

KAJIAN TIPOLOGI BANGUNAN TRANSPORTASI KARYA SANTIAGO CALATRAVA

TYPOLOGICAL STUDY OF SANTIAGO CALATRAVA'S TRANSPORTATION BUILDINGS

Yuliani^(1*), Kyla Harlitanaya⁽²⁾

Penulis korespondensi: yuliani.2109@gmail.com^(*)

⁽¹⁾ Independent Researcher

⁽²⁾ Program Studi Arsitektur, Universitas Pancasila, Jakarta, 12640, Indonesia

Abstract:

Transportation buildings not only function as a means of mobility, but can also shape visual images, regional identities, and public space experiences. Santiago Calatrava Valls is one of the architects who has produced many transportation works with strong characters through the relationship between form, structure, technology, and the meaning of movement. This study aims to develop the typological tendencies of Santiago Calatrava Valls' transportation buildings through five case studies, namely the Alamillo Bridge, Lyon-Saint Exupéry Airport Train Station, Bohl Bus and Tram Stop, Sondica Airport, and the WTC Transportation Hub. The method used is descriptive-qualitative with a comparative case study approach. The analysis is carried out based on six aspects, namely function, visual analogy, structure, technology, use of space, and the meaning of the work. The results of the study show that Calatrava's transportation works have typological tendencies in the form of dominant structural expressions, dynamic forms, analogies of movement, and the use of technology to form the iconic image of the building. The structure not only plays a role as a construction system but also becomes a visual element that shapes the mass, space, and the user's movement experience.

Keywords: *transportation buildings, structural expression, Santiago Calatrava Valls, architectural typology*

Abstrak:

Bangunan transportasi tidak hanya berfungsi sebagai sarana mobilitas, tetapi juga dapat membentuk citra visual, identitas kawasan, dan pengalaman ruang publik. Santiago Calatrava Valls merupakan salah satu arsitek yang banyak menghasilkan karya transportasi dengan karakter kuat melalui hubungan antara bentuk, struktur, teknologi, dan makna gerak. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kecenderungan tipologis bangunan transportasi karya Santiago Calatrava Valls melalui lima studi kasus, yaitu Alamillo Bridge, Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station, Bohl Bus and Tram Stop, Sondica Airport, dan WTC Transportation Hub. Metode yang digunakan adalah deskriptif-kualitatif dengan pendekatan studi kasus komparatif. Analisis dilakukan berdasarkan enam aspek, yaitu fungsi, analogi visual, struktur, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna karya. Hasil kajian menunjukkan bahwa karya transportasi Calatrava memiliki kecenderungan tipologis berupa ekspresi struktur yang dominan, bentuk dinamis, analogi gerak, serta pemanfaatan teknologi untuk membentuk citra ikonik bangunan. Struktur tidak hanya berperan sebagai sistem konstruksi, tetapi juga menjadi elemen visual yang membentuk massa, ruang, dan pengalaman gerak pengguna.

Kata-kunci: bangunan transportasi, ekspresi struktur, Santiago Calatrava Valls, tipologi arsitektur.

1. PENDAHULUAN

Bangunan transportasi merupakan bagian penting dari sistem pergerakan manusia dan barang. Jembatan, stasiun, halte, terminal, dan bandara pada awalnya dibangun terutama untuk memenuhi kebutuhan teknis, seperti menghubungkan dua kawasan, menampung perpindahan penumpang, dan mengatur pertemuan antara berbagai moda transportasi. Dalam perkembangannya, bangunan transportasi tidak lagi hanya dipahami sebagai infrastruktur fungsional namun sebagai bagian penting dari ruang publik dan kehidupan perkotaan [1].

Posisi strategis sebagai titik kedatangan dan keberangkatan juga membuat fasilitas transportasi berperan sebagai gerbang suatu kawasan. Bentuk

arsitektur stasiun dan bandara dapat menjadi gerbang sekaligus simbol yang membentuk kesan awal pengguna terhadap kota atau negara yang dikunjungi. Infrastruktur transportasi dengan karakter visual yang kuat bahkan dapat berkembang menjadi penanda kota dan bagian dari citra tempat, bukan sekadar fasilitas teknis yang harus tersedia [2]. Sehingga, perancangan fasilitas transportasi perlu mempertemukan kebutuhan fungsional dengan estetika untuk mencapai kenyamanan pengguna sekaligus tetap dapat menjadi identitas visual suatu kota. Pada bangunan transportasi berskala besar, struktur dapat menjadi elemen utama yang membentuk ruang sekaligus menghasilkan citra arsitektur yang mudah dikenali [3], [4].

