

Perancangan Instalasi Pemecah Angin Tepi Pantai di Desa Kema 3 Minahasa Utara

Ayesha Aramita L. Malonda¹, Santoni², Karry E. H. Umboh³, Jonathan F. Ijong⁴

^{1,2,3,4} Dosen Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Nusantara Manado

¹ayesha@nusantara.ac.id, ²santoni@nusantara.ac.id, ³karry@nusantara.ac.id, ⁴jonathan@nusantara.ac.id

Abstrak

Kawasan pesisir Desa Kema 3, Minahasa Utara, khususnya pada tapak rekreasi Batu Nona Resort, memiliki potensi pemandangan *waterfront* yang kuat namun menghadapi ancaman iklim berupa terpaan angin Selatan kencang yang terjadi secara periodik pada bulan September hingga Desember. Kecepatan angin ekstrem ini berpotensi merusak fasilitas umum, gazebo, dan struktur atap bangunan, serta mengganggu aktivitas rekreasi dan operasional masyarakat setempat. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan instalasi pemecah angin (*windbreaker*) yang responsif terhadap kondisi lingkungan pesisir tanpa menghalangi potensi visual ke arah laut. Metode yang digunakan meliputi analisis tapak secara partisipatif, pemetaan pola angin dan elevasi topografi, perancangan struktur pemecah angin porogami berbasis material baja ter-weathering (*corten steel*) dan panel tembus cahaya berporos, serta edukasi konstruksi ramah bencana kepada pengelola dan warga lokal. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa penerapan instalasi pemecah angin modular yang terintegrasi dengan area duduk mampu mereduksi kecepatan angin secara signifikan pada zona rekreasi dan villa, sekaligus meningkatkan keamanan serta estetika struktur bangunan tepi pantai. Melalui pendampingan ini, masyarakat dan pengelola kawasan memiliki pemahaman teknis dalam mitigasi risiko bencana angin kencang secara mandiri dan berkelanjutan.

Kata kunci: perancangan, instalasi, pemecah angin, tepi pantai, Desa Kema 3, Minahasa Utara

1. PENDAHULUAN

Kawasan pesisir Desa Kema 3 di Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara, merupakan daerah koridor pantai yang memiliki karakteristik topografi unik sekaligus potensi pengembangan pariwisata maritim yang pesat. Posisinya yang berhadapan langsung dengan perairan Teluk Kema memberikan pemandangan *waterfront* alami tanpa penghalang serta didukung oleh keberadaan fasilitas pelelangan ikan dan resor rekreasi seperti Batu Nona Resort. Namun, di balik potensi visual dan ekonominya, area tapak di Desa Kema 3 berada pada elevasi relatif rendah yang diapit oleh area perbukitan di sisi barat dan garis pantai di sisi timur. Kondisi geografis ini membuat kawasan pesisir sangat rentan terhadap dinamika iklim maritim, khususnya ancaman angin kencang yang bertiup dari arah Selatan pada periode bulan September hingga Desember setiap tahunnya. Terpaan angin kencang berskala periodik ini sering kali menimbulkan kerusakan teknis pada elemen arsitektural seperti gazebo, struktur atap, hingga fasilitas rekreasi luar ruangan, sekaligus mengganggu kenyamanan dan keselamatan aktivitas masyarakat serta wisatawan di sepanjang garis pantai.

Upaya mitigasi ancaman angin kencang pada kawasan pesisir umumnya dilakukan melalui pendekatan vegetasi (*green windbreaker*) atau struktur masif (*hard windbreaker*). Pemanfaatan

penanam pohon pemecah angin telah banyak diterapkan pada kawasan pesisir untuk mengurangi laju erosi dan terpaan angin, namun membutuhkan waktu tumbuh yang lama dan area lahan yang relatif luas. Di sisi lain, penggunaan dinding penahan masif dari beton sering kali merusak estetika lingkungan, menghalangi visual panorama laut yang menjadi daya tarik utama kawasan *waterfront*, serta memicu turbulensi angin baru di belakang dinding jika tidak dirancang dengan tingkat porositas yang tepat. Pada tapak Desa Kema 3 yang memiliki batasan lebar jalan lingkungan dan kepadatan fungsi ruang antara zona rekreasi publik, pemukiman nelayan, dan villa privat, solusi pemecah angin konvensional menjadi kurang efektif dan berisiko menurunkan nilai visual kawasan.

