

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim terbesar di dunia karena memiliki banyak pulau, 3/4 wilayahnya adalah laut, sumber daya alam yang melimpah, masyarakatnya di pesisir lebih banyak sebagai nelayan, serta memiliki potensi dan jasa lingkungan yang amat besar. Berdasarkan letak astronomis Indonesia berada pada garis khatulistiwa 6° LU dan 11° LS memiliki iklim tropis (0°-23,5° LU/LS) dan iklim laut (0° - 40°C), suhu rata-rata 20°-23° C, bertekanan udara rendah, banyak awan, curah hujan tinggi dan tertinggi di dunia, mendapat sinar matahari yang cukup banyak, dan sering hujan lebat disertai badai (Julismin, 2013) dan (Fatma, 2017).

Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Canada, yang karena kondisi geologis, geografis, dan klimatologis menjadi rawan bencana alam berupa; gempa bumi tektonik, tanah longsor, tsunami, badai atau angin topan, puting beliung, banjir, seperti: genangan, bandang, dan rob (Pratikno, 2005), (Wulandari, 2016) dan (Arianto, 2020). Perubahan iklim berakibat meningkatnya curah hujan di bagian utara mengakibatkan banjir, penurunan curah hujan di bagian selatan meningkatkan resiko kekeringan, dan turut berdampak pada suhu udara dalam bangunan (Julismin, 2013). Upaya yang dilakukan agar dapat menghindari atau mengurangi hawa panas yaitu dengan menggunakan *air condition* tetapi menjadi boros energi 43% dan mahal (Antonio et al., 2021).

Kawasan pesisir di Indonesia terlihat kurang pepohonan, kecuali pada beberapa rumah nelayan terlihat pepohonan yang dapat berfungsi menyaring radiasi matahari dan debu, dan tidak ditemukan taman di setiap halaman rumah nelayan. Kurangnya penataan bangunan/rumah nelayan, dan tidak menerapkan prinsip kenyamanan termal, tidak dapat mencegah permasalahan yang mengakibatkan buruknya kenyamanan termal (Fibrianto & Hilmy, 2018). Kondisi ini memberi indikasi bahwa kawasan pesisir tidak memiliki kenyamanan termal yang baik. Sebagaimana *Temperature Humidity Index* (THI) dinyatakan bahwa suhu di atas 26 °C dianggap panas atau tidak nyaman untuk beraktivitas (Ismayanti et al., 2020).

Tingginya suhu di dalam dan di luar rumah akibat perubahan iklim pesisir menyebabkan buruknya kenyamanan termal. Salah satu bentuk bencana alam di musim kemarau jika suhu udara sudah melebihi 40 °C, menjadikan penghuni merasa tidak nyaman beraktivitas sebagai salah satu indikator *thermal comfort* yang mempengaruhi kesehatan, produktivitas, dan kesejahteraan (Asmal et al., 2022). Solusi udara panas atau ketidaknyamanan termal antara lain; dengan menciptakan dak, *void*, cerobong, plafond, *innercourt* sebagaimana Gambar 1.1 bagian a, serta pembuatan *landscape* dan *aqua space* pada *courtyard* sebagaimana **Gambar 1.1** bagian b. (Azizah, 2014).

a. *Innecourt*b. *Courtyard*

Gambar 1.1 Contoh elemen pendukung yang mempengaruhi kenyamanan termal
 Sumber: [10 modern houses with interior courtyards - design milk \(design-milk.com\)](https://www.design-milk.com)
 dan [courtyard – bing](https://www.bing.com)

Penelitian tentang kenyamanan termal sangat penting dilakukan terutama di kawasan pesisir pantai beriklim tropis lembab pada siang hari. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian bahwa kenyamanan termal rumah nelayan di daerah pesisir tidak nyaman terutama pada siang hari, suhu sebagian besar bervariasi dari 28 °C pada pagi hari hingga 33 °C pada sore hari (Baharuddin Hamzah et al., 2020).

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan di ruang tamu rumah nelayan dan kawasan permukiman sekitarnya di Dusun Karama Tengah sebagai lokasi penelitian awal, suhu dalam rumah nelayan dengan menggunakan alat termohygmeter HTC-2 adalah 34,9 °C melebihi suhu nyaman 20,5 °C - 22,8 °C dan melebihi suhu nyaman optimal 22,8 °C - 25,8 °C (Handri et al., 2021), (Pratiwi & Arifin, 2021), dan (Hadi et al., 2023). Suhu kenyamanan termal di luar rumah nelayan 33 °C - 39°C melebihi suhu nyaman (*comfortable*) 21 °C - 24 °C dan melebihi suhu cukup nyaman 24°C-26°C (Wijewardanea & Jayainghe, 2008), (Schneider, 2019), dan (Asmal et al., 2022).

Hasil observasi awal yang dilakukan di kawasan pesisir Dusun Karama Tengah menunjukkan area kawasan pesisir masih mendukung untuk beraktivitas di luar rumah. Hasil pengukuran pada beberapa titik pengamatan, menunjukkan suhu radiasi pada siang hari antara 34,2 °C - 38,2 °C dengan kelembaban udara 58%. Tingginya suhu udara dan rendahnya kelembaban udara pada beberapa titik pengamatan di kawasan pesisir khususnya di bawah pepohonan, memberi isyarat masih berada dalam batas toleransi kenyamanan termal antara 35,2 °C sampai 38,3 °C (Talarosha, 2005), (Hermawan et al., 2015), dan (Hidayat, 2017), sekalipun THI sudah berada di atas 26 °C atau mulai terasa tidak nyaman, dapat mengganggu kesehatan individu menimbulkan *thermal stress* atau *enough comfortable* (Barnabas et al., 1989), (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006), (Wijewardanea & Jayainghe, 2008), (Schneider, 2019), dan (Asmal et al., 2022).

Rumah-rumah nelayan di kawasan pesisir rentan terhadap kerusakan fisik karena iklim dan cuaca ekstrim, mengakibatkan terganggunya aktivitas dan kesehatan nelayan (Arianto, 2020) dan (Fauzi & Mussadun, 2021). Kesehatan individu dipengaruhi perilaku, sosial, kesehatan lingkungan, dan kondisi rumah yang sehat (Sumampouw & Jeini Ester Nelwan, 2015). Rumah sehat jika memiliki lingkungan sehat, sirkulasi udara dan kenyamanan termal yang baik serta bebas dari penyakit menular dan kronis, keracunan, tekanan sosial dan psikologis, (Barnabas et al., 1989) dan (Kalumata & Indarwanto, 2016). Lingkungan dan rumah yang sehat dapat terwujud jika ada kesadaran dan kerjasama yang baik antara arsitek, penentu kebijakan, serta warga, dan jika tidak sehat menimbulkan buruknya kesejahteraan, terganggunya aktivitas, rendahnya konsentrasi dan ingatan, kecemasan, dan kesulitan berinteraksi antar warga (Schneider, 2019).

Rumah sehat penting memiliki kemampuan adaptasi terhadap; iklim, cuaca, budaya, konstruksi, arsitektur, bahan bangunan, kepadatan penghuni, dan pemilihan lokasi yang sehat (Barnabas et al., 1989). Rumah sehat mempengaruhi kesejahteraan social, psikologis, produktivitas, mentalitas, kesehatan penghuni, daya tahan tubuh yang baik, kelembaban, dan kenyamanan termal (Barnabas et al., 1989), (Schneider, 2019) dan (Asmal et al., 2022).

Kenyamanan termal dapat ditentukan berdasarkan faktor-faktor fisiologi, perilaku dan psikologi penghuni, melalui pengukuran suhu di dalam dan di luar ruangan, kecepatan angin, dan kelembaban udara (Hermawan et al., 2015). Selain itu, kenyamanan termal manusia dan hubungannya, ditentukan dari delapan faktor, yaitu: suhu radiasi, kelembaban, suhu udara, kecepatan angin, index kualitas udara, lighting comfort yang terdiri atas lighting level dan uniformity), serta acoustic comfort yang terdiri atas reverberation time dan background noise (Karyono et al., 2020).

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap suhu udara, kecepatan angin, radiasi, perpindahan panas, dimensi bukaan penghawaan, akan menurunkan suhu di dalam ruangan secara signifikan (Arifin & Hidayat, 2018). Suhu udara dalam ruangan juga ditentukan seberapa banyak penggunaan isolasi atau insulasi untuk mereduksi panas radiasi (Zhang et al., 2023). Desain bangunan yang mampu mengantisipasi kondisi ekstrim lingkungan, yaitu mampu beradaptasi dengan cuaca dan iklim di sekitarnya, dengan tetap mempertimbangkan kualitas penghawaan alami (McGregor & Nieuwolt, 1998), (Kalumata & Indarwanto, 2016), dan (Song et al., 2022). Kenyamanan termal dalam ruangan juga ditentukan dari kenyamanan termal di luar ruangan sebagaimana temperature humidity index (THI) yang dianggap nyaman jika suhu tidak melebihi 26 °C (Ismayanti et al., 2020), tidak nyaman jika melebihi 27 °C (Kartika et al., 2021), melebihi 38,5 °C akan mengalami kerusakan bagian tubuh tertentu (Zhao et al., 2021), serta mengalami stress dan berdampak buruk pada lingkungan sekitarnya jika suhu melebihi 40 °C (Asmal et al., 2022).

Dengan kecepatan aliran udara yang ideal, dan pendinginan pasif atau alami yang paling efisien memberikan efek penyegaran yang nyaman bagi penghuni bangunan (Pratiwi & Arifin, 2021) dan (Hadi et al., 2023). Meningkatkan kenyamanan termal dalam ruangan secara signifikan membutuhkan strategi perilaku untuk penggunaan ventilasi alami yang efisien, mengoptimalkan material dan bukaan ventilasi, serta memaksimalkan kenyamanan termal, bermanfaat untuk menjaga kesehatan dan kesejahteraan penghuni (Song et al., 2022) dan (Lin et al., 2023).

Perilaku efisiensi energi meliputi pengaturan ventilasi alami, jenis material, bukaan ventilasi jendela, gordena, tirai, perabot dan peralatan interior lainnya (Song et al., 2022). Ventilasi alami dapat mengurangi konsumsi energi 40 % - 50 %, perilaku membuka dan menutup jendela, perencanaan bangunan secara optimal, sangat strategis meningkatkan kenyamanan termal bangunan (Song et al., 2022). Perilaku membuka jendela dilakukan pada waktu-waktu tertentu dengan fokus pada faktor-faktor yang berkontribusi, antara lain suhu udara di dalam dan di luar bangunan, dimensi bukaan penghawaan, kelembaban udara, arah dan kecepatan angin, material dan orientasi bangunan, jumlah dan aktivitas penghuni, ketersediaan pohon dan taman, maka efisiensi kenyamanan termal bangunan meningkat 43% (Song et al., 2022).

Prinsip-prinsip pembentuk kenyamanan termal di rumah-rumah banyak ditentukan dari: arsitektural rumah antara lain ketersediaan fasade, cerobong surya, penangkap angin, atap plat atau dak, innercourt, outcard yard, luas bukaan penghawaan alami, pepohonan, pembayangan, penggunaan jenis material sebagai penghantar atau peredam panas, prinsip insulasi radiasi, dan prinsip eco-building, eco-cooler, dan green-architecture. Kenyamanan termal di dalam ruangan dapat ditingkatkan jika menggunakan prinsip eco-cooler (Mendi et al., 2020) dan (Antonio et al., 2021), eco-building (Hizkia & Trisno, 2021), green-architecture (Ragheba et al., 2016), (Ahmed et al., 2021) dan (Hadi et al., 2023), innercourt (Azizah, 2014), chimney (Azizah, 2014) dan (Latif et al., 2019), serta penggunaan ventilasi alami (Song et al., 2022). Prinsip eco-building, eco-cooler, dan green architecture ini mendukung pembangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Ragheba et al., 2016), (Shams & Rahman, 2018), dan (Çiner & Doğan-Sağlamtimur, 2019).