Santiago Calatrava merupakan salah satu arsitek dan insinyur yang secara konsisten mengeksplorasi hubungan antara struktur dan bentuk arsitektur. Hubungan antara struktur dan pembentukan citra terlihat kuat pada karya-karya transportasi Santiago Calatrava [5], [6]. Elemen seperti pylon miring, kabel, rangka lengkung, kolom bercabang, dan rusuk-rusuk struktur diperlihatkan secara eksplisit sehingga tidak hanya berfungsi sebagai pemikul beban, tetapi juga membentuk massa, ruang, ritme, dan kesan gerak. Karakter tersebut membuat sejumlah karya transportasinya tampil sebagai ikon arsitektur yang memiliki identitas visual kuat. Penelitian ini bertujuan membandingkan ekspresi struktur pada lima karya transportasi Santiago Calatrava, yaitu Alamillo Bridge, Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station, Bohl Bus and Tram Stop, Sondica Airport, dan WTC Transportation Hub. Perbandingan dilakukan berdasarkan fungsi, bentuk visual, sistem struktur, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna arsitektural untuk mengidentifikasi bagaimana struktur digunakan sebagai pembentuk karakter dan citra ikonik pada masing-masing karya.

2. KAJIAN PUSTAKA

Tipologi dalam arsitektur merupakan cara untuk membaca kesamaan, perbedaan, dan transformasi pada sejumlah objek berdasarkan hubungan antara fungsi, bentuk, struktur, serta organisasi ruang. Tipe tidak selalu diwujudkan melalui bentuk yang identik, tetapi dapat berupa prinsip formal dan organisasional yang relatif tetap meskipun diterapkan pada fungsi, skala, teknologi, dan konteks yang berbeda. Oleh karena itu, pendekatan tipologis tidak hanya mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan visual, tetapi juga menelaah proses dan hubungan yang membentuk karakter arsitekturnya [7], [8].

Pendekatan tipologis tidak hanya mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan visual, tetapi juga membaca hubungan antara elemen formal, spasial, dan struktural yang membentuk sebuah karya arsitektur [9]. Dalam penelitian ini, pendekatan tersebut digunakan secara sederhana sebagai dasar analisis komparatif untuk mengidentifikasi pola ekspresi struktur pada lima karya transportasi Santiago Calatrava. Perbandingan dilakukan melalui fungsi, bentuk visual, sistem struktur, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna arsitektural.

2.1. Ekspresi Struktur dan Citra Ikonik pada Bangunan Transportasi

Arsitektur transportasi tidak hanya berfungsi sebagai sarana perpindahan, tetapi juga dapat membentuk ruang publik, pengalaman pengguna, dan identitas suatu tempat. Stasiun dan terminal merupakan ruang

yang digunakan oleh beragam kelompok masyarakat serta menjadi bagian dari aktivitas keseharian kota. Oleh karena itu, perancangannya perlu mempertemukan kebutuhan teknis, efisiensi sirkulasi, kenyamanan, dan kualitas pengalaman ruang [10], [11], [12].

Posisi fasilitas transportasi sebagai titik kedatangan dan keberangkatan memungkinkan bangunan tersebut berperan sebagai gateway, flagship, dan simbol kawasan. Bentuk arsitektur yang mudah dikenali dapat menjadi penanda visual, membentuk kesan awal terhadap suatu kota, dan digunakan sebagai bagian dari citra tempat [2]. Pada terminal bandara, fungsi representasional tersebut juga terlihat melalui upaya menggabungkan kebutuhan operasional dengan bentuk, material, ruang publik, serta identitas visual kota atau negara.

Peran tersebut membuat perancangan arsitektur transportasi tidak hanya mempertimbangkan efisiensi sirkulasi, kapasitas, keselamatan, dan kenyamanan pengguna, tetapi juga bentuk, material, pengalaman ruang, serta identitas visual. Pada terminal bandara, penerapan identitas lokal melalui bentuk, elemen interior, material, dan simbol budaya dapat memperkuat karakter tempat serta membedakan terminal dari fasilitas transportasi lain yang cenderung bersifat umum dan seragam [10]. Sehingga, citra ikonik dapat dipahami sebagai kemampuan suatu karya arsitektur untuk menghasilkan identitas visual yang kuat, mudah dikenali, dan memiliki nilai simbolik bagi kawasan. Citra tersebut tidak hanya terbentuk melalui bentuk yang tidak biasa, tetapi juga melalui hubungan antara skala, komposisi massa, teknologi, sistem struktur, dan konteks tempat [13]. Dengan demikian, struktur dapat berperan sebagai salah satu unsur utama dalam membangun citra ikonik arsitektur transportasi.

2.2. Ekspresi Struktur dalam Arsitektur

Ekspresi struktur terjadi ketika sistem pemikul beban tidak hanya menjalankan fungsi teknis, tetapi juga ditampilkan secara visual sebagai bagian utama dari bentuk dan pengalaman arsitektur [14], [15]. Kolom, kabel, rangka, busur, rusuk, serta elemen penahan lainnya dapat membentuk ritme, arah, keseimbangan, skala, dan persepsi ruang. Hubungan antara tubuh manusia, keseimbangan, dan sistem struktur juga menunjukkan bahwa bentuk struktural dapat dipahami tidak hanya secara mekanis, tetapi melalui pengalaman visual dan persepsi pengguna.