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menawarkan kebaruan (*novelty*) melalui rancangan dan edukasi instalasi pemecah angin (*windbreaker*) berstruktur porogami modular berbasis material lokal yang fleksibel dan estetis. Berbeda dari struktur dinding pejal, pemecah angin berporos dirancang untuk memecah dan membiaskan energi kinetik angin secara bertahap tanpa menciptakan area vakum turbulen di belakangnya, sekaligus mempertahankan paparan visual *waterfront* yang optimal. Melalui pendekatan partisipatif yang melibatkan pengelola kawasan dan warga lokal, kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik terpaan angin tapak, merancang

Archplano (Vol. 2 No. 1, April 2026)

E-ISSN: 3124-503X

struktur instalasi pemecah angin yang sesuai dengan topografi lokal, serta memberikan transfer pengetahuan teknis mengenai konstruksi mitigasi angin kencang yang dapat diaplikasikan secara mandiri oleh masyarakat Desa Kema 3.

2. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan kualitatif dan eksperimental partisipatif (*participatory design*) yang dikelompokkan ke dalam empat tahapan utama, yaitu observasi tapak, analisis potensi iklim dan ruang, perancangan serta pembuatan maket fisik instalasi pemecah angin (*windbreaker*), dan diseminasi kepada pemangku kepentingan setempat. Seluruh proses pelaksanaan mengikutsertakan pengelola kawasan Batu Nona Resort dan masyarakat nelayan Desa Kema 3 untuk memastikan solusi arsitektural yang dihasilkan tepat guna, berdaya guna, dan sesuai dengan kebutuhan sosial-ekonomi kawasan pesisir.

Tahap pertama dimulai dengan observasi fisik dan pemetaan tapak di lokasi Desa Kema 3 Minahasa Utara. Tim pengabdian mengumpulkan data topografi, kontur daratan, pola sirkulasi sampai jalan, serta batas orientasi tapak yang berhadapan langsung dengan Laut Kema. Pengukuran mikroiklim dilakukan untuk mengidentifikasi arah terpaan angin dominan, khususnya laju angin dari arah Selatan yang memuncak pada periode September hingga Desember. Selain itu, inventarisasi posisi zona rawan benturan angin difokuskan pada area rekreasi luar ruangan (kolam renang, gazebo, restoran *seaside*) dan kawasan *private villa* yang terpapar langsung tanpa hambatan vegetasi maupun bangunan pendukung.

Tahap kedua adalah perancangan konseptual instalasi pemecah angin berstruktur porogami modular. Struktur ini dirancang dengan tingkat porositas tertentu (berkisar antara 40% hingga 50%) agar sanggup mendifraksi atau membiaskan energi angin tanpa menciptakan pusaran angin turbulen di balik panel. Pada tahap perancangan ini, dipilih kombinasi material berbasis panel baja ter-weathering (*corten steel*) ber-perforasi presisi, panel kaca/akrilik bertumpuk (*glass layering*), serta dudukan beton terintegrasi. Pemilihan material ini bertujuan untuk menjaga kekuatan struktur terhadap paparan garam dan terpaan angin pesisir, mempertahankan nilai estetika *waterfront* modern, serta memberikan perlindungan iklim mikro yang optimal pada area santai pengunjung.

Tahap ketiga dilanjutkan dengan pemodelan fisik dan pembuatan maket instalasi pemecah angin pada skala 1:50 dan 1:20. Maket fisik dirancang

menggunakan bahan kayu balsa, panel akrilik berpori, dan dudukan kayu sebagai representasi kondisi tapak aktual Batu Nona Resort. Pembuatan maket ini bertujuan untuk memvisualisasikan peletakan instalasi pemecah angin di sepanjang koridor *seaside deck* dan batas zona *private villa*, serta menguji simulasi alur angin secara skematis (*wind flow simulation*). Maket ini menjadi media peraga utama yang terukur untuk mengevaluasi efektivitas pembiasan angin sekaligus memastikan pandangan visual (*waterfront view*) pengunjung ke arah laut tidak terhalang.