Kenyamanan termal adalah sensasi perasaan subyektif terhadap secara psikologis dan fisiologis, pada suhu dan keadaan tertentu termasuk kondisi kesehatan, sensasi *thermal comfort* dapat berbeda (Zhang et al., 2023). *Outdoor thermal comfort* dan *indoor thermal comfort*, masing-masing dipengaruhi suhu udara, radiasi, kecepatan angin, kelembaban udara, isolasi, pakaian, aktivitas, laju kerja dan panas metabolisme, volume aliran udara, kepadatan bangunan, ketinggian bangunan, dan vegetasi (Barnabas et al., 1989), (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006), (Wijewardane & Jayainghe, 2008), (Schneider, 2019), dan (Asmal et al., 2022).

Kenyamanan termal bangunan memiliki dua variable utama, yaitu suhu dan kelembaban relative udara (Latif et al., 2019). Suhu dan kelembaban turut dipengaruhi orientasi bangunan rumah nelayan pada site, desain lansekap, rancangan rumah yang sehat, gaya hidup sporty, insulasi pada fasade, lebar *oversteck*, ketersediaan ventilasi, teras, material dan ketinggian plafon, material dan ketinggian penutup atap, serta jumlah dan material meuble atau furniture dalam rumah (Jutraz, 2015).

Untuk mencapai kenyamanan termal yang diharapkan antara 35°C - 38,3 °C atau antara 95,0°F - 100,9 °F (Hidayat, 2017), dilakukan rekayasa terhadap lingkungan dan arsitektural dengan mempertimbangkan geometri ruangan, orientasi angin dan matahari, material bangunan, kemiringan atap, dan lansekap (Talarosha, 2005) dan (Latif et al., 2019). Suhu di khatulistiwa rata-rata 35°C dengan kelembaban tinggi mencapai 85%, dan kisaran suhu terbaik dalam beraktivitas adalah 22,8°C - 25,8°C kelembaban 70% (Talarosha, 2005). Suhu tahunan musim hujan di pesisir $\pm 23^{\circ}\text{C}$, kemarau $\pm 38^{\circ}\text{C}$ (Hermawan et al., 2015).

Faktor-faktor kenyamanan termal adalah faktor iklim yaitu: suhu udara, suhu radiasi rata-rata, kelembaban relative udara, kecepatan udara, dan faktor pribadi yaitu: aktivitas dan rintangan pakaian (Hidayat, 2017).

Kenyamanan termal dapat diketahui berdasarkan: fisiologis, perilaku dan psikologi penghuni, melalui pengukuran unsur termal; temperatur *indoor*, dan *outdoor*, kecepatan angin dan kelembaban relatif (Hermawan et al., 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja termal (suhu udara, kecepatan angin, suhu radiasi, perpindahan panas, bukaan dan dimensi ventilasi, akan ditemukan pengaruh bukaan terhadap penurunan suhu *indoor* secara signifikan (Arifin & Hidayat, 2018).

Desain bangunan yang mampu mengantisipasi kondisi lingkungan yang ekstrim termasuk *El Nino Southern Oscillation (ENSO)* (McGregor & Nieuwolt, 1998), ialah kemampuan bangunan beradaptasi terhadap iklim sekitarnya, dengan memperhatikan kualitas penghawaan alami (Kalumata & Indarwanto, 2016) dan (Song et al., 2022).

Penghawaan alami dengan kecepatan aliran yang ideal merupakan pendinginan pasif yang terefisien memberikan efek penyegaran yang nyaman bagi penghuni bangunan (Pratiwi & Arifin, 2021) dan (Hadi et al., 2023). Peningkatan kenyamanan termal secara signifikan dalam ruangan, diperlukan strategi perilaku efisiensi penggunaan ventilasi alami yang optimal, baik material maupun luas bukaan penghawaan (Song et al., 2022). Maksimasi kenyamanan termal bermanfaat untuk perawatan kesehatan penghuni (Lin et al., 2023).

Perilaku efisiensi energi di antaranya pengaturan ventilasi alami, jenis material, bukaan penghawaan jendela, pintu, tirai, peneduh, pencahayaan, meubeler, dan perlengkapan interior lainnya (Song et al., 2022). Penggunaan ventilasi alami dapat mengurangi konsumsi energi 40%-50%, perilaku membuka dan menutup jendela, menemukan aturan bukaan, membangun model prediksi dan optimasi, menjadi sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan termal rumah atau bangunan (Song et al., 2022).

Perilaku membuka jendela dilakukan pada periode tertentu berfokus pada faktor-faktor yang berpengaruh, antara lain: suhu udara dalam/luar bangunan, model dan luas jendela/ventilasi, kelembaban, arah/kecepatan angin, orientasi bangunan, material atap/bangunan, jumlah/aktivitas penghuni, ketersediaan pohon/ taman, kenyamanan termal bngunan meningkat sekitar 43% (Song et al., 2022). Urgensi penelitian ini ialah untuk mendapatkan kenyamanan termal ideal yang diharapkan para nelayan/penghuni berdasarkan algoritma model penentuan luas bukaan penghawaan rumah nelayan di kawasan pesisir (Song et al., 2022).

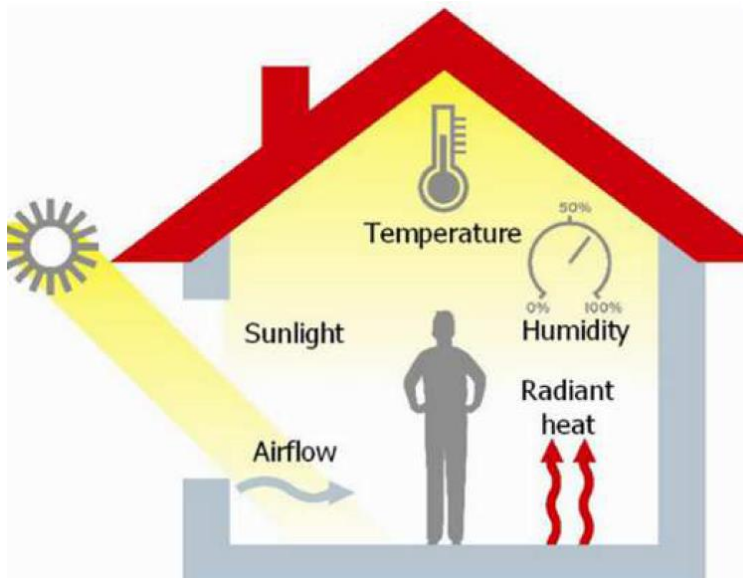
Rumah-rumah nelayan di kawasan pesisir Dusun Karama Tengah, sebagaimana hasil observasi yang telah dilakukan, terasa panas atau tidak memiliki kenyamanan termal yang baik, karena tidak memiliki banyak pepohonan, tidak menerapkan prinsip *eco-building*, *green architecture*, tidak dilengkapi dengan taman *innercourt*, *courtyard*. Selain itu, dinding dan atap rumah tidak dilengkapi dengan insulasi panas, tidak dilengkapi taman atau vegetasi (Deng et al., 2018), *hydroponic*, pembayangan, dan pepohonan sebagai pelindung radiasi sinar matahari. Faktor-faktor lainnya yang berkontribusi diantaranya, adanya area lalu lintas (Jeong et al., 2015), air laut, suhu air laut (Jicai et al., 2017) mangrove, pepohonan, sungai, danau, kolam dan/atau genangan air di sekitarnya.

Beberapa penelitian terdahulu terkait kenyamanan termal, lebih berfokus pada pengukuran unsur kenyamanan termal: kelembaban, suhu udara, kecepatan angin, radiasi dan orientasi mata hari, *land cover* atau vegetasi dan insulasi secara terpisah. Tidak ditemukan satupun penelitian secara parsial yang menggabungkan keseluruhan unsur kenyamanan termal secara komprehensif dan terintegrasi. Penelitian terdahulu lainnya terkait dengan pengukuran kenyamanan termal berdasarkan material bangunan antara lain; material penutup atap, material plafond, material dinding, material lantai. Selain itu penelitian terdahulu terkait dengan pengukuran kenyamanan termal yang membandingkan antara rumah dipesisir dengan rumah dipegunungan, permukiman tradisional nelayan dengan perumahan nelayan yang dibangun pemerintah.

Kondisi ketidaknyamanan termal rumah-rumah nelayan di kawasan pesisir sangat tidak menguntungkan, karena terjadinya berbagai permasalahan, antara lain:

1. Kawasan pesisir dan pantai negara beriklim tropis $\frac{3}{4}$ wilayah laut (Fatma, 2017).
2. Kawasan pesisir rawan bencana alam banjir bandang rob, genangan, angin topan, bertekanan udara rendah, banyak awan, curah hujan tertinggi di dunia, sinar matahari yang cukup banyak, sering hujan lebat disertai badai dan petir (Julismin, 2013), (Wulandari, 2016) dan (Arianto, 2020), diperlukan mitigasi bencana (Astari et al., 2022).
3. Suhu udara yang ekstrim di kawasan pesisir, mengakibatkan sensasi tidak nyaman beraktivitas dan tidak nyaman berada dalam rumah terutama pada musim kemarau yang dapat mencapai suhu lebih dari 40°C (Fauzi & Mussadun, 2021) dan (Asmal et al., 2022).

4. Rendahnya kenyamanan termal di kawasan pesisir mengganggu aktivitas fisik nelayan dan penghuni lainnya yang berada di dalam rumah dengan suhu udara maksimal 30,5 °C - 33,9 °C, terdorong mencari sensasi kenyamanan termal di teras rumah atau halaman rumah (Jamala et al., 2021).
5. Sensasi tidak nyaman akibat cuaca ekstrim termasuk *El Nino Southern Oscillation (ENSO)* kawasan pesisir meningkatkan ketidaknyamanan (McGregor & Nieuwolt, 1998), meningkatkan biaya pemeliharaan kerusakan ekosistem, bangunan, dan perawatan kesehatan karena penyakit menular, kronis, keracunan, tekanan sosial, tekanan psikologis, kecemasan, sulit berinteraksi, serta rendahnya konsentrasi dan ingatan (Kalumata & Indarwanto, 2016), (Hamka, 2017), (Schneider, 2019) dan (Fauzi & Mussadun, 2021).
6. Kenyamanan termal baik *indoor* maupun *outdoor*, dipengaruhi suhu udara, suhu radiasi, kecepatan udara, kelembaban udara, pakaian, aktivitas, panas metabolisme, luas bukaan penghawaan, kepadatan bangunan, ketinggian bangunan, dan vegetasi (Schneider, 2019), dan (Asmal et al., 2022).
7. Kenyamanan termal di pesisir antara 35°C - 38,3°C (Hidayat, 2017), di khatulistiwa rata-rata 35°C dengan kelembaban tinggi mencapai 85%, suhu tahunan musim hujan $\pm 23^{\circ}\text{C}$, musim kemarau $\pm 38^{\circ}\text{C}$, terbaik beraktivitas antara 22,8°C - 25,8°C kelembaban 70% (Talarosha, 2005) dan (Hermawan et al., 2015).
8. Kenyamanan termal di luar ruangan atau *THI* adalah; merasa tidak nyaman atau terlalu sejuk jika $< 20^{\circ}\text{C}$, merasa nyaman atau sejuk jika $20^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$, dan merasa tidak nyaman atau terlalu panas jika $> 26^{\circ}\text{C}$ (Ismayanti et al., 2020). Peningkatan suhu udara dapat juga disebabkan meningkatnya jumlah manusia karena meningkatnya emisiasi akibat meningkatnya aktivitas antropogenik (Kartika et al., 2021).
9. Klasifikasi Temperature Humidity Index - THI (McGregor & Nieuwolt, 1998) yaitu: dingin (*cold*) jika THI $< 21^{\circ}\text{C}$, nyaman (*comfortable*) jika THI $21^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$, cukup nyaman dan sebagian yang lain mengalami *thermal stress (enough comfortable)* jika THI $24^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$, dan tidak nyaman (*discomfort*) jika THI $> 26^{\circ}\text{C}$ (Kartika et al., 2021).
10. Kenyamanan termal berdasarkan fisiologis, perilaku, dan psikologi penghuni, dipengaruhi rekayasa arsitektural dan lingkungan, kemampuan beradaptasi terhadap cuaca ekstrim, suhu, perpindahan panas, radiasi, kelembaban relatif, arah dan kecepatan angin, aktivitas, pakaian, desain dan luas bukaan penghawaan alami bermanfaat untuk perawatan kesehatan penghuni (Alfano et al., 2011) (Hermawan et al., 2015), (Kalumata & Indarwanto, 2016) (Hidayat, 2017), (Arifin & Hidayat, 2018), (Song et al., 2022), dan (Lin et al., 2023).
11. Kenyamanan termal dipengaruhi enam faktor, empat faktor lingkungan yaitu: suhu udara, suhu radiasi, kelembaban udara, aliran udara, dan empat faktor individu yaitu: aktivitas, dan pakaian (Alfano et al., 2011) dan material bangunan turut berpengaruh sebagaimana Gambar 16 (Alwetaishi, 2016).