Ekspresi struktur menjadi penting pada arsitektur transportasi karena kebutuhan akan bentang yang luas, ruang sirkulasi yang terbuka, serta pengurangan kolom yang menghambat pergerakan. Dalam kondisi tersebut, sistem struktur sering menjadi pembentuk utama atap, ruang interior,

dan siluet bangunan. Perkembangan material, metode analisis, dan teknologi konstruksi juga memberikan kebebasan yang lebih besar untuk menghasilkan bentuk struktural yang tidak konvensional. Namun, kekuatan visual suatu struktur tidak selalu menunjukkan efisiensi material atau kesederhanaan konstruksi. Bentuk yang dipilih untuk tujuan estetis atau simbolik dapat menghasilkan sistem pembebanan yang lebih kompleks dibandingkan struktur konvensional[6].

Hubungan antara struktur, bentuk, dan seni terlihat kuat pada karya Santiago Calatrava. Elemen seperti pylon miring, kabel, busur asimetris, rangka lengkung, kolom bercabang, dan struktur rusuk ditempatkan sebagai unsur visual yang dominan. Pada beberapa karya, bentuk struktural menghasilkan komposisi yang mudah dikenali sebagai karya Calatrava seperti penggunaan elemen pylon miring, kabel, busur, kolom bercabang, dan rangka rusuk. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk dan sistem struktur dapat menghasilkan citra yang monumental dan ikonik [5], [6]. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis keunikan bentuk arsitektur transportasi karya Calatrava dan juga melihat bagaimana hubungannya dengan fungsi, ruang, teknologi, dan makna arsitektural.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kualitatif dengan pendekatan studi kasus komparatif. Objek penelitian terdiri atas lima fasilitas transportasi karya Santiago Calatrava Valls, yaitu Alamillo Bridge, Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station, Bohl Bus and Tram Stop, Sondica Airport, dan WTC Transportation Hub. Kelima objek dipilih karena mewakili fungsi dan skala transportasi yang berbeda serta menunjukkan penggunaan sistem struktur sebagai elemen visual yang dominan. Kriteria pemilihan studi kasus meliputi: (1) objek merupakan karya Santiago Calatrava yang telah direalisasikan; (2) memiliki fungsi utama sebagai fasilitas atau infrastruktur transportasi; (3) memperlihatkan sistem struktur sebagai elemen pembentuk ruang dan ekspresi visual yang dominan; (4) mewakili perbedaan tipologi, skala, dan kompleksitas sirkulasi; serta (5) memiliki dokumentasi yang memadai dan dapat dibandingkan, berupa foto, denah, tampak, potongan, atau penjelasan sistem struktur.

Data penelitian diperoleh melalui studi literatur dan dokumentasi sekunder, meliputi publikasi ilmiah, buku, laman resmi proyek, dokumentasi fotografis, serta gambar arsitektural berupa denah, tampak, potongan, dan diagram struktur yang diperoleh dari situs resmi Calatrava. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi

karakter dasar setiap objek dan hubungan antara sistem struktur, bentuk bangunan, serta organisasi ruang. Terdapat empat aspek dalam penyusunan tipologi karya arsitektur, yaitu sejarah dan teori arsitektur, penemuan, disposisi, dan gaya arsitektur [8] (Gambar 1). Keempat aspek tersebut digunakan sebagai landasan konseptual, kemudian dioperasionalkan menjadi tiga aspek utama yang dapat diamati pada setiap objek, yaitu fungsi, struktur, dan analogi visual. Hubungan antara ketiga aspek utama menghasilkan tiga aspek relasional. Hubungan fungsi dan struktur membentuk pemanfaatan ruang, hubungan struktur dan analogi visual membentuk teknologi, sedangkan hubungan fungsi dan analogi visual membentuk makna arsitektural.



Gambar 1. Diagram Item Analisis [8]

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakter Umum Objek Studi

Lima objek yang dianalisis memiliki fungsi, skala, periode pembangunan, dan sistem struktur yang berbeda, mulai dari jembatan, halte, dan stasiun hingga terminal bandara dan simpul transportasi multimoda. Perbedaan tersebut digunakan sebagai dasar untuk membandingkan cara Santiago Calatrava menampilkan struktur sebagai bagian utama dari bentuk arsitektur. Karakter umum setiap objek, meliputi lokasi, periode proyek, fungsi utama, sistem struktur dominan, dan material utama, disajikan pada Tabel 1.

4.1.1. Alamillo Bridge

Alamillo Bridge merupakan jembatan yang terletak di Sevilla, Spanyol, dan diselesaikan pada 1992 sebagai bagian dari pengembangan infrastruktur menuju kawasan La Cartuja. Jembatan ini berfungsi sebagai infrastruktur penghubung sekaligus penanda visual kawasan. Gambar 2 menunjukkan hasil analisis terhadap hubungan fungsi, struktur, teknologi, pemanfaatan ruang, analogi visual, dan makna arsitektural pada jembatan ini.