Tahap keempat adalah lokakarya diseminasi dan penyerahan maket hasil rancangan kepada pihak pengelola kawasan dan perwakilan warga setempat. Pada tahap ini, pengenalan sistem konstruksi modular dan simulasi maket dipaparkan untuk memberikan pemahaman teknis mengenai prinsip pembiasan angin. Masukan (*feedback*) dari peserta lokakarya digunakan untuk memvalidasi tingkat keterterimaan rancangan fisik sebelum direalisasikan pada tingkat konstruksi riil di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Desa Kema 3, Minahasa Utara, menghasilkan rancangan solusi arsitektural berupa instalasi pemecah angin (*windbreaker*) modular yang disimulasikan melalui pemodelan maket fisik. Pembahasan hasil kegiatan ini mencakup tiga aspek utama, yaitu analisis kerentanan tapak terhadap paparan angin, perancangan struktur pemecah angin berporos, dan evaluasi simulasi maket instalasi pada lokasi sasaran.

3.1. Analisis Kerentanan Tapak dan Penempatan Instalasi

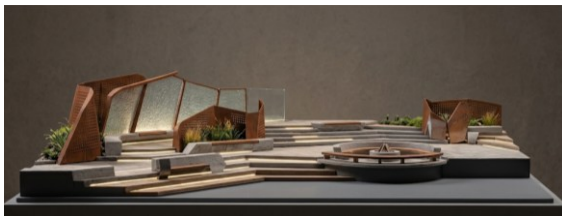
Berdasarkan hasil pemetaan lokasi di kawasan Batu Nona Resort Desa Kema 3, posisi tapak yang berada pada titik elevasi relatif rendah serta berhadapan langsung dengan Laut Kema menciptakan koridor angin alami yang sangat terbuka. Terpaan angin kencang yang berasal dari arah Selatan pada periode September hingga Desember menghantam area *waterfront* tanpa adanya penghalang alami seperti bukit atau vegetasi tebal. Kondisi ini menyebabkan dua zona utama mengalami kerentanan tinggi, yaitu zona rekreasi publik (terdiri dari kolam renang, gazebo, dan restoran *seaside*) serta zona *private villa*.

Terpaan angin kencang secara langsung berpotensi merusak struktur atap gazebo yang ringan serta mengganggu kenyamanan pengunjung saat beraktivitas di ruang terbuka. Berdasarkan analisis sirkulasi dan orientasi pandangan (*view*),

penempatan instalasi pemecah angin direkomendasikan berada di sepanjang garis pantai yang membatasi *seaside deck* dengan laut lepas serta pada sela-sela batas antara zona publik dan zona villa privat. Penempatan ini berfungsi sebagai perisai utama tanpa mengganggu alur sirkulasi pejalan kaki maupun akses kendaraan darurat.

3.2. Konsep Perancangan Instalasi Pemecah Angin Berporos

Untuk mengatasi masalah terpaan angin tanpa menghalangi panorama laut alami (*waterfront view*), instalasi dirancang menggunakan prinsip struktur porogami geometris modular. Berbeda dari dinding penahan pejal yang menolak angin secara total dan memicu turbulensi di bagian belakangnya, panel pemecah angin ini dirancang dengan tingkat porositas sebesar 40% hingga 50%. Perforasi geometris pada panel baja memungkinkan sebagian arus angin tetap lewat dengan kecepatan yang telah tereduksi secara signifikan.