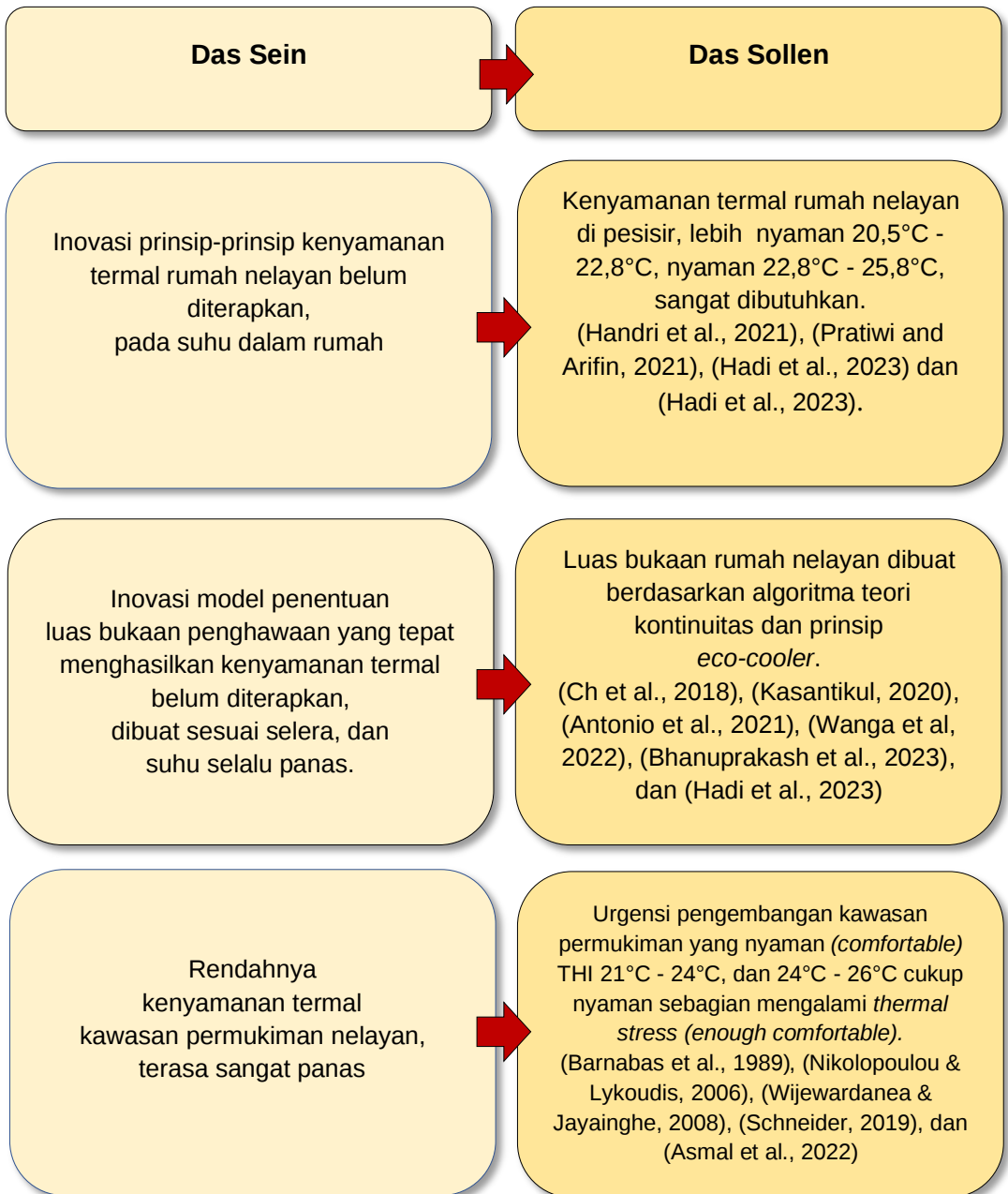


Gambar 1.2 Pengaruh faktor lingkungan terhadap *thermal comfort*
Sumber: (Alwetaishi, 2016).

12. Lingkungan yang panas karena kurangnya ketertutupan lahan dan pepohonan serta menjauh dari sungai, akan berpengaruh serius terhadap kesehatan manusia. Hal ini dapat dievaluasi dengan menggunakan indeks kelembaban termal yang dimodifikasi-*modified thermal humidity index (MTHI)* dengan menggabungkan faktor suhu udara, kelembaban udara, dan suhu permukaan tanah-*land surface temperature (LST)* dihitung dengan persamaan (Zheng et al., 2022):
13. Kenyamanan termal yang rendah sangat berpengaruh terhadap kesehatan dan produktivitas penghuni, karena menurunnya konsentrasi dan meningkatnya perilaku yang tidak nyaman dan tidak aman karena menurunnya kemampuan berpikir (Karyono et al., 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, baik dari hasil observasi maupun dari teori dan ilmu pengetahuan yang telah dikemukakan, dapat disusun *das sein* dan *das sollen*, sebagaimana **Gambar 1.3**.



Gambar 1.3 Das Sein dan Das Sollen.

Dari *das sein* dan *das sollen*, dibuatlah rumusan permasalahan:

1. Belum dikembangkannya inovasi prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir.
2. Belum dikembangkannya inovasi model penentuan luas bukaan yang tepat untuk kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir berdasarkan asas kontinuitas.
3. Belum dikembangkannya inovasi model penentuan luas bukaan yang tepat untuk kenyamanan termal rumah nelayan berdasarkan penggunaan material.
4. Belum dikembangkannya inovasi untuk pengembangan kawasan permukiman nelayan di pesisir pantai beriklim tropis lembab.
5. Belum dikembangkannya ide inovatif dalam pengembangan kawasan permukiman nelayan di pesisir yang memiliki kenyamanan termal.

Berdasarkan kelima rumusan masalah penelitian ini, disusunlah pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana inovasi prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir, sehingga para nelayan dan keluarganya dapat menikmati kenyamanan termal yang ideal?
2. Bagaimana inovasi model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat untuk kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir berdasarkan asas kontinuitas?
3. Bagaimana inovasi model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat untuk kenyamanan termal rumah nelayan berdasarkan penggunaan material?
4. Bagaimana inovasi model penentuan kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan di pesisir pantai beriklim tropis lembab?
5. Bagaimana ide inovatif prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah nelayan di pesisir yang memiliki kenyamanan termal yang baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dibedakan kedalam tujuan umum dan tujuan khusus.

1.3.1 Tujuan umum

Tujuan umum penelitian ialah tujuan secara keseluruhan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Berdasarkan latar belakang dan berbagai permasalahan yang telah diuraikan dan dirumuskan, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan inovasi penentuan kenyamanan termal rumah-rumah nelayan dan kawasan permukiman yang memiliki kenyamanan termal.

- 1) Mengembangkan prinsip-prinsip *thermal comfort* rumah nelayan menjadi prinsip-prinsip *thermal comfort* yang inovatif di kawasan pesisir.
- 2) Mengembangkan model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat dan inovatif untuk menciptakan *thermal comfort* rumah nelayan di kawasan pesisir berdasarkan asas kontinuitas.

- 3) Mengembangkan model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat dan inovatif untuk menciptakan *thermal comfort* rumah nelayan berdasarkan penggunaan material
- 4) Mengembangkan model penentuan kenyamanan termal kawasan sesuai dengan prinsip *thermal comfort* yang inovatif di kawasan pesisir beriklim tropis lembab.
- 5) Mengembangkan ide sebagai suatu inovasi untuk penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di pesisir yang memiliki *thermal comfort* yang inovatif.

1.3.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus penelitian ialah tujuan yang merupakan penjabaran atau pentahapan tujuan umum yang bersifat lebih operasional dan spesifik yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Prinsip-prinsip kenyamanan termal yang ada saat ini dikembangkan secara inovatif. Tujuannya ialah untuk melahirkan prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah nelayan yang lebih inovatif berdasarkan berbagai faktor penentu kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir termasuk faktor lingkungan, maupun arsitektural rumah-rumah nelayan.
- 2) Luas bukaan penghawaan rumah nelayan di pesisir saat ini, ditentukan berdasarkan selera, keinginan dan kebiasaan, tanpa memperhitungkan dan tidak menerapkan algoritma model penentuan luas bukaan penghawaan yang inovatif berdasarkan asas kontinuitas sehingga menghasilkan kenyamanan termal yang baik.
- 3) Luas bukaan penghawaan rumah nelayan di pesisir saat ini menggunakan selera dan kebiasaan terutama pada penggunaan material rumah tersebut, tanpa memperhitungkan dan menerapkan algoritma model luas bukaan penghawaan yang inovatif berdasarkan pada penggunaan material, sehingga menghasilkan kenyamanan termal yang baik.
- 4) Kawasan pesisir saat ini sangat tidak nyaman dan panas, sehingga penelitian ini bertujuan mengembangkan inovasi kawasan permukiman nelayan di kawasan pesisir yang memiliki kenyamanan termal yang baik menggunakan teknik analisis 14 faktor penentu dan 56 kriteria.
- 5) Prinsip kenyamanan termal yang ada saat ini pada rumah nelayan dikembangkan secara inovatif disebabkan saat ini sangat tidak nyaman dan panas saat beraktifitas pada siang hari, sehingga penelitian ini bertujuan mengembangkan inovasi model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir yang memiliki kenyamanan termal yang baik menggunakan teknik analisis 40 faktor penentu dan 160 kriteria.

1.4 Batasan Masalah

Oleh karena banyak data dan permasalahan yang terdapat dalam lokasi penelitian, penting dilakukan pembatasan masalah dan lingkup penelitian, agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik, akurat, dan sesuai dengan judul penelitian. Batasan masalah dan lingkup penelitian meliputi; data, ruang lingkup, dan lokasi penelitian.

1.4.1 Data

Data penelitian yang akan dikumpulkan melalui survey dan observasi, yaitu data sekunder dan data primer yang meliputi:

1. Data administrasi dan data eksisting penggunaan lahan Dusun Karama Utara, Dusun Karama Tengah, dan Dusun Karama Selatan, masing-masing di Desa Biringkassi Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar.
2. Data identitas nelayan; jenis kelamin, usia, pendidikan, jumlah anggota keluarga, pendapatan/belanja nelayan, jumlah anggota keluarga, aktivitas, tempat asal, tempat tujuan, jarak tempat asal dan tempat tujuan, moda transportasi serta waktu tempuh dan biaya perjalanan.
3. Data iklim-cuaca; suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari.

Data konstruksi dan arsitektural rumah-rumah nelayan berupa; luas lantai, dinding, atap, plafon, ketinggian rumah dan plafon, letak dan luas bukaan penghawaan pintu/jendela, *inner court yard*, *void*, dak, taman, *landscaping*, pepohonan dan pembayangan.

