

PERPUSTAKAAN DIGITAL TANPA BUKU

Evolusi dan Impak Teknologi Dalam Ruang Rekabentuk

Ar. Idr. Tan Bee Eu¹

Senibina, Perumahan, Bangunan dan Perancangan, Universiti Sains Malaysia, MALAYSIA.

*Penulis utama: beu@usm.my

Abstrak

Perpustakaan digital muncul sebagai tipologi seni bina baharu yang mencerminkan perubahan mendasar terhadap cara manusia berinteraksi dengan maklumat, ruang, dan teknologi. Evolusi ini bukan sekadar proses digitalisasi sistem katalog atau koleksi buku, tetapi suatu transformasi menyeluruh yang mencabar struktur, fungsi, dan falsafah perpustakaan konvensional. Ketiadaan koleksi fizikal dalam bentuk buku bercetak telah mempengaruhi keperluan spatial dan operasi, menjadikan perpustakaan digital lebih padat, cekap dan mampan dari segi tenaga, pengurusan, serta kos penyenggaraan.

Kertas kerja ini menelusuri bagaimana penghapusan rak fizikal dan ruang penyimpanan besar telah menghasilkan reka bentuk yang lebih lean — iaitu bangunan yang optimum dari segi penggunaan tenaga, tenaga kerja, dan bahan binaan. Melalui pendekatan analisis tipologi dan interpretasi seni bina, penulis menilai semula hubungan antara ruang fizikal dan maya (hybrid information environments) serta implikasinya terhadap prestasi bangunan (building performance). Kajian ini berasaskan pemerhatian profesional terhadap pengalaman reka bentuk perpustakaan digital di Malaysia, dengan memberi tumpuan kepada kecekapan spatial, pengurangan beban mekanikal (HVAC), keanjalan fungsi ruang, serta keberkesanan interaksi pengguna.

Perbandingan antara tipologi perpustakaan tradisional dan digital membuktikan bahawa prestasi seni bina boleh ditingkatkan melalui gangguan holistik (holistic disruption) terhadap model konvensional. Apabila fungsi penyimpanan digantikan dengan sistem awan dan akses dalam talian, ruang fizikal dapat dioptimumkan untuk aktiviti pembelajaran, kolaborasi, dan inovasi sosial. Dalam konteks ini, perpustakaan tidak lagi berperanan sebagai arkib bahan, tetapi sebagai ekosistem pengetahuan (knowledge ecosystem) yang menggabungkan fleksibiliti spatial, efisiensi tenaga, dan reka bentuk berpusatkan manusia.

Kertas ini menegaskan bahawa transformasi digital bukan ancaman kepada nilai asas perpustakaan, tetapi suatu peluang untuk memperkukuh prestasi fizikal dan sosial bangunan melalui reka bentuk adaptif dan strategi kelestarian yang menyeluruh. Perpustakaan masa hadapan yang berjaya ialah yang mampu mengekalkan keseimbangan antara manusia, maklumat dan ruang — mencipta suasana pembelajaran yang bukan sahaja efisien dari segi teknikal, tetapi juga bermakna dari segi pengalaman dan impak budaya.

Kata kunci: Perpustakaan Digital, Tipologi Seni Bina, Prestasi Bangunan, Reka Bentuk Lean, Ruang Adaptif, Kelestarian Pengetahuan

Article history:

Submitted: 27/10/2025; Revised: 18/11/2025; Accepted: 20/12/2025; Online: 24/12/2025

1.0 PENGENALAN

Perpustakaan, sejak berabad lamanya, merupakan simbol tamadun manusia yang mencerminkan keinginan kolektif untuk menyimpan, mengurus, dan menyebarkan ilmu pengetahuan. Secara tradisional, perpustakaan fizikal dibina dengan tujuan utama sebagai tempat penyimpanan koleksi bercetak — ruang yang diatur berdasarkan sistem katalog, rak buku dan zon bacaan yang bersifat senyap serta formal. Dalam konteks seni bina, tipologi perpustakaan telah lama ditakrifkan oleh skala bangunan yang besar, keperluan penyimpanan intensif, dan sistem kawalan persekitaran dalaman yang kompleks bagi melindungi bahan bercetak daripada degradasi fizikal. Namun, landskap ini mula berubah apabila gelombang digitalisasi maklumat mula mengambil tempat dalam ekosistem ilmu.

Kemunculan perpustakaan digital menandakan titik peralihan penting dalam sejarah seni bina perpustakaan. Evolusi ini bukan sekadar hasil kemajuan teknologi maklumat, tetapi juga manifestasi perubahan sosial, budaya dan ekonomi yang menggeser peranan perpustakaan daripada sekadar

repositori bahan kepada platform dinamik bagi pertukaran idea, kolaborasi, dan inovasi. Dalam konteks ini, perpustakaan digital menandakan peralihan paradigma daripada *space of storage* kepada *space of experience* — di mana nilai seni bina tidak lagi terletak pada keagungan fizikal atau saiz koleksi, tetapi pada keupayaannya menyediakan ruang yang fleksibel, berhubung, dan inklusif terhadap pelbagai mod pembelajaran.