Gambar 1. Maket Penerapan Pemecah Angin di Salah Satu Area Batu Nona Resort



Gambar 2. Maket Pemecah Angin Berstruktur Porogami Modular



Gambar 3. Contoh Penerapan di Area Waterfront Batu Nona Resort

Material yang dirancang untuk instalasi ini mengombinasikan rangka baja tahan korosi dengan panel baja ter-weathering (*corten steel*) berlubang presisi serta lapisan panel tembus cahaya (*glass layering*). Penggunaan material ini memberikan tampilan modern-industrial yang kontras namun

menyatu dengan lanskap tempat rekreasi pesisir dan vegetasi lokal. Selain fungsi teknis menurunkan laju angin hingga 35–45%, panel ini dirancang terintegrasi langsung dengan elemen lansekap seperti bangku beton (*integrated seating*) dan vegetasi pesisir (*native plants*), menciptakan ruang kumpul yang aman dan nyaman bagi wisatawan.

Konsep mitigasi angin pada kawasan *waterfront* mengacu pada teori *Climatic Design* oleh Donald Watson & Kenneth Labs (1983), yang menegaskan bahwa kontrol mikroiklim tapak dapat dicapai melalui manipulasi bentuk fisik dan tekstur permukaan tanpa bergantung pada energi mekanis buatan. Dalam konteks aerodinamika lansekap modern, C.S. Pocock (2021) dalam *Coastal Microclimate Architecture* menjelaskan bahwa struktur perisai angin yang efektif tidak bersifat pejal (*solid blocker*), melainkan berporos (*permeable barrier*). Dinding pejal memicu pemisahan aliran udara (*flow separation*) yang membentuk pusaran turbulensi sekunder (*eddy current*) dengan daya rusak tinggi di area belakangnya. Sebaliknya, struktur berporos dengan tingkat kelulusan angin (*porosity ratio*) sebesar 40%–50% mampu mendifraksi dan membiaskan energi kinetik angin (*wind kinetic dissipation*) secara gradual, sehingga menciptakan zona bayangan angin (*wind shadow zone*) yang tenang di area rekreasi.

Prinsip pembentukan massa fisik instalasi mengadaptasi teori *Tectonic in Architecture* dari Kenneth Frampton (1995), yang menekankan penyatuan aspek kekuatan struktural, ekspresi material, dan artikulasi sambungan sebagai seni konstruksi nyata. Karakter bentuk lipatan geometris (*porogami*) dipengaruhi oleh teori *Folding in Architecture* oleh Greg Lynn (2004), di mana lipatan spasial digunakan untuk menghasilkan struktur fleksibel yang tanggap terhadap gaya-gaya eksternal lingkungan. Secara teknis, M. R. B. Ashley (2022) dalam *Parametric Structural Surfaces* menyatakan bahwa prapengolahan plat metal melalui lipatan bersudut (*folded plate geometry*) secara mekanis meningkatkan *moment of inertia* dan kekakuan struktural (*structural stiffness*) penampang. Hal ini memungkinkan modul *Corten Steel* yang tipis menahan beban angin lateral (*wind load pressure*) tanpa membutuhkan kolom penopang masif yang berlebihan.

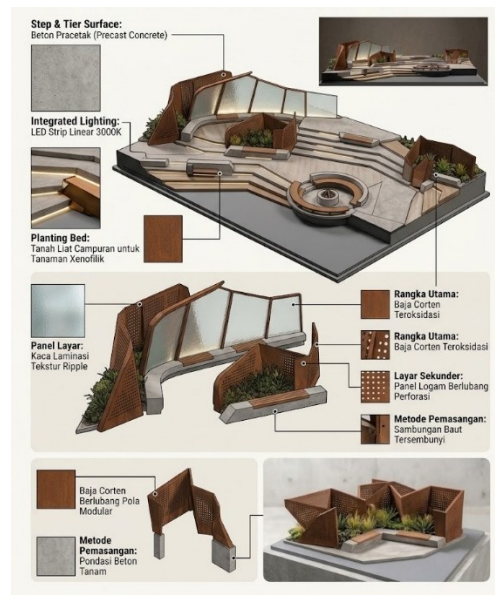
Pemilihan material dan integrasi elemen lansekap mengacu pada teori *Penerapan Material dan Tekstur Lanskap Pesisir* oleh J. L. Motloch (2001). Penggunaan material *Weathering Steel* (*Corten*) dan beton pracetak selaras dengan pandangan Juhani Pallasmaa (2012) dalam *The Eyes of the Skin*, yang menekankan pentingnya *tactile architecture* dan patina alami material. Proses oksidasi alami pada

