperhatikan kejadian tersebut di buat Peta penyebaran Bencana Angin di Kota Kupang (Gambar 4).

Faktor-faktor kerusakan bangunan akibat bencana angin di Kota Kupang

Kejadian bencana angin di Kota Kupang yang menyebabkan bangunan rusak yang dari tahun 2017 sampai Maret 2019 di Kota Kupang terdampak 826 rumah menyebar di seluruh kecamatan. Kerusakan terbesar akibat bencana angin di Kota Kupang adalah terangkatnya atap bangunan dan bangunan yang tertimpa pohon. Penilaian terhadap kerusakan bangunan didasarkan pada skala Fujita dan kerentanan bangunan (Putra, 2015). Penilaian dengan skala Fujita dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori kerusakan, yaitu: (a) kategori lemah jika atap seng terangkat; (b) kategori sedang jika kerusakan pada atap rumah dan atap rumah yang terangkat; (c) kategori kuat jika atap rumah terangkat dengan kuda-kuda; dan (d) sangat kuat jika atap dan dinding rumahnya hancur.



Gambar 5. Foto bencana puting beliung di Liliba pada 28 Februari 2019 sesuai skala Fujita

Tabel 1. Skor Kerentanan Variabel Terhadap Bangunan

Kategori	Tingkat Kerusakan	Skor
F0 (Lemah)	Kerusakan pada atap	1
F1 (Sedang)	Atap Rumah Terangkat	2
F2 (Kuat)	Atap Rumah Terangkat dengan semua Kuda-kudanya	3
F3 (Sangat Kuat)	Atap dan dinding rumah hancur, pecah dan lepas dari rangka dasarnya	4
F4 (Dasyat)	Rumah Beton rata tanah, Bangunan berpondasi kurang kuat terlempar jauh	5
F5 (Luar Biasa)	Pondasi paling kuatpun terangkat dan bergeser	6

Sumber: INSIST Yogyakarta , 2011 dalam Putra, 2015

Berdasarkan hasil survey dan pengamatan diperoleh berdasarkan variabel kerusakan atap dan dimodifikasi untuk kekuatan kuda-kuda dan kolom di peroleh bahwa

material penutup atap di Kota Kupang sebagian besar menggunakan seng gelombang antar 0,2 mm dan 0,3 mm. Berdasarkan variabel kerentanan bangunan terhadap angin maka atap seng menempati posisi paling rentan ditambah penggunaan kuda-kuda kayu. Perkembangan penggunaan material baru seperti Baja ringan dengan penutup atap seng atap genteng metal juga banyak mengalami kerusakan.



Gambar 6. Foto kerentanan terhadap atap bangunan

Tabel 2. Skor Kerentanan Variabel Terhadap Atap Bangunan

No	Indikator	Variabel	Skor
1	Atap Rumah	Seng	1
		Asbes	2
		Genteng/Multi roof	3
		Cor	4
2	Kuda-kuda	Kayu	1
		Baja Ringan	1
		Besi	2
3	Kolom	Beton	3
		Kayu	1
		Baja Ringan	1
		Besi	2
		Beton Berulang	3

Sumber: Modifikasi dari Putra 2015

Kerusakan bangunan yang terjadi di Kota Kupang pasca bencana angin puting beliung dan angin kencang berdasarkan standar Fujita dan variabel kerentanan terhadap atap bangunan maka diketahui bahwa dengan kecepatan angin dibawah 50 Knot kerusakan bangunan sudah mencapai kategori sangat kuat. Dalam hal ini, terdapat rumah yang runtuh. Kondisi ini dipengaruhi oleh masih banyaknya rumah yang masuk kategori sangat rentan karena penggunaan material seng, kuda-kuda kayu, dan tiang atau kolom dari kayu. Selain itu, hubungan atau sambungan antar indikator bangunan dari atap ke kuda-kuda dan kuda-kuda ke kolom perlu mendapat perhatian yang lebih baik.