Secara konseptual, penghapusan koleksi fizikal dalam perpustakaan digital membawa implikasi besar terhadap reka bentuk dan prestasi bangunan. Tanpa keperluan rak, ruang arkib dan kemudahan penyimpanan besar, reka bentuk perpustakaan dapat dikurangkan kepada struktur yang lebih padat dan cekap. Pendekatan *lean architecture* ini bukan sahaja mengurangkan keluasan lantai yang diperlukan, tetapi turut menurunkan penggunaan tenaga bagi kawalan suhu, pencahayaan dan pengudaraan. Kajian awal menunjukkan bahawa perpustakaan digital memerlukan sehingga 40–60% kurang tenaga operasi berbanding perpustakaan konvensional dengan kapasiti koleksi fizikal berskala besar. Pengurangan tersebut memberi kesan langsung terhadap kos penyelenggaraan, ketahanan jangka panjang, dan indeks prestasi bangunan secara keseluruhan.

Dalam perspektif seni bina, fenomena ini boleh ditafsir sebagai bentuk *holistic disruption* terhadap tipologi tradisional. Transformasi ini bukan semata-mata penggantian fungsi rak buku dengan pelayan digital, tetapi satu reka bentuk semula menyeluruh terhadap sistem spatial, struktur organisasi, dan pengalaman pengguna. Ruang yang sebelum ini dikhususkan untuk penyimpanan kini boleh diubah menjadi zon kolaborasi, ruang interaktif atau makmal pembelajaran digital. Hasilnya ialah bangunan yang bukan sahaja lebih efisien, tetapi juga lebih bermakna dari segi fungsi sosial dan kognitif.

Pada masa yang sama, konsep perpustakaan digital memperkenalkan dimensi baharu terhadap konsep prestasi bangunan. Jika sebelum ini prestasi sering dinilai berdasarkan kecekapan tenaga, akustik, dan termal semata-mata, kini ia turut melibatkan *performativiti pengetahuan* — sejauh mana bangunan mampu merangsang pembelajaran, interaksi, dan pertumbuhan intelektual penggunanya. Dalam konteks ini, perpustakaan digital menjadi platform fizikal yang menyokong ekosistem maklumat secara hibrid, menggabungkan antara infrastruktur digital dan seni bina ruang sebagai sistem pengetahuan yang saling melengkapi.

Dari sudut konteks tempatan, evolusi tipologi perpustakaan digital di Malaysia memperlihatkan perubahan ketara dalam tempoh dua dekad terakhir. Institusi seperti Perpustakaan Negara Malaysia, Perpustakaan Awam Negeri serta perpustakaan universiti telah mula mengadaptasi pendekatan digital bukan sahaja dari segi sistem pengurusan maklumat, tetapi juga dalam reka bentuk spatial dan operasi. Projek seperti Perpustakaan Digital Pulau Pinang (Penang Digital Library) dan Perpustakaan Digital Kedah misalnya, memperlihatkan bagaimana bangunan yang lebih kecil, minimalis dan terbuka mampu menawarkan tahap akses, produktiviti dan kepuasan pengguna yang setara, malah lebih baik daripada perpustakaan tradisional berskala besar.

Contoh-contoh ini menunjukkan bahawa keberkesanan seni bina tidak lagi ditentukan oleh kuantiti ruang atau saiz fizikal, tetapi oleh keupayaan bangunan untuk menyesuaikan diri dengan perubahan fungsi dan teknologi. Dalam erti kata lain, prestasi seni bina masa kini harus difahami sebagai gabungan kecekapan tenaga, keanjalan penggunaan, dan keupayaan ruang untuk terus relevan dalam menghadapi evolusi budaya ilmu.

Kertas kerja ini bertujuan untuk menilai semula bagaimana transformasi digital dapat membentuk semula definisi prestasi bangunan dan memperkukuh kefahaman terhadap tipologi perpustakaan sebagai sistem pengetahuan yang dinamik. Melalui perbandingan antara tipologi tradisional dan digital, kajian ini berusaha membuktikan bahawa model perpustakaan konvensional; mampu diolah dengan kemudahan teknologi dalam menghasilkan bangunan yang lebih cekap, bermakna dan berdaya tahan terhadap perubahan masa depan.

2.0 LATAR BELAKANG KAJIAN

EVOLUSI TIPOLOGI PERPUSTAKAAN TRADISIONAL DAN TRANSFORMASI DIGITAL

Perpustakaan secara tradisional telah berfungsi sebagai salah satu institusi terpenting dalam pembangunan intelektual dan sosial manusia. Evolusinya mencerminkan perubahan dalam cara masyarakat mengurus, menyebarkan dan mengekalkan ilmu pengetahuan. Pada peringkat awal, perpustakaan berperanan sebagai tempat penyimpanan naskhah berharga dan manuskrip yang hanya boleh diakses oleh golongan elit atau cendekiawan tertentu. Namun, dengan berlalunya masa dan berkembangnya kesedaran terhadap hak pendidikan sejagat, fungsi perpustakaan mula beralih daripada institusi eksklusif kepada ruang awam yang terbuka dan inklusif.

Dalam konteks sejarah seni bina, perpustakaan telah berkembang seiring dengan perubahan struktur sosial dan teknologi. Dari perpustakaan biara zaman pertengahan hingga ke institusi awam moden, setiap era memperlihatkan penyesuaian bentuk dan fungsi terhadap keperluan zamannya.

Tipologi perpustakaan yang wujud hari ini bukan hasil ciptaan tunggal, tetapi hasil daripada proses transformasi berterusan yang melibatkan inovasi teknologi, perubahan sosial dan evolusi pedagogi. Perpustakaan tradisional pada dasarnya beroperasi berasaskan konsep ruang fizikal sebagai tempat berinteraksi dengan bahan bacaan, berkomunikasi dan menimba ilmu secara langsung. Ia berfungsi bukan sahaja sebagai pusat maklumat, tetapi juga sebagai simbol kemajuan dan identiti intelektual sesebuah masyarakat. Dalam konteks ini, tipologi perpustakaan tradisional dapat dikategorikan kepada beberapa peranan utama yang membentuk asas kepada fungsi perpustakaan digital masa kini.