1.4.2 Ruang lingkup

Ruang lingkup penelitian di kawasan pesisir Dusun Karama Utara, Dusun Karama Tengah, dan Dusun Karama Selatan adalah:

1. Variable model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan.
2. Inovasi pengembangan algoritma model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat dan inovatif dalam menciptakan kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir berdasarkan asas kontinuitas.
3. Inovasi model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat dan inovatif dalam menciptakan kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir berdasarkan penggunaan material rumah.
4. Inovasi pengembangan kawasan permukiman nelayan yang memiliki kenyamanan termal yang baik di kawasan pesisir.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa kegunaan, antara lain:

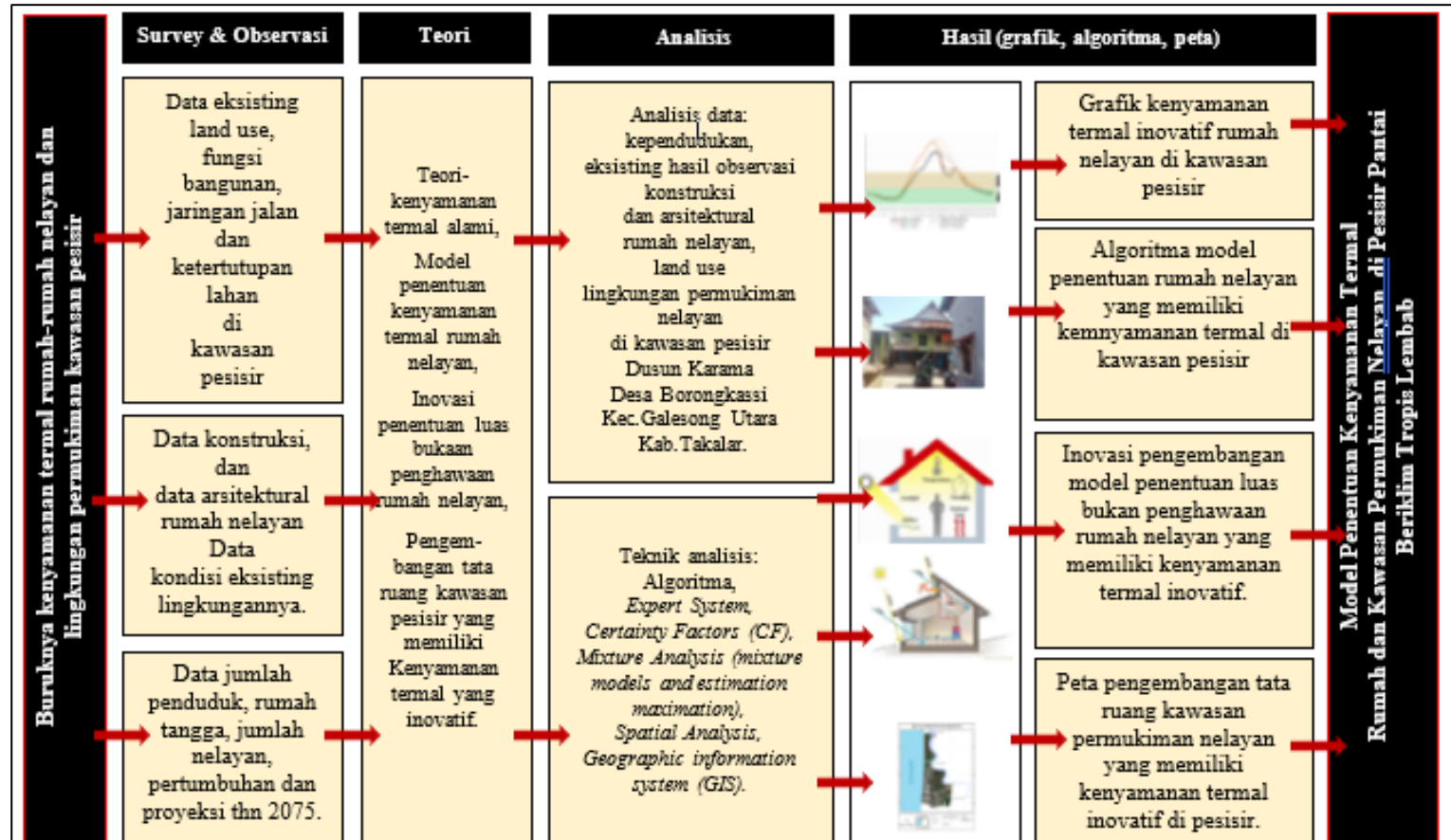
1. Sebagai pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan budaya yang terkait dengan inovasi model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir.
2. Sebagai inovasi pengembangan algoritma model penentuan luas bukaan penghawaan yang tepat dan inovatif dalam menciptakan kenyamanan termal rumah nelayan di kawasan pesisir.
3. Sebagai inovasi pengembangan tata ruang permukiman nelayan yang memiliki kenyamanan termal di kawasan pesisir.
4. Menjadi rekomendasi kepada berbagai pihak terkait, di antaranya kepada pihak pemerintah dan pemerintah daerah dalam menetapkan tata ruang yang tepat untuk pengembangan kawasan permukiman nelayan yang memiliki kenyamanan termal yang baik.

1.6 Kerangka Konseptual dan Hipotesis Penelitian

1.6.1 Kerangka konseptual

Kerangka konsep penelitian diawali dari permasalahan, kendala, dan potensi pengembangan inovasi penentuan kenyamanan termal rumah nelayan, inovasi penentuan luas bukaan penghawaan rumah nelayan, dan pengembangan tata ruang kawasan permukiman nelayan yang memiliki kenyamanan termal yang lebih inovatif. Data eksisting konstruksi dan arsitektural rumah nelayan, data dan aktivitas nelayan bersama keluarga, serta prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah dan lingkungannya.

Data primer hasil survey dan observasi dikumpulkan, diolah dan dianalisis, hasilnya digunakan sebagai bahan penentuan kenyamanan termal rumah nelayan yang lebih inovatif, penentuan luas bukaan penghawaan berdasarkan algoritma yang lebih inovatif, dan pengembangan kawasan permukiman nelayan yang memiliki kenyamanan termal yang lebih inovatif di pesisir pantai beriklim tropis lembab. Data primer diolah dan dianalisis menggunakan peta berbasis; algoritma, *Expert System* (ES), *Certainty Factors* (CF), *Mixture Analysis* (mixture models and estimation maximation), *Spatial Analysis* (SA), dan *Geographic Information System* (GIS). Kerangka konseptual penelitian model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan berbasis pesisir, sebagaimana **Gambar 1.4**



Gambar 1.4 Kerangka konseptual penelitian model penentuan kenyamanan termal rumah dan kawasan permukiman nelayan di pesisir pantai beriklim tropis lembab

1.6.2 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir untuk melakukan penelitian Model Penentuan Kenyamanan Termal Rumah Nelayan Berbasis Pesisir, adalah sebagaimana pada **Gambar 1.4**. Penelitian dilakukan berdasarkan ilmu pengetahuan, teknologi, sosial, budaya dengan merujuk pada berbagai literatur. Selain literatur, penelitian ini meliputi kondisi alam di antaranya kondisi iklim dan cuaca, permasalahan yang terjadi, dan dialami nelayan beserta lingkungannya. Penelitian meliputi beberapa faktor, di antaranya faktor kenyamanan termal, faktor lingkungan, dan faktor individu.

Faktor lingkungan meliputi pengukuran: suhu udara, kelembaban udara, suhu radiasi, kecepatan angin, dan orientasi matahari. Faktor individu meliputi kegiatan para nelayan di dalam rumah dan pakaian yang dikenakan saat berada dalam rumah. Nelayan dan keluarganya yang berada di dalam rumah dapat saja merasakan kenyamanan termal yang baik atau kurang baik. Jikalau kenyamanan termalnya baik, maka para nelayan dan keluarganya betah berada di dalam rumah, tetapi jika kenyamanan termalnya buruk, maka akan terdorong untuk mencari sensasi kenyamanan termal di luar rumah.

Jika kenyamanan termal buruk atau terasa panas, maka material bangunan pun akan mengalami kerusakan yang lebih cepat dan lebih parah, sehingga membutuhkan biaya perawatan bangunan yang lebih banyak. Selain itu, dampak yang ditimbulkan jika kenyamanan termal rumah buruk, antara lain: dapat mempengaruhi tingkat produktivitas dan tingkat kesehatan penghuni. Menurunnya tingkat produktivitas karena merasa tidak nyaman atau gerah atau panas, sedangkan menurunnya tingkat kesehatan dapat lebih mudah terserang berbagai penyakit menular maupun tidak menular.

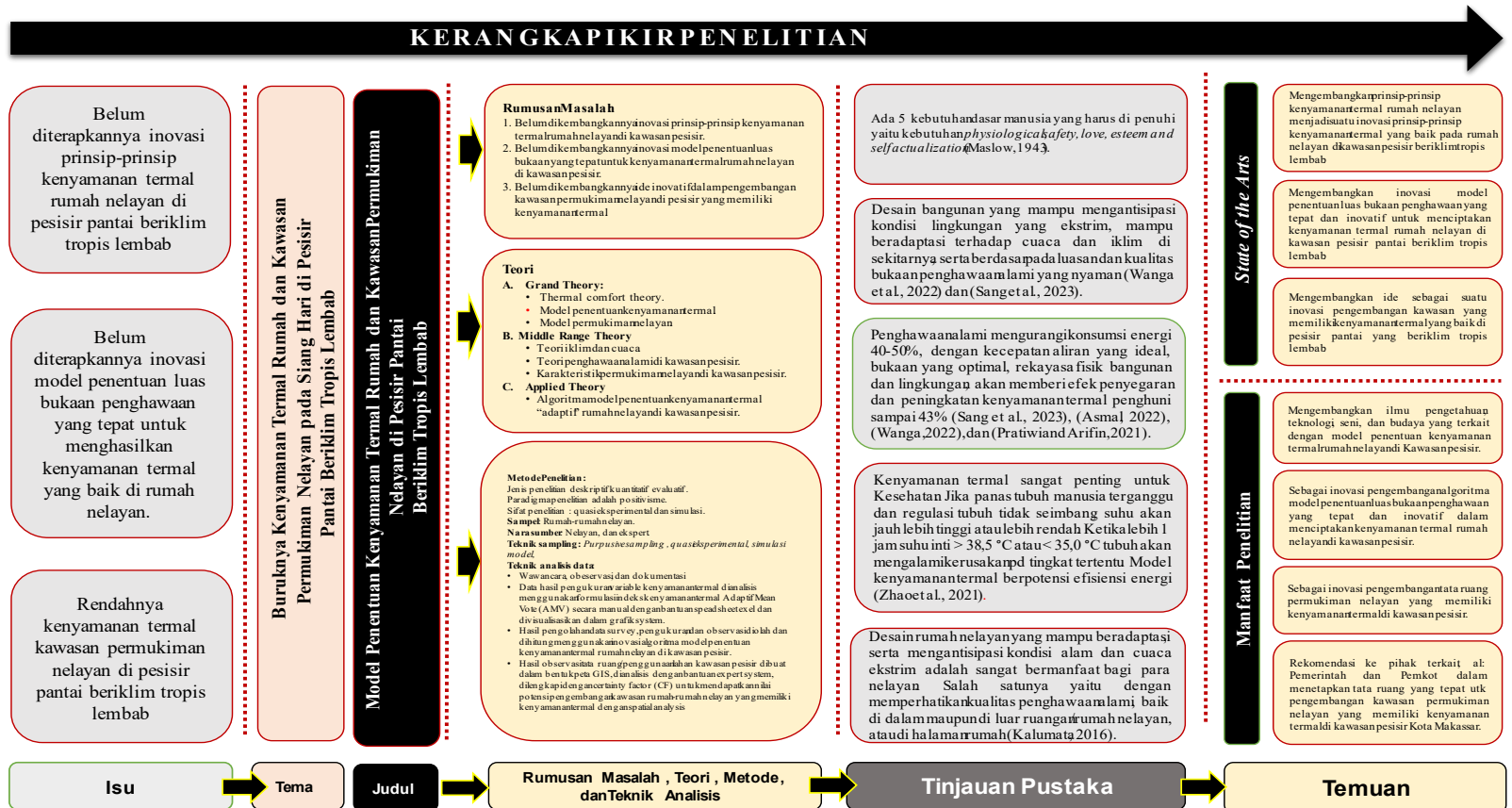
Hasil yang diharapkan penelitian ini antara lain:

1. Berkembangnya inovasi prinsip-prinsip kenyamanan termal rumah nelayan yang inovatif.
2. Berkembangnya inovasi model penentuan luas bukaan penghawaan rumah nelayan yang memiliki kenyamanan termal di pesisir beriklim tropis lembab berdasarkan dengan asas kontinuitas.
3. Berkembangnya inovasi model penentuan luas bukaan penghawaan rumah nelayan yang memiliki kenyamanan termal di pesisir beriklim tropis lembab berdasarkan pada penggunaan material.
4. Berkembangnya inovasi model penentuan kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan di pesisir beriklim tropis lembab, menggunakan teknik analisis 14 faktor penentu dan 56 kriteria.
5. Berkembangnya inovasi model penentuan kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan di pesisir beriklim tropis lembab, menggunakan teknik analisis 40 faktor penentu dan 160 kriteria.