Tabel 1. Karakteristik Umum Objek Studi

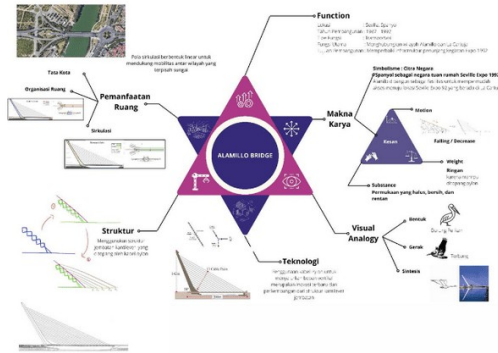
Objek; Lokasi	Periode proyek	Fungsi utama	Sistem struktur dominan	Material utama
 <i>Alamillo Bridge; Sevilla, Spanyol</i>	1987-1992	Jembatan	Sistem jembatan kantilever dengan kabel baja (<i>stay cables</i>)	Baja, kabel baja, dan beton bertulang
 <i>Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station; Colombier-Saugnieu, Prancis</i>	1989-1994	Stasiun kereta	Struktur bentang lebar baja dan beton bertulang berbentuk "V"	Baja, beton bertulang, dan kaca
 <i>Bohl Bus and Tram Stop; Marktplatz, St. Gallen, Swiss</i>	1989-1996	Halte bus dan trem	Rangka batang baja melengkung diombinasikan dengan atap kaca kantilever	Baja dan kaca laminasi
 <i>Sondica Airport; Loiu, Bilbao, Spanyol</i>	1990-2000	Bandara domestik dan internasional	Struktur busur beton bertulang bentang lebar yang terintegrasi dengan rangka baja ringan tanpa pilar interior	Baja, beton, kaca, dan aluminium
 <i>WTC Transportation Hub; Lower Manhattan, New York, Amerika Serikat</i>	2003-2016	Hub transportasi kereta bawah tanah	Struktur rusuk-rusuk baja melengkung (<i>steel ribs</i>) bentang lebar yang saling bertautan dan diperkuat oleh balok punggungan (<i>arch beam</i>)	Baja dan kaca

Ekspresi arsitekturnya didominasi oleh pylon tunggal yang dimiringkan ke belakang dan deretan kabel baja yang menopang dek jembatan. Berbeda dari jembatan kabel konvensional, Alamillo Bridge tidak menggunakan kabel penahan di belakang pylon. Keseimbangan struktur diperoleh melalui berat dan kemiringan pylon yang berfungsi sebagai

penyeimbang beban dek. Konfigurasi tersebut mempertahankan keterbukaan ruang di bawah jembatan sekaligus menghasilkan siluet yang kuat pada lanskap.

Secara visual, kemiringan pylon dan susunan kabel membentuk kesan dinamis, seolah-olah struktur sedang menarik, menahan, atau bersiap

bergerak. Bentuknya dapat diasosiasikan dengan tubuh burung yang mengangkat kepala dan membuka sayap. Penggunaan beton pada pylon dan baja pada kabel mendukung pembentukan struktur yang monumental dan ekspresif. Dengan demikian, sistem struktur Alamillo Bridge tidak hanya berfungsi sebagai pemikul beban, tetapi juga menjadi elemen utama yang membentuk identitas visual dan citra ikonik jembatan.



Gambar 2. Hasil Analisis Bangunan Alamillo Bridge

4.1.2. Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station

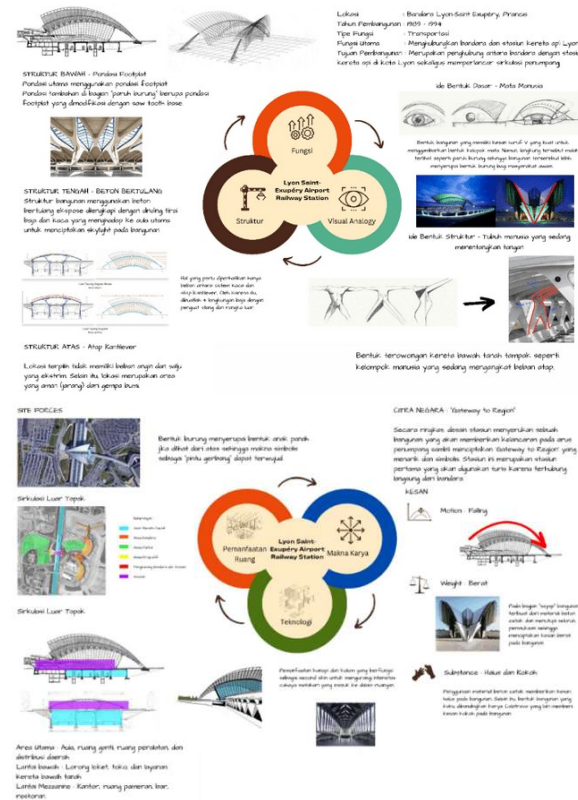
Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station terletak di kawasan Bandara Lyon-Saint Exupéry, Prancis, dan dibangun pada periode 1989-1994. Stasiun ini berfungsi menghubungkan jaringan kereta api dengan terminal bandara sekaligus mendukung kelancaran perpindahan penumpang. Gambar 3 menunjukkan hasil analisis hubungan fungsi, struktur, analogi visual, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna arsitektural pada bangunan tersebut. Organisasi ruangnya menempatkan jalur kereta pada bagian bawah, sedangkan aula utama, ruang peralihan, dan fasilitas pendukung berada pada bagian atas. Susunan ini membentuk hubungan vertikal yang jelas antara area kedatangan, keberangkatan, dan distribusi penumpang.