2.1 Pusat Komuniti

Sebagai pusat komuniti, perpustakaan tradisional berfungsi sebagai ruang yang menyatukan masyarakat pelbagai latar belakang. Ia bukan sekadar tempat membaca, tetapi juga platform sosial di mana aktiviti kemasyarakatan, bengkel latihan dan program pembangunan komuniti dilaksanakan. Dalam banyak keadaan, perpustakaan menjadi ruang awam yang selamat dan neutral, membolehkan interaksi sosial berlaku secara bebas dan konstruktif. Dari perspektif seni bina, reka bentuk perpustakaan sebagai pusat komuniti menekankan konsep keterbukaan, kebolehcapaian dan keselesaan pengguna. Ruang bacaan disusun untuk menggalakkan interaksi sosial tanpa menjejaskan tumpuan individu. Dalam konteks ini, seni bina perpustakaan tradisional menjadi lambang perpaduan masyarakat serta wadah pembentukan modal sosial. Peranan ini kekal penting dalam era digital kerana perpustakaan masih berfungsi sebagai tempat fizikal yang menghubungkan manusia dengan manusia, walaupun banyak interaksi kini berlaku di ruang maya.

2.2 Pusat Informasi Komuniti

Fungsi perpustakaan sebagai pusat informasi komuniti menegaskan peranannya dalam menyediakan maklumat semasa yang relevan dengan keperluan masyarakat setempat. Dalam struktur sosial yang lebih luas, perpustakaan menjadi sumber utama untuk mendapatkan berita, dasar kerajaan, peluang pekerjaan, dan perkembangan semasa. Ia membantu mengurangkan jurang maklumat antara golongan berpendidikan tinggi dan masyarakat umum.

Dari segi reka bentuk bangunan, fungsi ini menuntut keanjalan ruang untuk menampung pelbagai bentuk maklumat yang sentiasa berubah. Misalnya, ruang pameran, kiosk maklumat dan sudut digital diperkenalkan untuk memudahkan akses kepada sumber terkini. Walaupun teknologi kini mengambil alih banyak fungsi penyebaran maklumat, prinsip asas perpustakaan sebagai pusat informasi kekal relevan kerana ia menyediakan lapisan kredibiliti dan pengesahan yang tidak dapat dijamin oleh platform digital tanpa kurasi.

2.3 Pusat Sokongan Pendidikan Formal

Perpustakaan tradisional juga memainkan peranan utama sebagai pusat sokongan pendidikan formal. Ia menjadi pelengkap kepada sistem pendidikan dengan menyediakan bahan bacaan tambahan dan rujukan yang membantu proses pengajaran dan pembelajaran. Pelajar, pendidik dan penyelidik menjadikan perpustakaan sebagai sumber rujukan yang dipercayai, di mana maklumat disusun, dikatalogkan dan disahkan secara sistematik.

Fungsi ini menuntut reka bentuk ruang yang kondusif kepada pembelajaran fokus, termasuk ruang membaca individu, bilik perbincangan kumpulan kecil dan kemudahan rujukan. Perpustakaan universiti, misalnya, dibangunkan berdasarkan hierarki fungsi yang jelas antara kawasan senyap untuk kajian dan kawasan aktif untuk interaksi akademik. Dalam konteks prestasi bangunan, aspek seperti pencahayaan semula jadi, kawalan bunyi dan susun atur ergonomik menjadi kriteria utama dalam menilai keberkesanan ruang sokongan pendidikan.

2.4 Pusat Pembelajaran Kendiri

Konsep pembelajaran sendiri muncul sebagai lanjutan kepada fungsi pendidikan formal. Dalam persekitaran tradisional, perpustakaan menyediakan ruang bagi individu yang ingin menimba ilmu mengikut kadar dan minat sendiri. Ia menjadi simbol kepada pembelajaran sepanjang hayat, di mana ilmu tidak lagi terhad kepada sistem pendidikan formal.

Dari sudut reka bentuk, fungsi ini menuntut perpustakaan untuk menyediakan suasana yang fleksibel dan tenang. Keadaan akustik yang baik, perabot yang ergonomik dan pencahayaan yang sesuai meningkatkan tumpuan dan keselesaan pengguna. Lebih penting lagi, perpustakaan sebagai ruang pembelajaran sendiri mencerminkan tanggungjawab sosial institusi terhadap pembangunan modal insan yang berterusan. Dalam konteks masa kini, peranan ini diteruskan melalui platform digital

dan ruang hibrid yang membolehkan pengguna belajar di mana sahaja, namun nilai asas perpustakaan sebagai ruang refleksi dan renungan diri masih tidak dapat digantikan.

2.5 Perpustakaan Bahan Popular

Peranan ini menunjukkan bahawa perpustakaan bukan hanya berfungsi untuk tujuan akademik, tetapi juga untuk memenuhi keperluan hiburan dan pembacaan umum masyarakat. Koleksi bahan popular seperti novel, majalah, dan buku bukan fiksyen memperluas akses ilmu kepada lapisan masyarakat yang lebih luas. Ia memperkukuh budaya membaca dan menjadikan perpustakaan tempat yang inklusif dan mesra pengguna.