1.7. Kebaruan Penelitian

Kebaruan penelitian ini adalah:

1. Inovasi pengembangan prinsip-prinsip kenyamanan termal yang inovatif. Inovasi prinsip-prinsip kenyamanan termal ini lebih spesifik dan komprehensif sebagai pengembangan prinsip-prinsip kenyamanan termal sebelumnya.
2. Inovasi pengembangan model penentuan luas bukaan penghawaan rumah nelayan yang memiliki kenyamanan termal di pesisir beriklim tropis lembab. Luas bukaan penghawaan ini menjadi inovasi terciptanya kenyamanan termal dalam rumah nelayan.
3. Inovasi pengembangan model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di pesisir beriklim tropis lembab. Inovasi ini mampu menciptakan kenyamanan termal rumah nelayan tanpa menggunakan *air condition* (AC) sekalipun pada siang hari.
4. Inovasi pengembangan model penentuan kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan di pesisir beriklim tropis lembab. Inovasi ini mampu menciptakan kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan di kawasan pesisir pantai yang beriklim tropis lembab pada siang hari.



Gambar 1.5 Kerangka pikir penelitian model penentuan kenyamanan termal rumah dan kawasan permukiman nelayan pada siang hari di pesisir beriklim tropis lembab

BAB II

METODE PENENTUAN KENYAMANAN TERMAL RUMAH NELAYAN DI PESISIR DUSUN KARAMA TENGAH

2.1 Abstract

Latar belakang. Lokasi penelitian penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di pesisir Dusun Karama Tengah, Indonesia berada pada koordinat $119^{\circ}23'0''$ - $119^{\circ}23'9''$ BT dan $5^{\circ}13'28''$ - $5^{\circ}13'36''$ LS, beriklim tropis lembab, terasa panas dan tidak nyaman beraktivitas pada siang hari. Rumah nelayan memiliki kenyamanan termal yang buruk dan tidak berada pada kenyamanan termal yang baik $22,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$. Penghuni rumah tidak betah, gerah, dan lebih banyak berada di kolong rumah karena merasa tidak nyaman. Kenyamanan termal rumah sangat tergantung pada iklim, cuaca, konstruksi, arsitektural rumah, jenis material yang digunakan, dan lingkungan sekitarnya. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan mengembangkan inovasi model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan di pesisir Pantai beriklim tropis lembab. **Metode.** Penelitian ini menggunakan metode descriptive kuantitatif melalui survey, penyebaran kuesioner, wawancara mendalam, dan observasi fungsi bangunan, tutupan lahan, dan factor yang berkontribusi terhadap kenyamanan termal rumah. **Teknik analisis.** Expert system, certainty factors, dan spatial analysis berbasis geographic information system (GIS) digunakan sebagai teknik analisis. **Hasil.** Penelitian menemukan hasil bahwa rumah dengan suhu minimum $27,80^{\circ}\text{C}$, radiasi matahari $025,1\text{ W/m}^2$, kecepatan angin $0,37\text{ m/s}$, dan kelembaban relative $75,41\%$ terjadi pada pukul 09:00 am (GMT +08:00). Suhu maksimum $38,79^{\circ}\text{C}$ terjadi pada pukul 13:30 pm (GMT +08:00) dengan radiasi matahari $106,8\text{ W/m}^2$, kecepatan angin $0,00\text{ m/s}$, dan kelembaban relative $38,72\%$. Sebanyak 107 rumah nelayan seluruhnya memiliki kenyamanan termal yang buruk dengan suhu $>27,1^{\circ}\text{C}$ pada siang hari antara pukul 11:00 am sampai pukul 14:00 pm (GMT +08:00). **Kesimpulan.** Buruknya kenyamanan termal rumah nelayan disebabkan karena tidak menerapkan prinsip green-architecture dan eco-building, jenis material yang digunakan berbobot jenis rendah dan mudah meneruskan panas seperti atap seng atau spandek, dan plafon triplex atau tidak memiliki plafon. **Saran.** Keterbatasan penelitian ini karena hanya berfokus pada satu lokasi saja sedangkan keaslian nilai pada penelitian ini dilakukan secara parsial yang menggabungkan secara comprehensive unsur-unsur kenyamanan termal arsitektural dan lingkungan. Kekurangannya karena belum memperhitungkan persentase tingkat pengurangan panas dari material rumah, tutupan lahan dan lingkungannya, sehingga sangat diharapkan dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: Kenyamanan termal; rumah nelayan; siang hari, tropis lembab

2.2 Pendahuluan

Pada suhu dan keadaan tertentu termasuk kondisi kesehatan individu, kenyamanan termal sebagai sensasi perasaan subyektif secara fisiologis dan psikologis dapat berbeda-beda antara seseorang dengan yang lainnya (Zhang et al., 2023). Suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin, radiasi matahari, insulasi, aktivitas, laju kerja dan panas metabolisme, pakaian, volume aliran udara, kepadatan bangunan, ketinggian bangunan, pembayangan, pepohonan, dan vegetasi, berkontribusi

terhadap kenyamanan termal di dalam dan di luar ruangan (Barnabas et al., 1989), (Marialena Nikolopoulou, 2006), (Wijewardane & Jayainghe, 2017), (Schneider, 2019), dan (Idawarni Asmal et al., 2022).

Faktor-faktor kenyamanan termal adalah faktor iklim yaitu: suhu rata-rata udara dan radiasi, kelembaban relative, kecepatan angin, dan aktivitas serta pakaian (Hidayat, 2017). Suhu dan kelembaban udara merupakan variable utama kenyamanan termal bangunan (Latif et al., 2019). Kenyamanan termal bangunan tergantung orientasi bangunan, lebar oversteck, teras, rumah yang sehat, luas bukaan penghawaan dan ketersediaan ventilasi, lansekap, insulasi, fasade, tutupan lahan, gaya hidup sporty, material bangunan, ketinggian plafon dan atap, jenis material atap, jumlah dan material furniture, taman dan kolam dalam rumah (Jutraz, 2015).

Kenyamanan termal yang buruk dan tidak diharapkan, jika suhu $>27,1^{\circ}\text{C}$ (Kartika et al., 2021), dan 35°C - $38,3^{\circ}\text{C}$ (Hidayat, 2017), maka dilakukan rekayasa arsitektural bangunan, jenis material bangunan, sudut atap, orientasi bangunan, orientasi angin, orientasi matahari, lingkungan dan lansekap (Talarosha, 2005) dan (Latif et al., 2019). Rata-rata suhu di daerah khatulistiwa tidak nyaman beraktivitas karena suhu rata-rata 35°C dengan kelembaban tinggi 85%, dan idealnya suhu terbaik beraktivitas $22,8$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ kelembaban 70% (Talarosha, 2005).

Kenyamanan termal dapat diketahui berdasarkan perilaku, fisiologis, psikologi penghuni, dengan melakukan pengukuran temperatur indoor dan outdoor, kecepatan angin dan kelembaban udara, masing-masing sebagai unsur kenyamanan termal (Nadir Bonaccorso & Graça., 2022). Kenyamanan indoor secara signifikan dipengaruhi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja termal, di antaranya: luas bukaan penghawaan alami, suhu udara, suhu radiasi, perpindahan panas, kecepatan angin (Zhang et al., 2023).

Kenyamanan termal berdasarkan hasil penelitian terdahulu sesuai SNI 03-6572-2001 (Handri et al., 2021), yaitu sejuk nyaman jika suhu $20,5^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$ kelembaban relatif 50%, nyaman optimal jika suhu $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ kelembaban relatif 70%, dan hangat nyaman jika suhu $25,8^{\circ}\text{C}$ - $27,1^{\circ}\text{C}$ kelembaban 60% (Handri et al., 2021). Rumah dikatakan memiliki kenyamanan termal yang baik jika berada pada suhu $20,5^{\circ}\text{C}$ - 27°C dan yang terlalu dingin, atau panas, sebagai dikategorikan sebagai tidak nyaman. (Kartika et al., 2021).

Untuk menghindari kenyamanan termal yang tidak diharapkan antara 35°C - $38,3^{\circ}\text{C}$ atau antara $95,0^{\circ}\text{F}$ - $100,9^{\circ}\text{F}$ karena tidak nyaman (Hidayat, 2017), dilakukan rekayasa terhadap lingkungan dan arsitektural dengan mempertimbangkan geometri ruangan, orientasi angin dan matahari, material bangunan, kemiringan atap, dan lansekap (Talarosha, 2005) dan (Latif et al., 2019). Suhu di khatulistiwa rata-rata 35°C dengan kelembaban tinggi mencapai 85%, dan kisaran suhu terbaik dalam beraktivitas adalah $22,8^{\circ}\text{C}$ - $25,8^{\circ}\text{C}$ kelembaban 70% (Talarosha, 2005). Suhu tahunan musim hujan di pesisir $\pm 23^{\circ}\text{C}$, kemarau $\pm 38^{\circ}\text{C}$ (Hermawan et al., 2015). Iklim, suhu udara, radiasi rata-rata, kelembaban udara, kecepatan angin, dan faktor individu yaitu: aktivitas dan pakaian semuanya berkontribusi terhadap kenyamanan termal (Hidayat, 2017).

Kenyamanan termal dapat diketahui berdasarkan: fisiologis, perilaku dan psikologi penghuni, melalui pengukuran unsur termal; temperatur indoor, outdoor, kecepatan angin, dan kelembaban relatif (Hermawan et al., 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja termal (suhu udara, kecepatan angin, suhu radiasi, perpindahan panas, bukaan dan dimensi ventilasi, akan ditemukan kontribusi bukaan terhadap penurunan suhu indoor secara signifikan (Arifin & Hidayat, 2018). Desain bangunan yang mampu mengantisipasi kondisi lingkungan yang ekstrim termasuk el nino southern oscillation (ENSO) (McGregor & Nieuwolt, 1998), ialah kemampuan bangunan beradaptasi terhadap iklim sekitarnya, dengan memperhatikan kualitas penghawaan alami (Kalumata & Indarwanto, 2016) dan (Song et al., 2022).

Penghawaan alami dengan kecepatan aliran yang ideal merupakan pendinginan pasif yang terefisien memberikan efek penyegaran yang nyaman bagi penghuni bangunan (Pratiwi & Arifin, 2021) dan (Hadi et al., 2023). Peningkatan kenyamanan termal secara signifikan dalam ruangan, diperlukan strategi perilaku efisiensi penggunaan ventilasi alami yang optimal, baik material maupun luas bukaan penghawaan (Song et al., 2022), serta maksimasi kenyamanan termal, bermanfaat untuk memelihara kesehatan penghuni (Lin et al., 2023).

Perilaku efisiensi energi di antaranya pengaturan ventilasi alami, jenis material, bukaan penghawaan jendela, pintu, tirai, peneduh, pencahayaan, meubeler, dan perlengkapan interior lainnya (Song et al., 2022). Penggunaan ventilasi alami dapat mengurangi konsumsi energi 40%-50%, perilaku membuka dan menutup jendela, menemukan aturan bukaan, membangun model prediksi dan optimasi, menjadi sangat penting untuk meningkatkan kenyamanan termal rumah atau bangunan (Song et al., 2022).