Ekspresi arsitekturnya dibentuk oleh perpaduan struktur beton bertulang dan rangka baja bentang lebar yang menopang atap melengkung. Elemen struktur bercabang dan berulung menciptakan ruang interior yang terbuka serta memungkinkan masuknya pencahayaan alami melalui bidang kaca. Secara visual, komposisi struktur membentuk konfigurasi menyerupai huruf V dan dapat diasosiasikan dengan tubuh manusia yang merentangkan tangan atau kelompok manusia yang menyangga beban atap. Kelengkungan atap dan arah elemen struktur menghasilkan kesan gerak jatuh dan terangkat secara bersamaan. Pada objek ini, struktur tidak hanya berfungsi membentuk ruang bentang

lebar, tetapi juga menghasilkan citra monumental yang memperkuat kedudukan stasiun sebagai gerbang menuju kawasan Lyon.

4.1.3. Bohl Bus and Tram Stop

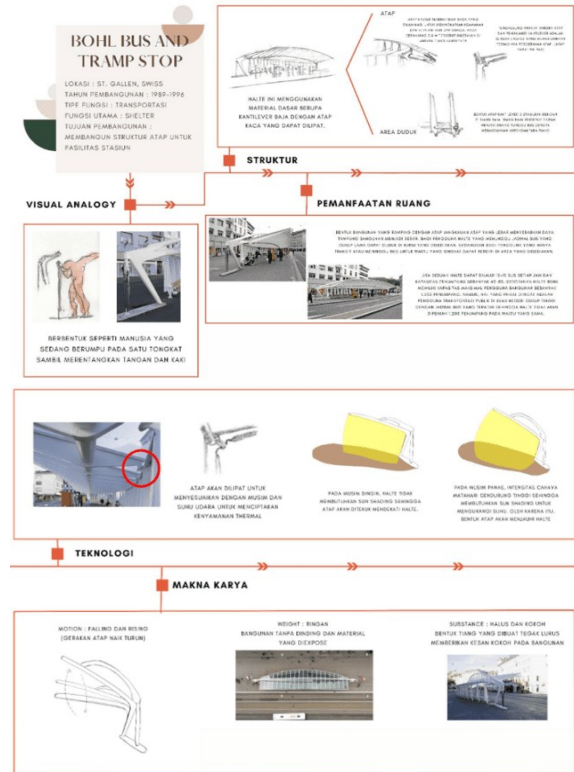
Bohl Bus and Tram Stop terletak di kawasan Marktplatz, St. Gallen, Swiss, dan dikembangkan pada periode 1989-1996 sebagai fasilitas pelindung bagi pengguna bus dan trem. Gambar 4 menunjukkan hasil analisis hubungan antara fungsi, struktur, analogi visual, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna arsitektural pada objek tersebut. Struktur utamanya berupa rangka batang baja melengkung sepanjang 40 meter yang membentang di antara dua penyangga. Dari rangka utama tersebut, elemen kantilever baja dan kaca menjorok untuk membentuk atap pelindung ruang tunggu. Susunan struktur ini menghasilkan ruang yang terbuka, transparan, dan tetap terhubung secara visual dengan lingkungan kota.



Gambar 3. Hasil Analisis Bangunan Lyon-Saint Exupéry Airport Railway Station

Penggunaan kaca laminasi dan elemen baja ramping memperkuat kesan ringan pada bangunan. Layar kaca di sekitar tempat duduk juga dirancang agar dapat disesuaikan menurut perubahan musim, sehingga memberikan perlindungan terhadap cuaca tanpa menghilangkan keterbukaan ruang tunggu.

Secara visual, kombinasi penyangga miring dan atap melengkung dapat diasosiasikan dengan tubuh manusia yang berdiri seimbang pada satu kaki sambil merentangkan tangan dan kaki. Kelengkungan struktur menghasilkan kesan gerak naik dan turun, sedangkan warna putih serta permukaan yang halus membentuk karakter yang ringan tetapi tetap kokoh. Berbeda dari objek Calatrava yang berskala monumental, citra ikonik Bohl Bus and Tram Stop terbentuk melalui struktur yang sederhana, transparan, dan mudah dikenali dalam konteks ruang jalan perkotaan.