Dari segi tipologi, fungsi ini menuntut suasana ruang yang lebih santai dan tidak formal. Reka bentuk dalaman sering menekankan warna yang lembut, susun atur fleksibel, serta kemudahan yang mudah diakses. Peranan perpustakaan bahan popular menjadi asas kepada idea perpustakaan sebagai tempat yang menyeronokkan untuk dikunjungi, bukan semata-mata tempat akademik yang kaku. Dalam era digital, fungsi ini diterjemah melalui perpustakaan maya yang menawarkan bahan bacaan ringan dan interaktif, mengekalkan semangat literasi dalam bentuk baharu.

2.6 Pintu Pembelajaran untuk Kanak-kanak Prasekolah

Perpustakaan tradisional juga memainkan peranan penting dalam memperkenalkan konsep literasi awal kepada kanak-kanak. Melalui program membaca interaktif, aktiviti bercerita dan bahan bacaan bergambar, perpustakaan menjadi pintu pertama bagi kanak-kanak memasuki dunia ilmu. Ia berfungsi sebagai asas kepada pembentukan tabiat membaca serta perkembangan kognitif di peringkat awal.

Dari perspektif seni bina, ruang untuk kanak-kanak biasanya direka dengan skala, warna dan tekstur yang sesuai dengan tahap umur mereka. Penekanan diberikan kepada keselamatan, keselesaan dan keakraban suasana. Fungsi ini membuktikan bahawa perpustakaan tradisional bukan sahaja institusi akademik, tetapi juga tempat yang memupuk imaginasi, kreativiti dan minat terhadap pembelajaran sejak usia muda. Dalam era digital, peranan ini berkembang dengan sokongan teknologi seperti aplikasi bacaan interaktif dan platform pembelajaran berasaskan permainan, namun nilai interaksi fizikal dan sosial dalam ruang perpustakaan kekal tidak ternilai.

2.7 Perpustakaan Rujukan

Sebagai perpustakaan rujukan, institusi ini menyediakan sumber maklumat yang tepat, lengkap dan terkini untuk kegunaan umum dan penyelidikan. Ia menekankan prinsip kesahihan maklumat serta penyusunan sistematik sumber ilmu. Dalam perpustakaan tradisional, ruang rujukan biasanya direka dengan suasana senyap dan formal, menandakan kepentingan tumpuan serta disiplin akademik.

Fungsi ini memperlihatkan dimensi epistemologi perpustakaan, iaitu sebagai penjaga kebenaran dan ketepatan maklumat. Dalam konteks seni bina, susun atur ruang rujukan mencerminkan hierarki intelektual, di mana pengguna mendekati maklumat melalui proses penapisan dan penyelidikan yang teratur. Walaupun akses digital kini memudahkan carian maklumat, keperluan terhadap kesahihan dan autoriti sumber menjadikan fungsi perpustakaan rujukan kekal signifikan dalam sistem ilmu moden.

2.8 Pusat Penyelidikan

Fungsi terakhir yang membentuk tipologi tradisional ialah peranan perpustakaan sebagai pusat penyelidikan. Ia menyediakan ruang dan sumber yang membolehkan penyelidik menjalankan kajian, mengumpul data serta menghasilkan pengetahuan baharu. Perpustakaan berfungsi sebagai pemangkin inovasi, tempat pertemuan idea serta wadah pertukaran ilmu antara disiplin.

Dalam konteks seni bina, ruang penyelidikan biasanya direka bagi memenuhi keperluan privasi, kejelasan fokus dan akses kepada sumber yang pelbagai. Perpustakaan universiti sering menempatkan bilik penyelidikan khas yang dilengkapi kemudahan teknologi dan sistem katalog lanjutan. Dari perspektif prestasi bangunan, aspek keselesaan terma, pencahayaan semula jadi dan pengudaraan memainkan peranan penting dalam meningkatkan produktiviti pengguna.

Setiap tipologi di atas menggambarkan peranan yang kompleks dan berlapis dalam fungsi perpustakaan. Walaupun berakar daripada tradisi, kesemua peranan ini kini sedang melalui proses transformasi besar akibat digitalisasi dan perubahan pola pembelajaran manusia. Bahagian seterusnya akan membincangkan **peralihan ke arah tipologi perpustakaan digital**, serta bagaimana prinsip seni bina dan prestasi bangunan dapat disesuaikan bagi menyokong keperluan baharu dalam era pasca-digital.

3.0 IMPAK KAJIAN

Evolusi ke Arah Tipologi Perpustakaan Digital dan Hubungannya dengan Prestasi Bangunan

Peralihan daripada perpustakaan tradisional kepada perpustakaan digital menandakan perubahan paradigma yang mendalam dalam hubungan antara manusia, ruang dan maklumat. Evolusi ini tidak hanya berpunca daripada kemajuan teknologi maklumat, tetapi turut didorong oleh perubahan sosial, ekonomi, dan pedagogi yang berlaku secara global. Dalam dunia yang semakin terkoneksi, pengguna kini tidak lagi melihat perpustakaan sebagai tempat menyimpan buku, tetapi sebagai ruang akses tanpa sempadan kepada ilmu dan pengalaman kolektif manusia. Kelahiran perpustakaan digital menuntut pemikiran semula terhadap asas tipologi seni bina perpustakaan. Reka bentuk bangunan kini tidak lagi berpusat kepada koleksi fizikal, tetapi kepada pengalaman pengguna (user experience), kebolehsuaian ruang, serta kecekapan sistem digital yang menyokong pembelajaran dan penyelidikan. Oleh itu, transformasi ini perlu difahami bukan hanya sebagai inovasi teknologi, tetapi sebagai satu evolusi tipologi seni bina pengetahuan, di mana fungsi, bentuk dan prestasi digabungkan dalam satu ekosistem maklumat yang dinamik.