Perilaku membuka jendela dilakukan pada periode tertentu berfokus pada faktor-faktor yang berpengaruh, antara lain: suhu udara dalam/luar bangunan, model dan luas jendela/ventilasi, kelembaban, arah/kecepatan angin, orientasi bangunan, material atap/bangunan, jumlah/aktivitas penghuni, ketersediaan pohon/taman, maka kenyamanan termal bangunan akan meningkat sekitar 43% (Song et al., 2022).

2.3 Metode Penelitian

Metode dan teknik analisis penelitian ini dilakukan melalui: survey, wawancara langsung, kuesioner, dan observasi pengumpulan data administrasi dan data spasial lokasi penelitian. Data yang dikumpulkan adalah data arsitektural rumah nelayan khususnya penggunaan material, data kenyamanan termal rumah dan data pembentuk kenyamanan termal kawasan permukiman nelayan. Data administrasi terkait jumlah penduduk, jumlah kepala rumah tangga, aktivitas penghuni rumah, jumlah bangunan rumah, sekolah, masjid, dan pos pelayanan terpadu (posyandu).

Data spasial diperoleh melalui Google Earth Tahun 2023, survey, dan observasi terhadap 14 faktor dan 56 kriteria terkait data arsitektural rumah dan lingkungan antara lain batas lokasi penelitian, land use, jalan setapak, tempat pendaratan ikan, akses jalan kendaraan bermotor dan jalur pedestrian, ketersediaan: sarana dan prasarana sosial ekonomi dan lingkungan. Data tersebut antara lain berupa: rumah nelayan, toko, pendaratan ikan atau house of workshop, sea, rawa atau catchment

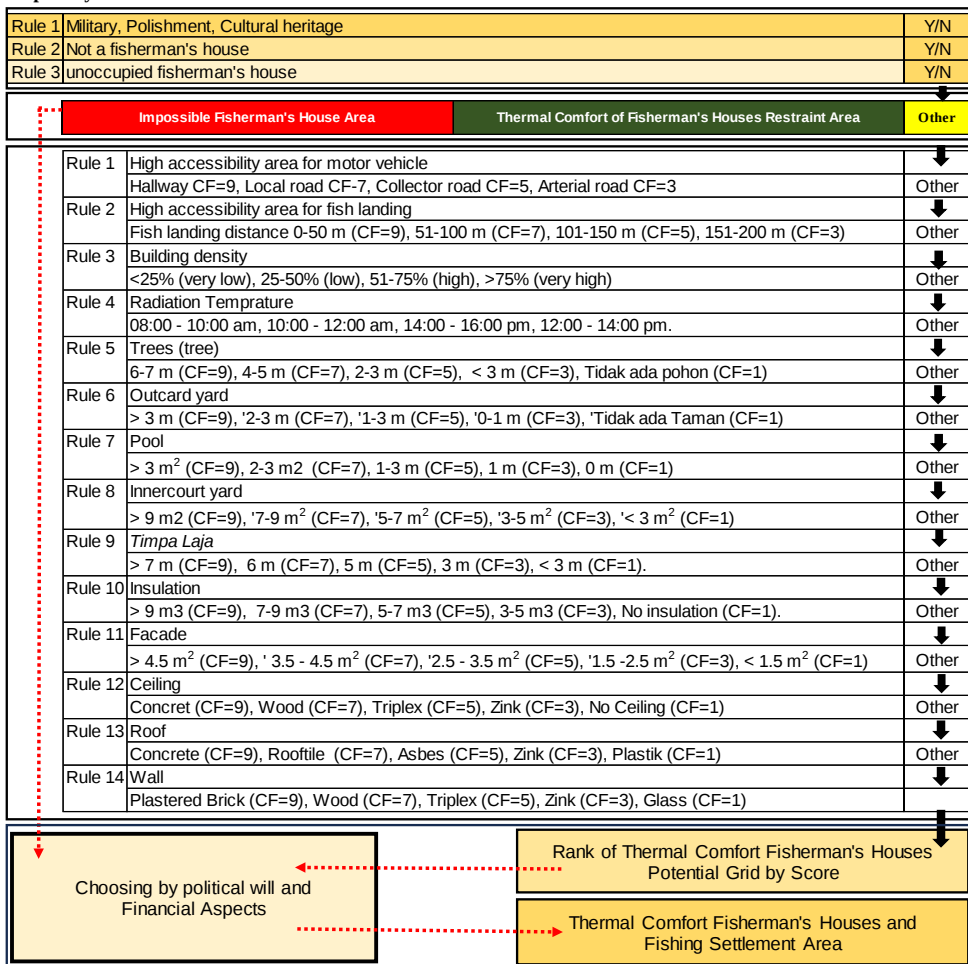
area, pepohonan, kepadatan bangunan, taman di dalam dan di luar rumah. Data arsitektural rumah nelayan antara lain; material dinding, plafon, atap, ketersediaan fasad, penangkap angin, chimney atau cerobong asap, dan insulasi. Data kenyamanan termal rumah nelayan antara lain: suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin.

Alat yang dipergunakan mengukur thermal comfort rumah nelayan adalah Hobo data logger dan termohyrometer HTC-2, sedangkan perekaman data arsitektural dan konstruksi rumah nelayan menggunakan kamera, kuesioner, wawancara langsung secara mendalam. Data tersebut diolah menggunakan expert system dan certainty factors, dan dianalisis menggunakan data spasial berbasis GIS terkait model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan pada siang hari. Lokasi penelitian di kawasan pesisir Dusun Karama Tengah Indonesia pada koordinat 119°23'0" BT sampai 119°23'15" BT dan 5°13'28" LS sampai 5°13'36" LS.

Beberapa penelitian terdahulu terkait kenyamanan termal, lebih berfokus pada pengukuran unsur kenyamanan termal: kelembaban, suhu udara, kecepatan angin, radiasi dan orientasi mata hari, land cover atau vegetasi dan insulasi secara terpisah. Tidak ditemukan satupun penelitian secara parsial yang menggabungkan unsur-unsur kenyamanan termal secara komprehensif dan terintegrasi dari arsitektural dan lingkungan menggunakan expert system dan certainty factors. Selain itu, penelitian terdahulu ada yang terkait dengan pengukuran kenyamanan termal yang membandingkan antara rumah di pesisir dengan rumah di pegunungan hasilnya di pesisir lebih nyaman (Hermawana et al., 2015), dan permukiman tradisional nelayan dengan perumahan nelayan yang dibangun pemerintah lebih nyaman rumah pada permukiman nelayan tradisional (Handri et al., 2021).

Expert system, sebagai suatu program komputer yang menyerupai dan dapat melebihi pemikiran manusia dalam penyelesaian permasalahan, merupakan bagian dari kecerdasan manusia dan artificial intelligence (Mendea et al., 2022). Expert system merupakan aturan yang disusun berdasarkan teori, knowledge, dan inference yang terdiri atas beberapa *rule*. *Expert system* terdiri atas beberapa factor dan kategori yang diberi nilai bobot berdasarkan nilai bobot pengaruh dan pentingnya *certainty factor* tersebut (Lucas & Gaag, 1991) dan (Mendea et al., 2022), sebagaimana **Gambar 2.1**

Expert System



Gambar 2.1 Expert System

Setelah expert system tersusun, dilanjutkan dengan penyusunan certainty factor dengan 14 faktor dan 56 kriteria, masing-masing dari faktor-faktor lingkungan alam dan lingkungan buatan, struktur dan arsitektural rumah nelayan, jenis dan material bangunan, sebagaimana **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Faktor-faktor penentu kenyamanan termal (*certainty factors*)

Factor	Category	CF	Code
High accessibility area for motor vehicle	Hallway	9	HA
	Local road	7	
	Collector road	5	
	Arterial road	3	
High accessibility area for fish landing	Fish landing distance 0-50 m	9	FL
	Fish landing distance 51-100 m	7	
	Fish landing distance 101-150 m	5	
	Fish landing distance 151-200 m	3	

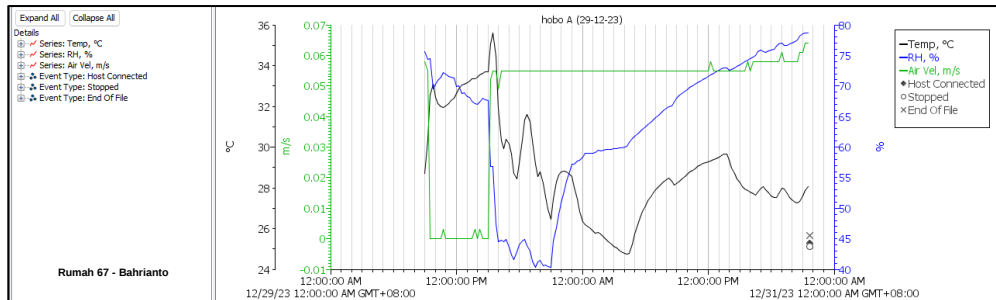
Factor	Category	CF	Code
Building density	<25% (very low)	9	BD
	25-50% (low)	7	
	51-75% (high)	5	
	>75% (very high)	3	
Radiation Temprature	08:00 - 10:00 am	9	RT
	10:00 - 12:00 am	7	
	14:00 - 16:00 pm	5	
	12:00 - 14:00 pm	3	
Trees (tree)	6 - 7 m	9	TR
	4 – 5 m	7	
	2-3 m	5	
	< 3 m	3	
Outcard yard	> 3 m	9	OY
	2-3 m	7	
	1-3 m	5	
	< 1 m	3	
Pool	> 3 m	9	PO
	2-3 m	7	
	1-3 m	5	
	< 1 m	3	
Innercourt	> 9 m ²	9	IY
	6-8 m ²	7	
	2-5 m ²	5	
	< 2 m ²	3	
<i>Timpa Laja</i>	> 7 m	9	TL
	6 m	7	
	5 m	5	
	<5 m	3	
Insulation	> 9 m ³	9	IN
	7-9 m ³	7	
	5-7 m ³	5	
	3-5 m ³	3	
Facade	> 4.5 m	9	FA
	3.5 - 4.5 m	7	
	2.5 - 3.0 m	5	
	< 2.5 m	3	
Ceiling	Concrete	9	CE
	Wood	7	
	Triplex	5	
	Zinc	3	
Roof	Concrete	9	RO
	Rooftile	7	
	Spandek / Asbes	5	
	Zinc	3	
Wall	Plastered Brick	9	WA
	Wood	7	
	Triplex	5	
	Zinc	3	

2.4 Hasil

Hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan, menunjukkan rumah nelayan memiliki kenyamanan termal yang buruk atau tidak nyaman. Rumah nomor 67 memiliki kenyamanan termal yang tidak

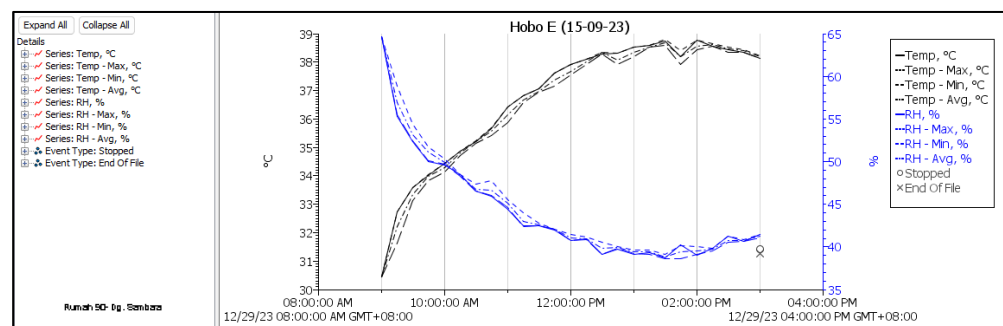
nyaman dengan suhu minimum 28,69°C pada pukul 09:00 am (GMT +08:00) dengan kelembaban udara 75,61%.

Suhu maksimum 33,70°C pukul 03:00 pm (GMT +08:00) dengan kelembaban 67,56%. Kecepatan angin 0,058 m/s pukul 09:00 am turun menjadi 0,003 m/s pada pukul 10:45 am dan 0,00 m/s pada pukul 03:00 pm atau tidak ada angin, dan berubah menjadi 0,055 m/s pukul 16:15 pm (GMT+08:00) hingga pukul 04:30 pm keesokan harinya dan kecepatannya semakin tinggi, sebagaimana **Gambar 2.2**.