Prinsip disain rumah ramah angin di Kota Kupang

Masyarakat dalam membangun rumah di Kota Kupang belum menerapkan prinsip disain rumah yang memiliki ketahanan terhadap angin dibandingkan dengan prinsip bangunan terhadap gempa. Berdasarkan kejadian bencana cuaca ekstrim di Kota kupang sejak tahun 2012-2014 wilayah terdampak bencana cuaca ekstim mencapai 67,38% dan intensitas bencana sebesar 50%. Peristiwa bencana cuaca ekstrim berlangsung antara peralihan musim dan sepanjang musim penghujan. Oleh karena itu masyarakat hendaknya dapat mengetahui dan menyadari akan kondisi status bencana di Kota Kupang serta menerapkannya dalam pembangunan melalui prinsip desain ramah angin meliputi:

(1) Pengenalan lokasi eksisting

Bangunan sebelum dibangun oleh masyarakat perlu mengenal sejarah lokasi tersebut apakah rentan terhadap bencana atau tidak. Pemerintah telah mengembangkan aplikasi berbasis spasial untuk mengetahui potensi bencana setiap titik yang dikenal dengan aplikasi “inaRISK”. Bencana yang mudah terlihat seperti banjir, tanah longsor atau rawan gempa akan langsung menjadi perhatian. Meskipun demikian, bencana yang tidak terlihat seperti cuaca ekstrim kiranya perlu diantisipasi.

Berdasarkan peta bencana dan kerawanan bencana angin puting beliung kawasan Kelurahan Nunbaun Sabu, Sikumana, Nunleu, Kuanino, Liliba, Penfui dan sekitarnya serta kawasan disepanjang aliran kali ataupun kawasan pantai menjadi kawasan yang rawan. Empat lokasi titik bencana yang terjadi dari 2007 hingga 2019, tiga lokasi bencana berada di aliran kali dan satu lokasi yaitu Kelurahan Lasiana dan Oesapa terletak di pantai.



Gambar 7. Kondisi bangunan terkena angin puting beliung di lereng

Prinsip angin lembah dan angin gunung yang bertiup dari tekanan rendah ke tekanan tinggi dimana kondisi bentangan lereng yang panjang ketika pengaruh perbedaan tekanan terjadi kondisi lereng belum terkena sinar matahari atau panas sedangkan diatas terjadi perubahan yang cepat dan dimasa pancaroba saat tercipta awan cumulus maka terjadi aliran angin yang cepat menuju ke permukaan. Selain itu, aturan menyangkut rumah yang dibangun di daerah lereng asebagai kawasan lindung perlu dipertegas.

(2) Struktur bangunan ramah angin

Sesuai dengan analisa fujita telah mempunyai skor terhadap tingkat kerawanan pada strukur bangunan terutama struktur atap yang terangkat sampai merusak bangunan dan pada variabel kerawanan angin penggunaan atap seng atau seng metal merupakan tingkat kerawanan tertinggi oleh karena itu, Prinsip sistim sambungan pada konstruksi atap menjadi perhatian utama yaitu:

(a) Kemiringan atap

Berdasarkan penellitian Amri dan Syukur (2017), melalui uji simulasi *flow design* melakukan lima uji terhadap atap miring dengan nilai 0°, 15°, 30°, 45°, dan 60°, menunjukkan semakin besar sudut atap maka semakin besar luas bidang atap yang bersentuhan dengan aliran angin datang. Bangunan dengan kemiringan atap yang



Gambar 8. Perbandingan kuda-kuda pada atap rumah

tinggi memiliki risiko kerusakan struktur yang tinggi pula. Rumah yang terdampak bencana di Kota Kupang rata-rata menerapkan rumah dengan prinsip satu air atau seengah kuda-kuda hal ini sangat rawan karena kekuatan bentangan untuk 1 kuda-kuda pada jarak tertentu (l) memiliki luas bidang atap yang terbagi harus dipikul oleh setengah kuda-kuda dengan jarak (l) yang memikul bidang atap secara utuh.

(b) Konstruksi sambungan atap

Prinsip konstruksi pada atap seng perlu dijaga standart pelaksanaanya. Untuk mengantisipasi bencana angin puting beliung tentu standart konstruk perlu ditambah



Gambar 9. Sistem konstruksi atap seng pada rumah

atau di perkuat misalkan hubungan antar seng bisa di kurangi, teritisan tidak terlalu panjang, material plafon tidak berat, lisplank diperkuat, gording diperkuat atau pemakuan disesuaikan dengan gelombang, jarak gording

pertama harus lebih pendek dari gording sesudahnya, gording terakhir ditambahkan dengan gording untuk bubungan dan papan nok diperhatikan sambungan dengan kuda-kuda serta penggunaan material kayu sesuai ukuran, kelas dan sistim sambungannya. Hubungan Kuda-kuda dengan tembok perlu diperhatikan sistim sambungannya apakah dengan sistim ikatan atau dengan sistim baut dan jika perlu ditambah perkuatan terutama pada sudut-sudut tembok dan pada pertemuan jurai.