3.1 Perubahan Asas dalam Struktur dan Fungsi

Perpustakaan digital memperkenalkan perubahan yang menyeluruh dalam struktur operasi dan fungsi ruang. Koleksi bahan bacaan tidak lagi terhad kepada bentuk fizikal seperti buku atau majalah, tetapi merangkumi pangkalan data elektronik, jurnal dalam talian, video, dan bahan multimedia interaktif. Akses kepada sumber ini berlaku melalui rangkaian digital yang boleh dicapai di mana-mana sahaja, pada bila-bila masa. Perubahan ini membawa implikasi besar terhadap seni bina perpustakaan. Keperluan ruang simpanan fizikal yang dahulunya mendominasi reka bentuk kini semakin berkurangan, memberi peluang untuk mencipta ruang-ruang baharu yang lebih berorientasikan manusia dan aktiviti. Sebagai contoh, kawasan rak buku yang luas kini digantikan dengan ruang kolaboratif, makmal inovasi, studio digital, dan zon pembelajaran aktif. Daripada perspektif prestasi bangunan, peralihan ini membawa cabaran dan peluang baharu. Penggunaan tenaga berubah daripada penekanan pada pencahayaan dan kawalan suhu untuk koleksi buku, kepada keperluan penyediaan sistem pelayan (server), peralatan elektronik dan kemudahan teknologi tinggi. Justeru, prestasi tenaga dan sistem pengudaraan perlu direka secara strategik untuk menyokong operasi digital yang berterusan tanpa menjejaskan keselesaan pengguna.

3.2 Integrasi Teknologi dan Reka Bentuk Ruang

Perpustakaan digital menuntut integrasi yang erat antara teknologi dan reka bentuk fizikal. Ia bukan lagi dua entiti yang berasingan, tetapi beroperasi sebagai satu sistem yang saling melengkapi. Reka bentuk seni bina perlu mempertimbangkan aspek infrastruktur digital, termasuk sambungan internet berkelajuan tinggi, sistem rangkaian tanpa wayar, keselamatan data dan kemudahan pengecasan tenaga yang mesra pengguna. Namun begitu, integrasi teknologi ini tidak boleh dilihat sebagai penggantian mutlak terhadap fungsi fizikal. Sebaliknya, ia perlu menyokong pengalaman spatial yang holistik. Perpustakaan digital yang berjaya ialah yang mampu mengimbangi kecekapan teknologi dengan kehangatan ruang fizikal. Kajian menunjukkan bahawa walaupun pengguna semakin terbiasa dengan akses dalam talian, keperluan terhadap ruang fizikal untuk refleksi, tumpuan dan interaksi sosial masih wujud secara mendalam.

Dari sudut prestasi bangunan, ini menuntut reka bentuk yang responsif terhadap perilaku pengguna digital. Misalnya, zon pembelajaran kolaboratif perlu diasingkan daripada kawasan senyap bagi mengawal akustik, sementara sistem pencahayaan perlu disesuaikan bagi mengurangkan silau pada skrin digital. Reka bentuk dalaman yang fleksibel dan modular membolehkan ruang diubah suai mengikut perubahan teknologi atau keperluan operasi tanpa melibatkan kos besar.

3.3 Perpustakaan Sebagai Ruang Sosial dan Emosional

Walaupun fungsi digital semakin mendominasi, perpustakaan kekal sebagai ruang sosial yang penting. Ia berfungsi sebagai tempat pertemuan idea, interaksi budaya dan pembentukan komuniti pembelajaran. Dalam konteks ini, peranan seni bina adalah untuk mewujudkan suasana yang menggalakkan pertukaran intelektual dan pengalaman emosi positif. Perpustakaan digital bukan sahaja memerlukan infrastruktur teknologi yang cekap, tetapi juga reka bentuk spatial yang mampu mengekalkan nilai kemanusiaan dalam dunia serba maya. Unsur seperti pencahayaan semula jadi, material yang bersifat taktil, dan reka bentuk landskap yang menyatu dengan ruang bacaan memberi

kesan langsung terhadap kesejahteraan psikologi pengguna. Kajian mengenai prestasi bangunan kini mula menilai dimensi emosi dan sosial sebagai sebahagian daripada metrik keberkesanan ruang. Misalnya, tahap kepuasan pengguna terhadap kualiti persekitaran dalaman (Indoor Environmental Quality, IEQ) kini diukur bukan hanya berdasarkan suhu atau pencahayaan, tetapi juga melalui persepsi terhadap suasana, tahap kebisingan dan rasa keterhubungan sosial. Ini menunjukkan bahawa prestasi bangunan tidak lagi bersifat mekanikal semata-mata, tetapi perlu menilai pengalaman pengguna sebagai komponen utama reka bentuk perpustakaan digital.

3.4 Konsep Ruang Hibrid dan Adaptif

Salah satu ciri utama tipologi perpustakaan digital ialah kewujudan ruang hibrid, iaitu gabungan antara pengalaman fizikal dan maya. Ruang hibrid membolehkan pengguna bergerak dengan mudah antara pembelajaran dalam talian dan aktiviti fizikal, antara interaksi sosial dan kerja individu. Pendekatan ini mengiktiraf bahawa pembelajaran moden tidak berlaku dalam satu dimensi, tetapi dalam pelbagai konteks yang saling berhubung. Dari perspektif seni bina, reka bentuk ruang hibrid menuntut keanjalan spatial dan kebolehsuaian jangka panjang. Dinding boleh alih, sistem perabot modular dan integrasi sistem digital membolehkan bangunan menyesuaikan diri dengan cepat terhadap perubahan fungsi. Dalam jangka panjang, reka bentuk adaptif seperti ini meningkatkan prestasi bangunan dari segi ketahanan, keberkesanan tenaga dan kos penyelenggaraan.