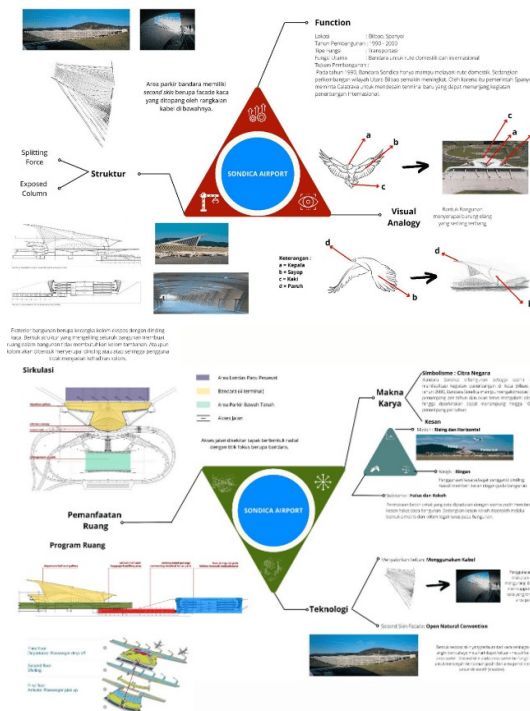


Gambar 4. Hasil Analisis Bangunan Bohl Bus and Tram Stop

4.1.4. Sondica Airport

Sondica Airport atau Bilbao Airport terletak di Loiu, sekitar 10 km di sebelah utara Kota Bilbao, Spanyol. Terminal ini dirancang pada periode 1990-2000 untuk melayani penerbangan domestik dan internasional. Gambar 5 menunjukkan hasil analisis hubungan antara fungsi, struktur, analogi visual, teknologi, pemanfaatan ruang, dan makna arsitektural pada terminal tersebut. Organisasi ruangnya berpusat pada aula besar dengan denah berbentuk segitiga yang mengikuti aliran penumpang menuju koridor linear dan gerbang keberangkatan. Jalur kendaraan juga dibedakan secara vertikal, dengan lantai atas untuk keberangkatan dan lantai bawah untuk kedatangan.

Ekspresi arsitekturnya didominasi oleh atap baja aerodinamis yang melengkung dan terangkat ke arah landasan. Struktur atap tersebut membentangi area administrasi, restoran, ruang tunggu, dan aula utama, sedangkan bidang kaca miring mempertahankan hubungan visual antara interior dan landasan pesawat. Bentuk bangunan secara keseluruhan dapat diasosiasikan dengan burung yang merentangkan sayap dan bersiap terbang, sehingga terminal ini dikenal dengan sebutan La Paloma atau "The Dove". menghasilkan kesan ringan sekaligus monumental. Pada objek ini, struktur tidak hanya membentuk ruang dan mendukung pergerakan penumpang, tetapi juga menghasilkan siluet yang kuat serta memperkuat citra terminal sebagai gerbang dan ikon arsitektur Bilbao.



Gambar 5. Hasil Analisis Bangunan Sondica Airport

4.1.5. WTC Transportation Hub

WTC Transportation Hub terletak di kawasan World Trade Center, Lower Manhattan, New York, Amerika Serikat, dan diselesaikan pada 2016. Bangunan ini berfungsi sebagai simpul transportasi yang menghubungkan jaringan kereta bawah tanah, jalur pedestrian, serta fasilitas komersial di kawasan World Trade Center. Organisasi ruangnya berpusat pada aula utama yang dikenal sebagai Oculus, dengan jalur sirkulasi yang menghubungkan berbagai moda transportasi dan bangunan di sekitarnya (Gambar 6).