(3) Pengembangan rumah

Bangunan rumah tinggal dalam perencanaan pembangunan belum dilaksanakan rencana pengembangan hal ini menyesuaikan kondisi ekonomi. Pengembangan bangunan sering terjadi pada teras, garasi dan kamar tambahan namun kondisi ini perlu dipersiapkan sistim sambungannya atau bisa dibuat dengan sistem terlepas atau dilatasi sehingga tidak mempengaruhi bangunan sebelumnya.



Gambar 10. Pengembangan bangunan rumah

(4) Perawatan bangunan

Penyelamatan bangunan secara dini dapat dilakukan melalui perawatan bangunan. Pemeriksaan bangunan sebelum perubahan musim sangat dianjurkan dimulai dari pohon yang berada sekitar bangunan sampai pada sistim konstruksinya dan material-material yang sudah lapuk. Untuk atap seng kita bisa mendengar ayunan seng yang terlepas pakunya, untuk balok atau papan dari kayu di perhatikan tingkat kelapukannya dan pembersihan serta pengecatan perlu dilakukan secara rutin.

Penutup

Kota Kupang memiliki kerawanan bencana cuaca ekstrim termasuk didalamnya angin kencang dan angin puting beliung dengan tingkat kerawanan bencana sebesar 50% dengan luasan wilayah terdampak bencana angin puting beliung sebesar 67,37% dan kejadian bencana berlangsung setiap tahun. Telah terjadi pergeseran titik bencana sesuai kejadian bencana Angin Puting Beliung dari arah barat pantai Teluk Namosain kearah perbukitan Kelurahan Sikumana, pada lereng kali Kelurahan Nunleu dan Kuanino, selanjutnya Kelurahan Liliba dan Kelurahan Penfui serta pinggiran pantai bagian timur Kelurahan Lasiana.

Kerusakan bangunan yang terjadi di Kota Kupang pasca bencana angin puting beliung dan angin kencang berdasarkan standar Fujita dan variable kerentanan terhadap atap bangunan maka diketahui bahwa dengan kecepatan angin dibawah 50 Knot kerusakan bangunan sudah mencapai kategori sangat kuat dimana ada rumah yang runtuh hal ini dipengaruhi oleh masih banyaknya rumah yang masuk kategori sangat rentan karena penggunaan material seng, kuda-kuda kayu serta tiang atau kolom dari kayu. Selain itu hubungan atau sambungan antar indikator bangunan dari atap ke kuda-kuda dan kuda-kuda ke kolom perlu mendapat perhatian yang lebih baik. Prinsip desain rumah ramah angin di Kota Kupang, yaitu:

- (a) Pengenalan Lokasi Eksisting
- (b) Struktur Bangunan meliputi Kemiringan atap dan sistim konstruksi sambungan
- (c) Pengembangan Bangunan
- (d) Perawatan Bangunan

Penanggulangan Bencana secara dini sangat dibutuhkan untuk meminimalisir korban serta kerugian akibat bencana. Bencana puting beliung di Kota Kupang selalu rutin terjadi setiap tahun dan memiliki dampak persebaran yang meluas oleh karena itu perlu adanya perhatian dari pemerintah dan masyarakat terhadap prinsip-prinsip desain bangunan ramah angin yang dapat diterapkan dalam RTRW, proses perijinan bangunan dan sebagai faktor pencegah bencana angin kencang.

Daftar Pustaka

- Amri, S. B. dan Syukur, L. O. A. (2017). Analisis Aliran Angin pada Atap Miring Melalui Uji Simulasi *Flow Design*. *Langkau Betang*, Vol. 4, No.2, Tahun 2017, 136-143.
- BMKG. (2019). *Fenomena "squall line" landa Kota Kupang*. Diunduh pada tanggal 2 April 2019.
- BPBD. (2018). *Dokumen Kajian Risiko Bencana Kota Kupang Tahun 2017-2021*. Kupang: Badan Daerah Penanggulangan Bencana Kota Kupang.
- BPS. (2017). *Kondisi Iklim Kota Kupang*. Kupang: Badan Pusat Statistik Kota Kupang.
- Dwimawan, L. A. (2015). *Mitigasi Bencana Angin Puting Beliung di Nusa Tenggara Timur*. Kendari: Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Messakh, Y. (2012). *Iklim Semi Arid*. Diunduh pada tanggal 2 April 2019.
- Putra, K. P. B. (2015). *Analisis Kerentanan Bangunan terhadap Bencana Angin Puting Beliung di Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen*. Surakarta: Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah, Surakarta.