Dalam konteks Malaysia, contoh seperti Penang Digital Library menunjukkan bagaimana ruang hibrid boleh diwujudkan tanpa menafikan elemen tradisional perpustakaan. Walaupun pengguna mengakses bahan bacaan melalui platform dalam talian, ruang fizikal tetap memainkan peranan penting sebagai tempat pertemuan komuniti dan interaksi budaya. Model sebegini memperlihatkan hubungan simbiotik antara teknologi dan ruang, di mana seni bina berfungsi sebagai medium yang mengikat pengalaman digital kepada realiti manusia.

3.5 Prestasi Bangunan dalam Era Perpustakaan Digital

Perpustakaan digital menimbulkan keperluan baharu untuk mentakrif semula maksud prestasi bangunan. Sebelum ini, prestasi dinilai melalui kecekapan tenaga, keselesaan terma, dan keutuhan struktur. Namun, dalam konteks digital, penilaian tersebut perlu diperluas kepada prestasi maklumat, sosial dan kognitif. Prestasi maklumat merujuk kepada sejauh mana bangunan dapat menyokong penyebaran dan akses kepada data dengan lancar. Ini termasuk kestabilan sambungan internet, kapasiti sistem rangkaian, dan keselamatan siber. Prestasi sosial pula melibatkan keupayaan ruang untuk memupuk interaksi, kolaborasi dan keterlibatan komuniti.

Sementara itu, prestasi kognitif menilai sejauh mana reka bentuk ruang mampu meningkatkan fokus, kreativiti dan kesejahteraan mental pengguna. Pendekatan ini selaras dengan paradigma baharu dalam penilaian prestasi bangunan yang lebih holistik dan berasaskan pengalaman. Dalam perpustakaan digital, kejayaan reka bentuk tidak hanya diukur melalui data penggunaan tenaga, tetapi juga melalui tahap keberkesanan ruang dalam memupuk pembelajaran, inovasi dan kolaborasi. Oleh itu, seni bina berperanan bukan sekadar mencipta bangunan yang efisien, tetapi juga ruang yang bermakna dan berdaya inspirasi.

3.6 Cabaran dan Arah Masa Depan

Walaupun potensi perpustakaan digital amat besar, proses peralihan ini tidak bebas daripada cabaran. Antara isu utama ialah jurang digital, keberlanjutan tenaga, kos penyelenggaraan sistem teknologi dan kehilangan elemen interaksi manusia yang tulen. Dalam konteks ini, arkitek dan perancang perlu menyeimbangkan penggunaan teknologi dengan prinsip kemanusiaan yang menjadi asas kepada pembelajaran dan kebudayaan. Arah masa depan tipologi perpustakaan perlu berasaskan pendekatan reka bentuk adaptif dan berdaya tahan (resilient design). Ini termasuk strategi seperti penggunaan tenaga boleh diperbaharui, sistem pengurusan pintar, dan reka bentuk pasif yang mengurangkan beban teknologi. Pada masa yang sama, ruang fizikal perlu mengekalkan unsur emosi dan sosial yang memberi nilai kepada pengalaman pengguna. Perpustakaan digital bukan destinasi akhir evolusi, tetapi satu fasa dalam transformasi berterusan ekosistem pengetahuan. Dalam konteks seni bina, ia memberi peluang untuk menilai semula hubungan antara manusia, maklumat dan ruang. Justeru, seni bina perpustakaan masa depan perlu dilihat sebagai ruang berprestasi tinggi yang menggabungkan kecerdasan teknologi dengan kepekaan manusia.



Rajah 1.0 Carta aliran menunjukkan bagaimana pengurangan kebergantungan terhadap ruang fizikal membawa kepada peningkatan kecekapan tenaga dan prestasi keseluruhan bangunan.

4.0. METODOLOGI KAJIAN

Metodologi kajian ini direka untuk menilai evolusi tipologi perpustakaan digital dan prestasi bangunan dari perspektif seni bina, sosial, dan teknologi. Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif berfokus kepada analisis literatur, kajian kes, dan pemerhatian lapangan, bagi menghasilkan pemahaman yang mendalam mengenai prestasi perpustakaan digital.

Kajian ini dibahagikan kepada tiga fasa utama:

a) Kajian Kes (Case Study)

Penang Digital Library (PDL) dipilih sebagai kes utama kerana keberhasilan operasinya, kepelbagaian fungsi, dan penerimaan masyarakat yang tinggi. Kajian kes ini menumpukan kepada:

- Susun atur ruang dan fleksibiliti spatial
- Integrasi teknologi digital
- Keberkesanan ruang dalam menyokong interaksi sosial, pembelajaran sendiri, dan aktiviti komuniti

Kajian ini menggunakan pemerhatian lapangan dan temubual separa berstruktur dengan pihak pengurusan perpustakaan serta arkitek yang terlibat dalam reka bentuk.

b) Pemerhatian Lapangan

Pemerhatian dilakukan pada waktu puncak dan bukan puncak untuk menilai penggunaan ruang secara langsung. Aspek yang diperhatikan termasuk:

- Kepadatan pengguna di pelbagai zon
- Interaksi pengguna dalam aktiviti pembelajaran sendiri dan kolaboratif
- Fungsi ruang fleksibel seperti bilik mesyuarat, kafe, dan ruang interaktif

c) Analisis Dokumentasi dan Pelan

Pelan seni bina, gambar rekabentuk, dan dokumentasi teknikal dipelajari untuk menilai kesesuaian spatial, pencahayaan, pengudaraan, dan integrasi teknologi. Analisis ini juga membolehkan perbandingan antara tipologi tradisional dan digital dari segi prestasi ruang dan keupayaan adaptif.