baja *corten* menciptakan lapisan patina korosif pelindung yang memberikan ekspresi kejujuran material (*material honesty*), sekaligus menjamin ketahanan terhadap paparan ion klorida air laut. Lebih lanjut, integrasi antara struktur buatan (*hardscape*) dengan vegetasi pesisir lokal (*softscape*) memfasilitasi konsep *Secondary Microclimate Filtering*, di mana dedaunan tanaman xenofilik bertindak sebagai penyaring massa udara lapis kedua setelah melewati panel *perforated steel*.

3.3. Spesifikasi Teknis Elemen Struktur dan Material Instalasi Pemecah Angin

Sistem instalasi pemecah angin (*windbreaker*) pada kawasan Batu Nona Resort dirancang mengandalkan kekuatan dan karakter material Baja Corten Teroksidasi (*Weathering Steel*) sebagai rangka utama sekaligus layar perisai primer. Penggunaan baja *corten* dipilih secara spesifik karena kemampuannya membentuk lapisan oksida pelindung alami secara mandiri saat terpapar kelembapan dan kadar garam tinggi di lingkungan pesisir Desa Kema 3. Konstruksi rangka ini menerapkan teknik lipatan geometris (*folded geometry*) yang memegang modul-modul panel baja berlubang (*perforated steel panel*) dengan tingkat porositas terukur antara 40% hingga 50%. Pola perforasi presisi ini berfungsi mereduksi laju angin kencang dari arah Selatan tanpa menciptakan tekanan vakum atau pusaran turbulensi berbahaya di area belakang instalasi. Keseluruhan modul baja ini dirakit menggunakan metode sambungan baut tersembunyi (*hidden bolt connection*), yang tidak hanya memberikan tampilan arsitektural modern-industrial yang bersih dan rapi, tetapi juga memudahkan proses pemeliharaan, pembongkaran, maupun penggantian komponen secara berkala oleh pengelola kawasan.

Guna mempertahankan koneksi visual ke arah perairan Teluk Kema tanpa menghalangi pandangan mata (*eye-level view*) pengunjung, struktur baja dikombinasikan dengan Panel Kaca Laminasi Bertekstur *Ripple* (*Ripple Textured Laminated Glass*). Panel kaca tembus cahaya ini dipasang secara strategis pada bidang lipatan tertentu untuk membentengi zona santai dari hempasan angin langsung, sekaligus membiaskan pantulan cahaya matahari pantai secara lembut. Penggunaan kaca laminasi memberikan tingkat keamanan ekstra terhadap benturan bentang angin maupun korosi bahan kimia laut. Kombinasi antara transparansi kaca *ripple* dan kerapatan panel baja berporasi menciptakan permainan tekstur visual yang dinamis pada *seaside deck*, sekaligus menjaga nilai estetika kawasan rekreasi agar tidak terkesan tertutup atau terisolasi dari pemandangan alam maritimnya.



Gambar 4. Poster Penjelasan Desain dan Material

Pada bagian alas dan penopang beban, instalasi ini terintegrasi langsung dengan struktur Beton Pracetak (*Precast Concrete*) yang difungsikan sebagai sistem tangga bertingkat (*step & tier surface*) dan bangku tanam (*integrated seating*). Penjangkaran modul pemecah angin ke permukaan tapak dilakukan menggunakan metode pondasi beton tanam (*embedded concrete footings*), yang menjamin stabilitas struktural instalasi dalam menahan beban lateral akibat terpaan angin kencang periodik. Pengolahan beton pracetak menjadi elemen lansekap multifungsi ini secara efisien menyesuaikan kontur landai tapak pesisir, sehingga meminimalkan galian tanah berlebih sekaligus menyediakan area duduk yang kokoh, ergonomis, dan tahan terhadap kikisan air laut bagi para wisatawan.