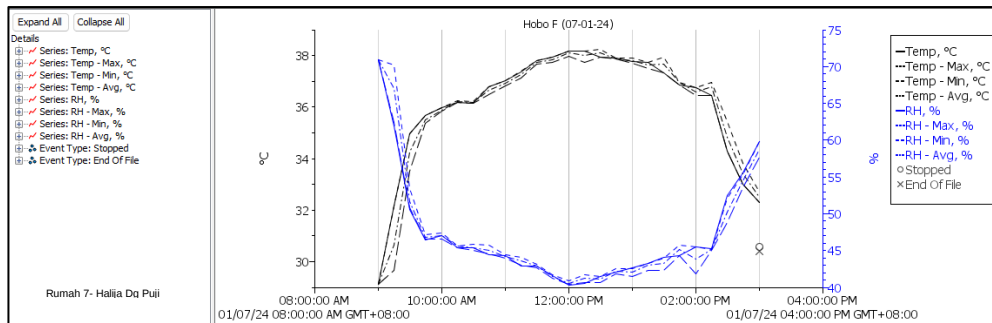
Gambar 2.2 Grafik kenyamanan termal rumah nomor 67 yang tidak nyaman

Buruknya kenyamanan termal pada siang hari disebabkan suhu >27 °C. Kenyamanan termal yang buruk dalam kurun waktu 24 jam yaitu antara pukul 11:00-14:00 (GMT+08:00). Suhu minimum 34,30 °C pada pukul 10:00 (GMT+08:00) dengan kelembaban 50,00 % dan suhu maksimum 38,79 °C dengan kelembaban 38,72 % pada pukul 01:30 pm (GMT +08:00), sebagaimana **Gambar 2.3**.



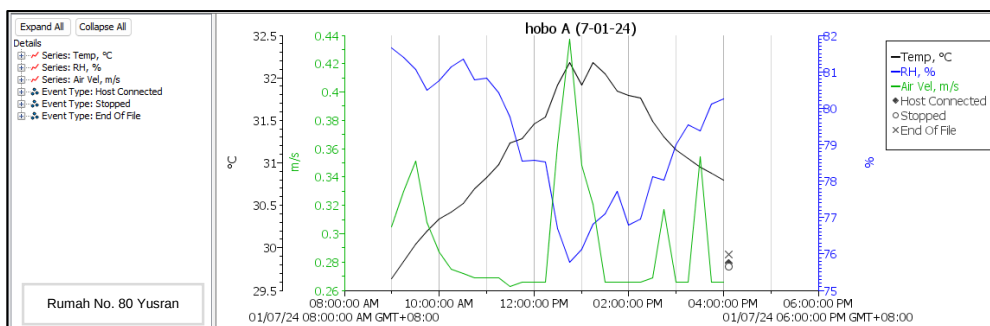
Gambar 2.3 Grafik kenyamanan termal rumah nomor 90 yang tidak nyaman

Rumah nelayan dengan kenyamanan termal yang tidak nyaman (>27,1°C) ditemukan pula pada rumah nomor 07. Suhu minimum 29,12°C pukul 09:00 (GMT +08:00) kelembaban udara 70,93%, dan suhu maksimum 38,23°C pukul 12:30 (GMT +08:00) dengan kelembaban 41,43%, sebagaimana **Gambar 2.4**.



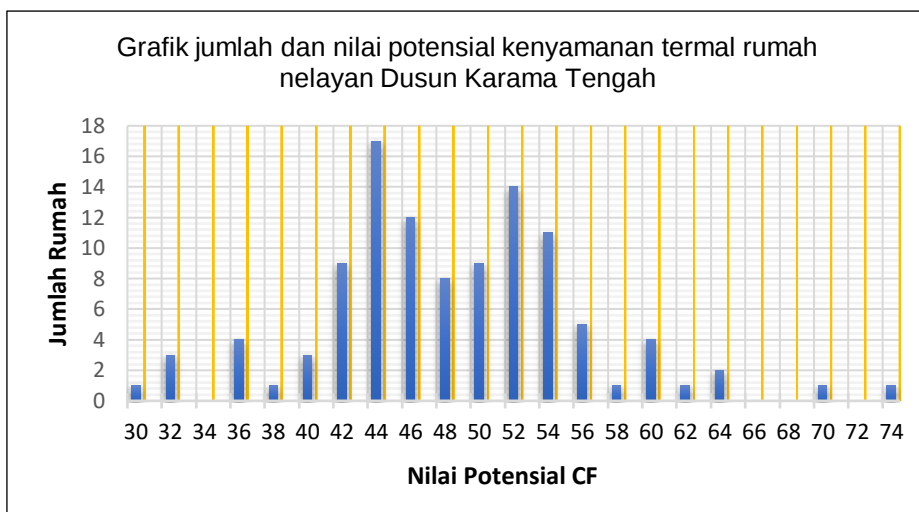
Gambar 2.4 Grafik kenyamanan termal rumah nomor 07 yang tidak nyaman

Hasil pengukuran radiasi, kecepatan angin, kelembaban udara dan temperatur di dalam rumah, menunjukkan rumah nelayan juga memiliki kenyamanan termal yang buruk. Rumah yang memiliki kenyamanan termal buruk ditemukan pada rumah nomor 80 diukur pada siang hari antara pukul 09:00 am sampai 03:00 pm (GMT+08:00). Hasilnya menunjukkan suhu minimum 29,64°C pada pukul 09:00 am (GMT+08:00) kelembaban 81,66%, kecepatan angin 0,305 m/s. Suhu maksimum 32,17°C pada pukul 12:45 pm (GMT +08:00) dengan kelembaban 81,66%, kecepatan angin 0,305 m/s, sebagaimana **Gambar 2.5**.



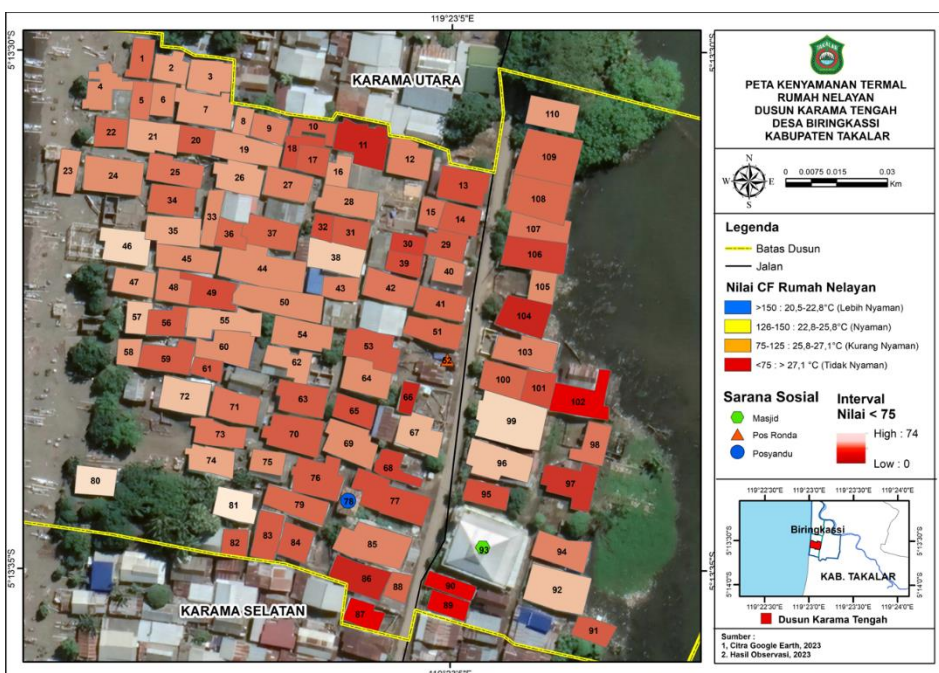
Gambar 2.5 Grafik kenyamanan termal rumah nomor 80 yang tidak nyaman

Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan expert system, certainty factors, dan spatial analysis berbasis GIS, ditemukan sebanyak 107 rumah nelayan masing-masing memiliki nilai potensial CF <75 yang berarti tidak nyaman. Setelah dilakukan pengukuran suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi matahari, secara signifikan ditemukan bahwa rumah nelayan memiliki kenyamanan termal yang buruk atau tidak nyaman dengan suhu >27°C. Rumah dengan nilai CF <75 tersebut, masih terdapat perbedaan nilai potensial kenyamanan termal dari 74 tidak nyaman sampai terendah 30 lebih tidak nyaman sebagaimana **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Grafik jumlah, dan nilai potensial kenyamanan termal rumah nelayan Dusun Karama Tengah

Berdasarkan nilai potensial kenyamanan termal 107 rumah nelayan yang menggunakan spatial analysis berbasis GIS, diperoleh peta kenyamanan termal rumah nelayan sebagaimana **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Peta kenyamanan termal rumah-rumah nelayan berdasarkan expert system dan nilai certainty factors

Perbedaan nilai potensial tersebut antara lain karena: Rumah nelayan berada di sekitar jalan setapak paving block yang tidak dilalui mobil, dan di sekitar jalan raya beraspal yang polutif dengan radiasi panas kendaraan bermotor. Rumah nelayan berada di sekitar laut dan rawa-rawa yang memiliki sensasi termal yang lebih nyaman pada pagi hari, tetapi akan semakin panas seiring tingginya radiasi matahari. Kurangnya kenyamanan termal rumah-rumah nelayan ini karena kurangnya pepohonan yang dapat menjadi insulasi dan penyerapan panas radiasi matahari.

Rumah-rumah tersebut berada pada kawasan dengan kepadatan bangunan yang tinggi dan saling berdekatan sehingga sirkulasi udara menjadi terganggu, diperparah dengan tidak adanya taman di dalam dan di luar rumah. Selain taman, pepohonan pun sangat kurang sehingga radiasi matahari dan hawa panas air laut tidak dapat tereduksi dengan baik. Reduksi panas radiasi matahari tidak optimal karena rumah-rumah nelayan tidak memiliki fasade yang cukup.

Penggunaan material rumah sangat berkontribusi terhadap ketidaknyamanan berada di dalam rumah karena menggunakan atap seng atau spandek, dan tidak ada rumah yang menggunakan genteng atau atap plat beton. Plafon rumah terbuat dari lembaran triplex yang sangat buruk menahan radiasi matahari yang diteruskan atap seng, dan rumah yang lainnya tidak menggunakan plafon. Dinding beberapa rumah terbuat dari papan dan seng sehingga udara panas dari luar rumah tidak tereduksi dengan baik. Jika rumah menggunakan dinding bata merah diplester, plafon dari papan dan atau plat beton untuk rumah berlantai dua, akan lebih baik menahan panas.

Rumah-rumah nelayan tidak menerapkan prinsip green-arsitektur dan prinsip eco-building, ditunjukkan tidak ada satupun rumah yang dinding dan atau atapnya dilengkapi dengan tanaman hias yang dapat menyerap panas radiasi matahari, tidak memiliki kolam air dan taman di dalam dan di luar rumah. Demikian pula tidak diterapkannya asas kontinuitas dengan prinsip eco-cooler dan insulasi, sehingga udara panas dari luar rumah dapat masuk ke dalam rumah tanpa tereduksi terlebih dahulu. Buruknya kenyamanan termal rumah-rumah nelayan dengan suhu $>27,1^{\circ}\text{C}$ ditunjukkan sebagaimana **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Kenyamanan termal rumah nelayan Dusun Karama Tengah

House number	Time	Radiasi (W/m ²)	Air velocity (m/s)	Humidity (%)	Temperature °C		Radiasi (W/m ²)	Air velocity (m/s)	Humidity (%)	Time
					Min	Max				
90	09:00	017,9	0,03	64,63	30,45	38,79	106,8	0,06	38,72	13:30
07	09:00	014,9	0,31	70,93	29,12	38,23	104,1	0,30	41,43	12:30
67	09:00	011,9	0,06	75,61	28,69	33,70	118,0	0,00	67,56	15:00
81	09:00	008,4	0,30	81,66	29,64	32,17	048,1	0,30	81,66	12:45
08	09:00	025,1	0,37	75,41	27,80	37,48	028,1	0,49	57,46	14:15
62	09:00	018,3	0,00	79,97	29,76	33,03	025,6	0,00	72,37	14:15
72	09:00	008,2	0,06	66,99	28,25	33,58	030,3	0,00	58,77	15:00
46	09:00	011,9	0,00	75,44	29,95	33,87	028,3	0,00	59,38	14:15
74	09:00	009,9	0,04	75,41	27,80	37,70	014,3	0,59	56,46	13:30

Keterangan:

Pukul 09:00 am (GMT + 08:00).