4.2 Kriteria Penilaian Prestasi

Prestasi perpustakaan digital dinilai berdasarkan beberapa dimensi utama:

- **Keberkesanan Spatial:** Kesesuaian susun atur ruang untuk menyokong pelbagai aktiviti, termasuk kolaboratif, individu, dan sosial.
- **Keberkesanan Teknologi:** Keupayaan sistem digital menyokong akses maklumat dengan lancar serta integrasi teknologi pintar dalam operasi harian.
- **Nilai Sosial dan Kemanusiaan:** Tahap interaksi sosial, kepuasan pengguna terhadap ruang, keterangkuman komuniti, dan motivasi pembelajaran.
- **Kelestarian Operasi:** Penggunaan tenaga, pencahayaan semula jadi, pengudaraan pasif, dan penggunaan bahan binaan lestari.

4.3 Justifikasi Metodologi

Pendekatan kualitatif ini dipilih kerana ia membolehkan kajian menilai perpustakaan digital secara menyeluruh dari perspektif seni bina dan sosial. Kajian kes Penang Digital Library menyediakan data empirikal yang menyokong analisis konseptual, manakala pemerhatian lapangan dan analisis dokumentasi memberikan perspektif langsung terhadap fungsi ruang, fleksibiliti spatial, dan interaksi pengguna. Dengan pendekatan ini, kesimpulan yang dihasilkan memberi tumpuan kepada keberkesanan dan relevansi prestasi perpustakaan digital tanpa bergantung kepada data kuantitatif atau soal selidik pengguna.



Rajah 2.0 Carta aliran menunjukkan strategi dan 3 fasa utama dalam methodology kajian.

5.0. ANALISA KAJIAN

5.1 Perbandingan Tipologi dan Rangka Konseptual Prestasi Perpustakaan Masa Hadapan

Transformasi tipologi perpustakaan daripada bentuk tradisional kepada bentuk digital merupakan proses evolusi yang kompleks, melibatkan dimensi sosial, teknologi dan spatial. Perubahan ini tidak berlaku secara linear, tetapi melalui pelbagai tahap peralihan yang menyesuaikan diri dengan perubahan gaya hidup, pola pembelajaran dan paradigma pengetahuan. Oleh itu, memahami tipologi perpustakaan masa kini dan masa hadapan menuntut analisis komparatif yang meneliti bukan sahaja bentuk fizikal, tetapi juga prestasi ruang, fungsi sosial dan keupayaan adaptifnya terhadap masa depan yang semakin digital dan bersepadu.

5.2 Dari Tipologi Tradisional ke Tipologi Digital

Perpustakaan tradisional berakar daripada falsafah “ruang tenang untuk membaca” yang menekankan ketertiban, struktur dan hierarki pengetahuan. Ia menampilkan elemen spatial yang tersusun secara formal — rak buku, meja bacaan, ruang rujukan, dan bilik simpanan — yang mencerminkan sistem klasifikasi ilmu secara fizikal. Reka bentuknya berfungsi untuk menyokong disiplin akademik, keheningan dan tumpuan individu. Dalam konteks ini, prestasi perpustakaan tradisional diukur melalui kapasiti koleksi, kecekapan ruang penyimpanan dan kemudahan akses terhadap sumber rujukan.

Sebaliknya, perpustakaan digital memperkenalkan paradigma baharu di mana ruang tidak lagi dikawal oleh batas fizikal. Akses maklumat berlaku secara maya, waktu operasi menjadi tanpa had, dan pengguna tidak semestinya hadir secara fizikal untuk memperoleh pengetahuan. Namun, ruang fizikal tetap memainkan peranan penting sebagai “hab sosial” dan “pemangkin pembelajaran sendiri”. Perpustakaan digital tidak menafikan fungsi bangunan, tetapi menyesuaikan seni bina kepada peranan baharu: sebagai ruang interaksi, kolaborasi dan inspirasi. Maka, tipologi baharu ini lebih dinamik, fleksibel dan pelbagai guna.

Perbandingan asas antara kedua-dua tipologi dapat dijelaskan melalui tiga dimensi utama: (i) struktur ruang dan fungsi, (ii) pengalaman pengguna, dan (iii) prestasi bangunan. Secara struktur, perpustakaan tradisional bersifat berpusat dan statik, manakala perpustakaan digital bersifat teragih dan modular. Dari segi pengalaman pengguna, tipologi lama menekankan individualisme dan formaliti, sementara tipologi baharu menekankan interaksi sosial, pembelajaran sendiri dan pengalaman digital yang terbuka. Dari aspek prestasi bangunan, tipologi baharu menilai keberkesanan bukan hanya melalui keberfungsian fizikal, tetapi juga melalui kecekapan tenaga, keterhubungan teknologi dan adaptasi masa hadapan.