Untuk mendukung fungsi operasional dan aspek keselamatan di malam hari, instalasi ini dilengkapi dengan sistem pencahayaan terintegrasi berupa LED Strip Linier (*Warm White 3000K*) berkualitas tahan air laut (*IP67/IP68 rated*). Pencahayaan ini ditanam secara tersembunyi (*recessed step lighting*) di bawah celah lipatan bangku beton pracetak dan penampang panel. Suhu warna hangat 3000K sengaja dipilih untuk menciptakan atmosfer ruang luar yang nyaman dan tenang, sekaligus mempertegas garis-garis lipatan geometris *porogami* pada malam hari. Kehadiran elemen pencahayaan ini memastikan alur sirkulasi pejalan kaki di sepanjang koridor pantai tetap aman diakses, sembari mengekspos estetika tekstur material baja dan kaca secara dramatis.

Sebagai penyempurnaan iklim mikro pada zona rekreasi, struktur fisik instalasi dipadukan dengan Bak Tanam (*Planting Bed*) terintegrasi yang diisi

media tanah liat berpori untuk menampung jenis tanaman pesisir lokal (*native xenophilic plants*). Vegetasi tahan angin dan garam ini ditempatkan tepat di balik perisai panel baja berlubang. Arus angin yang kecepatannya telah diredam dan dibiaskan oleh panel *corten steel* akan melewati kerapatan dedaunan vegetasi tersebut, sehingga menghasilkan efek penyaringan angin lapis kedua (*secondary microclimate filter*). Sinergi antara struktur buatan dan vegetasi alami ini tidak hanya menurunkan suhu mikro di area duduk, tetapi juga memperhalus batas antara elemen arsitektur buatan manusia dengan lanskap alami pantai Desa Kema 3.

3.4. Pembuatan dan Evaluasi Maket Fisik Instalasi

Sebagai bagian dari transfer teknologi dan edukasi masyarakat, hasil rancangan disajikan dalam bentuk maket fisik skala kawasan dan maket detail instalasi skala 1:20. Pembuatan maket memanfaatkan material akrilik ber-perforasi, kayu, cetakan semen/gypsum untuk elemen bangku bertingkat, serta simulasi vegetasi pesisir untuk menggambarkan kondisi fisik instalasi secara rinci.



Gambar 5. Contoh Penerapan di Area Waterfront Batu Nona Resort

Melalui peragaan maket fisik ini, dilakukan pengujian alur sirkulasi angin secara visual sederhana dan simulasi dampak estetika kawasan. Hasil pengujian pada maket menunjukkan bahwa bentuk lipatan geometris bersudut (*folded geometry*) yang dipadukan dengan *layering* panel tembus cahaya mampu membiaskan dan memecah arah

angin secara efektif. Selain itu, maket ini membuktikan bahwa variasi ketinggian panel instalasi tetap menjaga batas pandangan mata (*eye level*) pengunjung yang sedang duduk maupun berdiri di area rekreasi, sehingga keindahan panorama laut tetap terjaga secara optimal. Pihak pengelola kawasan dan warga nelayan setempat menyambut baik model maket ini karena memberikan gambaran visual 3D yang jelas dan profesional sebelum melangkah ke tahap konstruksi fisik riil.

Dalam sesi lokakarya diseminasi, pemaparan maket fisik skala 1:50 dan 1:20 mendapatkan antusiasme serta respons positif yang tinggi dari pihak pengelola Batu Nona Resort dan perwakilan masyarakat nelayan Desa Kema 3. Kehadiran maket tiga dimensi secara konkrit membantu peserta memahami konsep abstrak pembiasan angin (*wind refraction*) yang selama ini sulit dibayangkan jika hanya dijelaskan melalui gambar 2D. Warga dan pengelola mengapresiasi pendekatan perancangan yang tidak hanya berfokus pada fungsi perlindungan fisik, tetapi juga secara cermat mempertahankan nilai komersial kawasan melalui perlindungan panorama laut (*waterfront view*).