2.5 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan suhu minimum pada siang hari di dalam rumah nelayan adalah 27,8-29,76°C yang terjadi pada pukul 09:00 am (GMT +08:00). Suhu maksimum 32,17-38,79°C terjadi pada pukul 12:30-15:00 pm (GMT +08:00). Kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu dalam rumah, jika kelembaban udara menurun maka suhu udara meningkat, dan sebaliknya jika kelembaban udara meningkat maka suhu udara menurun. Kelembaban udara 81,66% pukul 09:00 am (GMT+08:00) maupun pukul 12:45 pm (GMT+08:00) menunjukkan suhu 29,64°C-32,17°C. Semakin besar radiasi dan semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin besar selisih suhu maksimum dengan suhu minimum.

Oleh karena suhu >27,1°C dalam rumah nelayan pada siang hari khususnya antara pukul 11:00 am sampai 14:00 pm (GMT+08:00), maka rumah-rumah nelayan di Kawasan Pesisir Dusun Karama Tengah baik dengan menggunakan model penentuan kenyamanan termal rumah nelayan, maupun menggunakan alat Hobo data logger dan termohygrometer HTC-2, keduanya signifikan menunjukkan rumah-rumah nelayan memiliki kenyamanan termal yang buruk atau tidak nyaman. Buruknya kenyamanan termal rumah-rumah nelayan berdasarkan expert system dan nilai potensial *certainty factor* rumah yang telah divalidasi dengan pengukuran temperature, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi matahari, ditemukan seluruh rumah dalam Dusun Karama Tengah terasa panas atau memiliki kenyamanan termal yang buruk.

Penyebab buruknya kenyamanan termal rumah karena buruknya unsur-unsur arsitektural rumah dan lingkungannya, tidak mampu meredam panas radiasi matahari. Rumah nelayan tidak menerapkan prinsip eco-arsitecture, eco-building, eco-cooler, dan asas kontinuitas. Material yang digunakan mudah meneruskan panas radiasi di antaranya seng dan spandek, tidak menggunakan insulasi dan fasade, tidak memiliki plafon atau hanya menggunakan material yang berbobot jenis kecil seperti triplex, tingginya kepadatan bangunan, dekat dari jalan raya dan laut, tidak adanya kolam air, serta kurangnya pepohonan dan taman (indoor/outdoor).

Penelitian berikutnya diharapkan mengakomodir unsur-unsur arsitektural rumah yang lebih lengkap dan lebih rinci, unsur-unsur individu berupa kondisi dan aktivitas nelayan beserta keluarganya sebagai salah satu sumber panas. Selain itu, perlu mempertimbangkan luas bukaan penghawaan rumah yang optimal, fungsi-fungsi lahan, pepohonan, pembayangan, dan unsur-unsur penutup lahan lainnya yang dapat menyerap radiasi matahari dan mengurangi penyebaran udara panas.

2.6 Daftar Pustaka

- Antonio, A., Hasanah, M., Damayanti, N., Devina, O. A., Khoerunnisa, F., & Winarno, N. (2021). Eco Cooler for Cooler House without Electricity for Educational Purposes. *IJOMR Jurnal UPI Multidiciplinary Research*, 55-58. <https://doi.org/DOI: http://dx.doi.org/10.17509/xxxxt.vvix>
- Arianto, M. F. (2020). Potensi Wilayah Pesisir di Negara Indonesia *Jurnal Geografi Volume XX Nomor XX 2020*, Page 1-7.

- Asmal, I., Hamzah, B., & Ratna, H. (2022). Community Response to Thermal and Its Influence to Outdoor Use. *Civil Engineering and Architecture*, 10(3): 800-815, 2022, Pages 800-815. <https://doi.org/DOI: 10.13189/cea.2022.100305>
- Azizah, R. (2014). Kajian Kenyamanan Termal pada Rumah Tinggal dengan Model Innercourt. *Jurnal Arsitektur NALARs*, Volume 13 No 2 73-88.
- Baharuddin Hamzah, Rosady Mulyadi, Samsuddin Amin, & Kusno., A. (2020). Adaptive thermal comfort of naturally ventilated classrooms of elementary schools in the tropics. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 402. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/402/1/012021>
- Barnabas, Boyden, Bugnicourt, Costa Leite, T. Deelstra, D. Djoekardi, Y. Hassan, F. K. Kloutse, A. Krtilova, K. Meguro, J. Michelsen, & N. D. Peiris. (1989). Health Principles of Housing. *United Nations Centre for Human Settlements (Habitat)*, (Design and construction of housing,).
- Bhanuprakash, Mummina, V., & chakravarthi, M. (2023). Performance Evaluation of an Eco-Cooler analysed by varying the Physical and flow Parameters. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 377. <https://doi.org/doi:10.1088/1757-899X/377/1/012024>
- Ch, B., Mummina, V., & chakravarthi, M. (2018). Performance Evaluation of an Eco-Cooler analysed by varying the Physical and flow Parameters. *International Conference on Mechanical, Materials and Renewable Energy*. <https://doi.org/doi:10.1088/1757-899X/377/1/012024>
- Fatma, D. (2017). Iklim di Indonesia: Jenis dan Penjelarasannya. *Ilmugeografi.com*
- Fauzi, M., & Mussadun. (2021). Dampak Bencana Gempabumi dan Tsunami di Kawasan Pesisir Lere Kota Palu. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, Vol.17, No.1, 2021, 16-24. <https://doi.org/https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pwk/index>
- Fibrianto, J. Z., & Hilmy, M. (2018). Efektifitas Pembayangan yang Dihasilkan Pohon dan Bangunan di Koridor Jalan Perkotaan Untuk Mencapai Kenyamanan Termal. *EMARA: Indonesian Journal of Architecture*, Vol 4 No 1,. <https://doi.org/doi.org/ 10.29080/emara.v4i1.177>
- Hadi, D. S. N., Supriyanta, & Wibowo, M. F. R. (2023). Efektifitas Penghawaan Alami dalam Kenyamanan Termal: Interfensi Fasad dan Teknologi Eco-Cooler pada Ruang Aula. *SINEKTIKA Jurnal Arsitektur* <https://doi.org/http://journals.ums.ac.id/index.php/sinektika>
- Handri, H., Sari, L. H., Munir, A., & Ariatsyah, A. (2021). An evaluation of indoor thermal environment in fisherman housing in West Sumatera. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 881 (2021) 012029. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/881/1/012029>
- Hermawan, Prianto, E., & Setyowati, E. (2015). Thermal comfort of wood-wall house in coastal and mountainous region in tropical area. *ScienceDirect, Procedia Engineering* 125 725 – 731.

- Hidayat, S. (2017). Faktor-faktor Kenyamanan Termal *SCRIBD*.
- Idawarni Asmal, Baharuddin Hamzah, & Ratna, H. (2022). Community Response to Thermal and Its Influence to Outdoor Use [Jurnal]. *Civil Engineering and Architecture*, Vol. 10(Response to Thermal and Its Influence to Outdoor), 800-815. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100305>
- Ismayanti, T., Sasmito, B., & Bashit, N. (2020). Evaluasi Ruang Terbuka Hijau terhadap Tingkat Kenyamanan Termal (Studi Kasus: Kota Semarang, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip Januari 2020, Volume [9], Nomor [1], Tahun 2020*, , 136-145.
- Julismin. (2013). Dampak dan Perubahan Iklim di Indonesia. *Jurnal Geografi*, Vol 5. No.1 - 2013.
- Jutraz, A. (2015). How to Design Healthy Building for Healthy Living ? *Places and Technology*
- Kalumata, T. J., & Indarwanto, M. (2016). Pengaruh Lebar Sirkulasi terhadap Aliran Angin pada Permukiman Padat Nelayan, Studi Kasus Permukiman Pasar Ikan, Penjaringan, Jakarta Utara. *Jurnal Arsitektur Bangunan & Lingkungan, Vitruvian Vol.5 No.3 Juni 2016*, Pages 105-162.
- Kartika, Q. A. y., Hidayat, R., & Virgiyanto, R. H. (2021). Perubahan *Temperature Humadity Index (THI)* di Pulau Jawa sejak 1981 hingga 2019. *Majalah Geografi Indonesia Vo. 35, No. 2, September 2021 (104-111)*. <https://doi.org/DOI: 10.22146/mgl.63432>
- Kasantikul, B. (2020). Eco-cooler Analysis for Room Temperature Reduction. *Mahasarakham International Journal of Engineering Technology*, Vol. 6, No. 2. , 69-74.
- Latif, S., Hamzah, B., Rahim, R., & Mulyadi, R. (2019). Thermal Comfort Identification of Traditional Bugis House in Humid Tropical Climate. *Tesa Arsitektur Journal of Architectural Discourses*, Vol 17, No 1.
- Lucas, P., & Gaag, L. v. d. (1991). Principles of Expert Systems. *Centre for Mathematics and Computer Science, Amsterdam, published in 1991 by Addison-Wesley (copyright returned to the authors)*.
- Marialena Nikolopoulou, S. L. (2006). "Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries", . *Building and Environment*,, Vol. 41(issue 11), pp. 1455–1470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.031>
- Mendea, H., Peters, A., Ibrahim, F., & Schmitta, R. H. (2022). Integrating deep learning and rule-based systems into a smart devices decision support system for visual inspection in production. *ScienceDirect Elsevier f32nd CIRP Design Conference Procedia CIRP 109 (2022) 305–310*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.254>
- Nadir Bonaccorso, & Graça., G. C. d. (2022). Low-cost DIY thermal upgrades for overheating mitigation in slum houses in Latin America & Caribbean

- [Journal]. *Energy & Buildings*, 271(Low-cost DIY thermal upgrades), 1-16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112319>
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries, . *Building and Environment*, , Volume 41, Issue 11, November 2006, , Pages 1455-1470.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.031>
- Pratikno, W. A. (2005). Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil, . Pages 1-79.
- Pratiwi, N., & Arifin, S. S. (2021). Analisis Performa Model Eco-Cooler sebagai Alternatif Buka an Alam *Nasional Akademik Journal of Architecture Volume 8 Nomor 1*,.
- Schneider, G. (2019). Healthy Housing Environment in Sustainable Design. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 471 (2019) 092083.
<https://doi.org/doi:10.1088/1757-899X/471/9/092083>
- Sumampouw, & Jeini Ester Nelwan. (2015). Eksplorasi Masalah Kesehatan Masyarakat di aerah Pesisir Kota Manado.
- Talarosha, B. (2005). Menciptakan Kenyamanan Termal dalam Bangunan *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 3 Juli 2005*, Pages 148-158.
<https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/42362832>
- Wijewardanea, & Jayainghe. (2008). Thermal comfort temperature range for factory workers in warm humid tropical climates. *Renewable Energy* 33 (2008) 2057–2063, Vol. 33, Pages 2057-2063. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.renene.2007.11.009>
- Wijewardanea, & Jayainghe. (2017). Thermal comfort temperature range for factory workers in warm humid tropical climates. *Renewable Energy* 33 (2008) 2057–2063, Vol. 33, Pages 2057-2063. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.renene.2007.11.009>
- Wulandari, E. (2016). Konsep Pengembangan Kawasan Kota Pesisir Rawan Bencana Banjir Wilayah Kepulauan, Kasus: Kota-kota di Provinsi Aceh. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II*, , Pages 1-7.
- Zhang, J., Lu, J., Deng, W., Beccarelli, P., & Lun, I. Y. F. (2023). Thermal comfort investigation of rural houses in China: A review. *Building and Environment* 235 (2023).