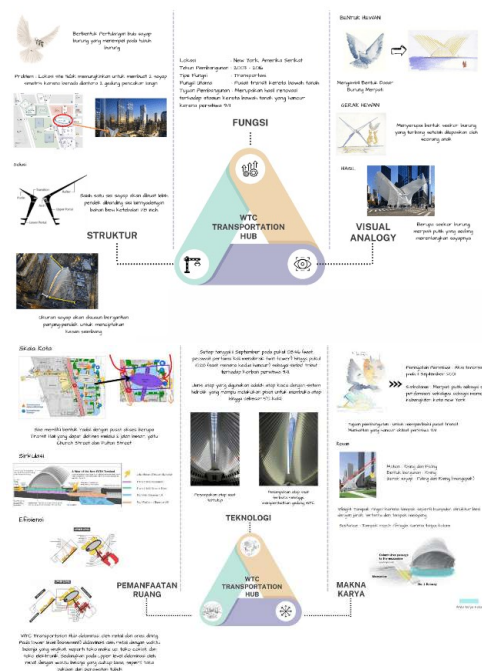
Tabel 2. Komparasi Objek Studi

Objek	Fungsi	Struktur dominan	Analogi visual	Teknologi dan material	Pemanfaatan ruang	Makna arsitektural
Alamillo Bridge	Jembatan	Pylon miring dan kabel	Tubuh atau burung yang bergerak	Beton dan kabel baja	Mempertahankan bentang dan keterbukaan di bawah jembatan	Landmark dan penanda lanskap
Lyon–Saint Exupéry Airport Railway Station	Stasiun kereta	Busur baja dan struktur beton bercabang	Sayap atau tubuh manusia menyangga atap	Baja, beton, dan kaca	Membentuk aula bentang lebar dan distribusi vertikal	Gerbang menuju kawasan Lyon
Bohl Bus and Tram Stop	Halte bus dan trem	Rangka baja melengkung dan kanopi kantilever	Tubuh manusia yang menjaga keseimbangan	Baja dan kaca laminasi	Membentuk ruang tunggu terbuka dan transparan	Identitas lokal pada skala jalan
Sondica Airport	Bandara domestik dan internasional	Atap melengkung bentang lebar	Burung dengan sayap terbuka	Baja, beton, kaca, dan aluminium	Membentuk aula terbuka dan aliran penumpang	Gerbang dan ikon Bilbao
WTC Transportation Hub	Hub transportasi kereta bawah tanah	Rusuk-rusuk baja repetitif	Burung atau merpati membuka sayap	Baja dan kaca	Membentuk aula monumental dan orientasi sirkulasi	Simbol pemulihan dan harapan

Ekspresi arsitekturnya didominasi oleh pengulangan rusuk-rusuk baja yang membentuk struktur, selubung, dan ruang interior secara bersamaan. Rusuk tersebut tersusun pada kedua sisi bangunan dan dihubungkan oleh elemen longitudinal sebagai tulang punggung struktur. Pengulangan elemen menciptakan ritme yang kuat, mengarahkan pandangan ke bagian atas, dan memungkinkan cahaya alami masuk melalui celah atap. Secara visual, bentuk bangunan diasosiasikan dengan seekor burung atau merpati yang merentangkan sayap, sebagai simbol harapan, kebebasan, dan pemulihan kawasan setelah tragedi 11 September. Struktur WTC Transportation Hub dengan demikian tidak hanya menghasilkan ruang transit bentang lebar, tetapi juga membentuk pengalaman ruang monumental dan citra ikonik yang kuat di kawasan World Trade Center.

4.2. Sintesis Tipologi Bangunan Transportasi Calatrava

Hasil komparasi menunjukkan bahwa struktur menjadi unsur visual dominan pada seluruh objek, meskipun diwujudkan melalui sistem dan skala yang berbeda (Gambar 2). Alamillo Bridge menggunakan pylon tunggal miring sebagai pusat komposisi, sedangkan WTC Transportation Hub membentuk citranya melalui repetisi rusuk baja. Lyon–Saint Exupéry Airport Railway Station dan Sondica Airport menggunakan struktur melengkung bentang lebar untuk membentuk ruang transit monumental, sementara Bohl Bus and Tram Stop menerapkan ekspresi serupa melalui kanopi yang lebih ringan dan terbuka.



Gambar 5. Hasil Analisis Bangunan WTC Transportation Hub

Kesamaan antarkarya tidak terletak pada penggunaan satu sistem struktur yang identik, tetapi pada kecenderungan menampilkan struktur secara eksplisit sebagai pembentuk arsitektur. Kolom, kabel, busur, pylon, dan rusuk tidak disembunyikan di balik selubung, melainkan digunakan untuk membentuk siluet, ritme, orientasi, dan pengalaman ruang. Kemiringan, kelengkungan, percabangan, dan repetisi struktur juga menghasilkan kesan gerak.

Analogi terhadap tubuh manusia, burung, dan sayap terlihat pada beberapa objek, tetapi diwujudkan melalui konfigurasi yang berbeda. Analogi tersebut lebih tepat dipahami sebagai representasi formal dan simbolik daripada penerapan prinsip biologis secara langsung. Struktur dengan demikian berfungsi sebagai bahasa visual yang menghubungkan kebutuhan teknis dengan bentuk organik dan makna arsitektural.

Ekspresi struktur yang kuat membuat objek transportasi mudah dikenali dan berkontribusi terhadap citra tempat. Infrastruktur transportasi dapat berperan sebagai gerbang, proyek unggulan, dan simbol kawasan apabila memiliki karakter arsitektur yang kuat [2]. Namun, kekuatan visual tidak selalu menunjukkan efisiensi struktural atau material. Bentuk monumental dapat menghasilkan sistem pembebanan dan konstruksi yang lebih kompleks daripada struktur konvensional [5], [6]. Oleh karena itu, karakter ikonik karya Calatrava perlu dipahami sebagai hasil hubungan antara kebutuhan fungsi, sistem struktur, teknologi, analogi visual, dan makna simbolik.

Sintesis tipologi bangunan transportasi yang dirancang oleh Santiago Calatrava menunjukkan adanya pola arsitektur yang teratur dalam menampilkan sistem strukturnya. Beberapa pola kunci yang teridentifikasi dari objek yang diteliti mencakup penggunaan struktur miring dan kabel sebagai representasi gerak dinamis dalam infrastruktur penghubung, serta penerapan atap melengkung yang menggambarkan sayap atau makhluk, memberikan karakter manusiawi pada bangunan. Lebih jauh, adanya kanopi ringan bertujuan untuk menciptakan ruang transit perkotaan yang responsif terhadap ukuran manusia dan lingkungan, sedangkan penggunaan struktur rusuk besar memiliki peranan signifikan dalam membentuk area publik utama yang dramatis di dalam ruang interior maupun terminal. Semua elemen yang dikombinasikan tersebut pada akhirnya bergantung pada penerapan teknologi sebagai pendukung utama realisasi bentuk-bentuk yang tidak konvensional, sehingga bisa menyatukan batasan antara fungsi teknis struktur dan estetika ekspresionisme secara holistik.

5. KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan bahwa bangunan transportasi karya Santiago Calatrava Valls memiliki kecenderungan tipologis yang dibentuk oleh hubungan antara fungsi mobilitas dan ekspresi struktur. Pada objek yang dianalisis, struktur tidak hanya berperan sebagai sistem konstruksi, tetapi juga menjadi elemen visual yang membentuk bentuk

massa, pengalaman ruang, dan citra gerak. Kecenderungan tersebut tampak melalui penggunaan pylon miring, kabel, rangka atap melengkung, kanopi ringan, serta struktur rusuk monumental.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada jumlah kasus yang terbatas serta penggunaan data sekunder, sehingga hasilnya belum dapat mewakili seluruh karya Calatrava maupun membuktikan kinerja struktur secara kuantitatif. Penelitian selanjutnya dapat memperluas jumlah dan jenis objek, membandingkan perkembangan karya berdasarkan periode, serta menggabungkan analisis struktur, ruang, dan persepsi pengguna untuk memperkuat temuan tipologis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Tuvikene, W. Sgibnev, W. Kęłowski, and J. Finch, "Public transport as public space: Introduction," *Urban Studies*, vol. 60, no. 15, pp. 2963–2978, Nov. 2023, doi: 10.1177/00420980231203106.
- [2] G. Warnaby, "Non-place marketing: Transport hubs as gateways, flagships and symbols?," *Journal of Place Management and Development*, vol. 2, no. 3, pp. 211–219, 2009, doi: 10.1108/17538330911013906.
- [3] Z. Torabi and S. Berahman, "Effective factors in shaping the identity of architecture," vol. 15, pp. 106–113, Jan. 2013, doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.15.1.2357.
- [4] M. A. E. Saleh, "Place identity: The visual image of Saudi Arabian cities," *Habitat Int.*, vol. 22, no. 2, pp. 149–164, Jun. 1998, doi: 10.1016/S0197-3975(97)00033-7.
- [5] J. K. Guest, P. Draper, and D. P. Billington, "Santiago Calatrava's Alamillo Bridge and the Idea of the Structural Engineer as Artist," *Journal of Bridge Engineering*, vol. 18, no. 10, pp. 936–945, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000445.
- [6] J. J. Jorquera-Lucerga, "Understanding Calatrava's bridges: A conceptual approach to the 'La Devesa-type' footbridges," *Eng. Struct.*, vol. 56, pp. 2083–2097, 2013, doi: 10.1016/j.engstruct.2013.08.026.
- [7] K. Borsi, T. Finney, and P. Philippou, "Architectural type and the discourse of urbanism," *The Journal of Architecture*, vol. 23, no. 7–8, pp. 1093–1103, 2018, doi: 10.1080/13602365.2018.1513478.
- [8] S. Jacoby, "Typal and typological reasoning: a diagrammatic practice of architecture," *The Journal of Architecture*,

- vol. 20, no. 6, pp. 938–961, Nov. 2015, doi: 10.1080/13602365.2015.1116104.
- [9] S. Jacoby, *Drawing Architecture and the Urban*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2016. doi: 10.1002/9781118879504.
 - [10] Z. A. A. E. Elmoghazy, H. M. N. Afify, and B. M. Alzenifeer, “Redefining Airport Terminal Design Through Identity Indicators—Case Studies from Airport Terminals in Saudi Arabia,” *Buildings*, vol. 15, no. 8, p. 1261, Apr. 2025, doi: 10.3390/buildings15081261.
 - [11] Y. Bao and Y. Sun, “From Node to Cultural Interface: A Node–Place–Narrative Framework for Contemporary Railway Station Buildings,” *Buildings*, vol. 16, no. 13, p. 2679, Jul. 2026, doi: 10.3390/buildings16132679.
 - [12] Ö. F. Ağırsoy, F. Monteleone, M. Triggianese, and F. Berlingieri, “Thick mapping mobility: a design-driven research for the architecture of interchanges,” *CoDesign*, pp. 1–19, Mar. 2026, doi: 10.1080/15710882.2026.2636189.
 - [13] S. Wang, T. Kotnik, J. Schwartz, and T. Cao, “Equilibrium as the common ground: Introducing embodied perception into structural design with graphic statics,” *Frontiers of Architectural Research*, vol. 11, no. 3, pp. 574–589, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.foar.2022.01.001.
 - [14] L. Frattari, J. P. Dagg, and G. Leoni, “Conceptual design of a pedestrian bridge by means of topology optimization,” in *Structures and Architecture*, CRC Press, 2013, pp. 258–265. doi: 10.1201/b15267-31.
 - [15] A. Charleson, *Structure As Architecture*. Routledge, 2006. doi: 10.4324/9780080457130.