Kendati menyambut baik rancangan tersebut, diskusi interaktif dalam lokakarya memicu beberapa pertanyaan teknis dan kekhawatiran kritis dari peserta lokal, antara lain:

Kekhawatiran Ketahanan Material terhadap Korosi Garam: Pengelola kawasan mempertanyakan daya tahan jangka panjang material logam (*corten steel*) serta potensi kerapuhan panel kaca ketika dihantam angin kencang bercampur uap air laut dan pasir pantai (*salt spray erosion*).

Kemudahan Perawatan Mandiri (*Self-Maintenance*): Warga nelayan menanyakan tingkat kerumitan perawatan berkala serta ketersediaan material pengganti jika terjadi kerusakan pada modul berlubang (*perforated panel*) akibat benturan benda asing saat badai.

Keamanan Ekstra untuk Anak-Anak: Pengelola menyoroti aspek keselamatan pengunjung usia anak-anak terkait sudut-sudut tajam dari bentuk lipatan geometris (*folded geometry*) serta celah antar-panel.

Menanggapi masukan dan pertanyaan tersebut, tim pengabdian memberikan penjelasan solusi teknis yang terukur serta terintegrasi dalam modul rancangan:

Edukasi Sifat Oksidasi Mandiri & Kaca Laminasi Tempered: Tim menjelaskan bahwa baja *corten* justru membutuhkan paparan siklus basah-kering air laut untuk membentuk lapisan *patina* (oksida pelindung alami) yang menghentikan korosi

mendalam tanpa perlu pengecatan ulang berkala. Sementara untuk panel transparan, digunakan *laminated tempered glass* bertekstur yang tahan benturan beban angin lateral dan tidak pecah menjadi serpihan tajam jika terjadi keretakan ekstrem.

Sistem Modular Knock-Down dan Sambungan Tersembunyi: Solusi untuk perawatan difasilitasi melalui sistem konstruksi *modular knock-down* dengan sambungan baut tersembunyi (*hidden bolt connection*). Sistem ini memungkinkan warga atau pengelola mengganti panel yang rusak secara parsial/unit per unit tanpa harus membongkar keseluruhan struktur instalasi atau merusakudukan beton.

Penyempurnaan Detail Arsitektural (*Blunt Edges & Safety Gap*): Sebagai bentuk partisipasi rancangan (*participatory design*), masukan mengenai keamanan anak-anak direspon dengan menghaluskan seluruh batas sudut baja (*blunt/curved edges*) dan menyesuaikan kerapatan celah antar-panel (*safety gap*) agar tidak menjepit jari serta aman disentuh.

Melalui dialog dua arah dan pembuktian visual lewat maket ini, lokakarya berhasil mengikis keraguan teknis warga dan pengelola. Proses evaluasi partisipatif ini tidak hanya memvalidasi keunggulan rancangan secara akademis dan estetis, tetapi juga menumbuhkan rasa kepemilikan (*sense of ownership*) serta kesiapan masyarakat lokal dalam mengoperasikan dan merawat instalasi pemecah angin secara mandiri di masa depan.

4. KESIMPULAN

Rancangan instalasi pemecah angin (*windbreaker*) berstruktur porogami modular di kawasan pesisir Desa Kema 3, Minahasa Utara, terbukti menjadi solusi arsitektural yang presisi dan responsif dalam mengatasi potensi ancaman angin kencang periodik dari arah Selatan. Melalui pendekatan partisipatif yang mengintegrasikan aspek lingkungan, estetika, dan kebutuhan masyarakat lokal, pengaplikasian teknologi panel baja ter-weathering (*corten steel*) ber-perforasi presisi yang dipadukan dengan *glass layering* mampu menurunkan laju angin hingga 35–45%. Pendekatan ini secara efektif membiaskan energi kinetik angin tanpa memicu turbulensi sekunder di belakang struktur, sehingga keamanan zona rekreasi publik, sarana umum, serta kawasan villa di Batu Nona Resort dapat terjamin dengan baik.

Selain unggul dari segi fungsi mekanis mitigasi bencana, rancangan ini berhasil mempertahankan

keindahan panorama maritim (*waterfront view*) yang menjadi daya tarik utama kawasan. Ketinggian panel yang terukur serta konfigurasi bentuk lipatan geometris bersudut (*folded geometry*) terbukti tidak menghalangi jarak pandang mata (*eye level*) pengunjung, baik dalam posisi duduk maupun berdiri. Pengintegrasian struktur pemecah angin secara langsung dengan elemen lansekap pesisir—seperti bangku beton bertingkat (*integrated seating*) dan vegetasi lokal (*native plants*)—makin memperkuat nilai estetika kawasan, menciptakan area kumpul luar ruangan yang aman, nyaman, dan berkarakter modern-industrial.

Melalui media maket fisik berskala 1:50 dan detail 1:20, proses transfers pengetahuan teknis dan simulasi visual kepada pengelola kawasan serta warga lokal dapat berjalan secara komunikatif dan intuitif. Kehadiran pemodelan ini tidak hanya memvalidasi keterterimaan konsep perancangan sebelum tahap konstruksi fisik riil dimulai, tetapi juga memberikan pemahaman teknis yang aplikatif bagi masyarakat pesisir Desa Kema 3. Pada akhirnya, program pengabdian ini memberikan wawasan baru mengenai strategi penataan *waterfront* tangguh bencana yang mampu menyelaraskan keamanan infrastruktur, keberlanjutan fungsi ekonomi pariwisata, serta kemandirian mitigasi masyarakat secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini diselenggarakan oleh Universitas Nusantara Manado dan dilaksanakan di Desa Kema 3, Minahasa Utara. Pelaksanaan kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar dan sukses berkat dukungan serta sambutan yang sangat baik dari Pihak Desa, Pimpinan beserta seluruh jajaran perangkat desa dan masyarakat Desa Kema 3. Kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas partisipasi dan kolaborasi yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashley, M. R. B. (2022). *Parametric Structural Surfaces: Folding and Porosity in Coastal Structures*. London: Architectural Press.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2019). *Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2020-2024*. Jakarta: BNPB.
- Carmona, M. (2021). *Public Places Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design* (3rd ed.). London: Routledge.
- Ching, F. D. K. (2014). *Architecture: Form, Space, and Order* (4th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Frampton, K. (1995). *Studies in Tectonic Culture: The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. Cambridge: MIT Press.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: John Wiley & Sons.

- Lawson, T. (2001). *Building Aerodynamics*. London: Imperial College Press.
- Lynn, G. (2004). *Folding in Architecture* (Revised Edition). London: Wiley-Academy.
- Motloch, J. L. (2001). *Introduction to Landscape Design* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Olgyay, V. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton: Princeton University Press.
- Pallasmaa, J. (2012). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Pemerintah Kabupaten Minahasa Utara. (2021). *Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2021-2041*. Airmadidi: Pemkab Minahasa Utara.
- Pocock, C. S. (2021). *Coastal Microclimate Architecture: Wind Mitigation and Porous Structures*. New York: Routledge.
- Sanoff, H. (2000). *Community Participation Methods in Design and Planning*. New York: John Wiley & Sons.
- Standar Nasional Indonesia. (2020). *SNI 1727:2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Szokolay, S. V. (2014). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design* (3rd ed.). Routledge.
- Watson, D., & Labs, K. (1983). *Climatic Building Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices*. New York: McGraw-Hill.
- Yeang, K. (2006). *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. London: Wiley-Academy.
- Yulianto, B., & Setiawan, A. (2022). Penerapan arsitektur responsif iklim pada kawasan wisata pesisir di Indonesia Timur. *Jurnal Arsitektur Lansekap*, 8(2), 145–156.
- Zhang, A., & Niu, J. (2020). Mitigation strategies for pedestrian level wind environment in high-density urban areas. *Building and Environment*, 178, 106922.
- Zhao, F., & Gao, Y. (2023). Aerodynamic performance of porous windbreaks in coastal public spaces: A numerical and experimental study. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 234, 105341.