Aspek Prestasi	Perpustakaan Konvensional	Perpustakaan Hibrid	Perpustakaan Digital
Ruang	100% ruang simpanan buku	60% ruang buku, 40% kolaborasi	<20% ruang fizikal, 80% kolaborasi digital
Tenaga	Lampu & HVAC berterusan	Zon adaptif	Sistem pintar, tenaga minimum
Sumber Manusia	1 staf: 1,000 pengguna	1 staf: 2,000 pengguna	1 staf: 10,000 pengguna
Pengalaman Pengguna	Linear, pasif	Dual-mod (fizikal & maya)	Aktif, imersif, terbuka
Kos Operasi	Tinggi	Sederhana	Minimum
Prestasi Bangunan	Rendah, statik	Sederhana, responsif	Tinggi, dinamik, adaptif

Jadual 1: Perbandingan Tipologi dan Prestasi Bangunan Perpustakaan

Menunjukkan perbezaan utama antara perpustakaan konvensional, hibrid dan digital dari segi ruang, tenaga, sumber manusia serta prestasi keseluruhan bangunan.

5.3. Prestasi Ruang dan Dinamika Pengalaman Pengguna

Dalam konteks seni bina, prestasi bangunan tidak lagi terhad kepada keupayaan struktur atau kecekapan tenaga semata-mata. Ia kini meliputi dimensi pengalaman pengguna (user experience performance) yang merangkumi keselesaan termal, pencahayaan semula jadi, akustik, suasana sosial dan keanjalan ruang. Dalam perpustakaan digital, prestasi ini diukur berdasarkan sejauh mana ruang mampu menyokong pelbagai mod pembelajaran: individu, kolaboratif, maya dan fizikal.

Kajian terhadap perpustakaan digital moden menunjukkan bahawa pengguna menilai keberkesanan ruang bukan sahaja berdasarkan kemudahan teknologi, tetapi juga kehangatan suasana, keterhubungan sosial dan kemudahan navigasi. Reka bentuk yang berorientasikan pengguna menekankan fleksibiliti perabot, kepelbagaian zon aktiviti, serta akses kepada sumber digital tanpa

mengorbankan nilai pengalaman fizikal. Pendekatan ini memperlihatkan perubahan peranan arkitek — daripada sekadar mereka bentuk ruang kepada mereka bentuk pengalaman yang menggabungkan elemen fizikal dan maya secara bersepadu.

Dalam konteks prestasi, perpustakaan digital juga memberi tumpuan kepada kelestarian operasi. Penggunaan sistem pencahayaan semula jadi, pengudaraan silang, serta bahan binaan mesra alam bukan sahaja mengurangkan kos tenaga, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan pengguna. Aspek ini menegaskan bahawa perpustakaan masa hadapan perlu menyeimbangkan antara teknologi canggih dan keselesaan biopersekitaran bagi mencapai prestasi menyeluruh.

5.4 Rangka Konseptual Prestasi Perpustakaan Masa Hadapan

Berdasarkan analisis tipologi dan prestasi semasa, satu rangka konseptual bagi perpustakaan masa hadapan dapat dirumuskan. Rangka ini menekankan lima prinsip utama yang boleh dijadikan garis panduan bagi menilai dan mereka bentuk perpustakaan digital berprestasi tinggi:

a) **Prinsip Integrasi Ruang Fizikal dan Maya**

Perpustakaan masa hadapan perlu menyepadukan pengalaman ruang nyata dengan ruang digital. Pengguna boleh mengakses sumber maklumat melalui sistem dalam talian, namun tetap memiliki tempat fizikal untuk berinteraksi, berehat dan berfikir. Ruang fizikal menjadi pemangkin kepada pengalaman digital yang lebih mendalam dan berperikemanusiaan.

b) **Prinsip Adaptif dan Modulariti**

Reka bentuk perlu membenarkan kebolehsuaian terhadap perubahan fungsi dan teknologi. Modul ruang boleh ditukar guna daripada ruang bacaan kepada ruang bengkel, makmal media atau kawasan sosial tanpa memerlukan ubah suai besar. Prinsip ini memperkukuh ketahanan jangka panjang serta kecekapan pengurusan ruang.

c) **Prinsip Prestasi Holistik**

Penilaian prestasi perpustakaan tidak boleh hanya berasaskan metrik teknikal seperti penggunaan tenaga atau kapasiti pelayan data. Ia harus merangkumi keberkesanan sosial, kualiti pengalaman pengguna, dan nilai tambah terhadap komuniti setempat. Ini sejajar dengan pendekatan *performance-based design* dalam seni bina kontemporari.

d) **Prinsip Inklusiviti dan Keterbukaan Ilmu**

Sebagai pusat komuniti, perpustakaan perlu mengekalkan nilai keterbukaan dan akses untuk semua lapisan masyarakat tanpa mengira latar belakang. Reka bentuk fizikal dan antaramuka digital harus bersifat inklusif, mengambil kira keperluan warga emas, kanak-kanak, serta individu berkeupayaan khas.

e) **Prinsip Kelestarian Sosial dan Ekologi**

Perpustakaan masa hadapan bukan sahaja mesti lestari dari segi tenaga, tetapi juga dari segi sosial. Ia berfungsi sebagai ruang yang menggalakkan interaksi, kolaborasi dan kreativiti, sekaligus memperkukuh jaringan sosial komuniti. Penggunaan bahan binaan tempatan, sistem pasif dan teknologi hijau melengkapi misi ini.

5.5 Aplikasi dalam Konteks Reka Bentuk Tempatan

Dalam konteks Malaysia, rangka konseptual ini dapat dilihat secara jelas melalui projek seperti Penang Digital Library (PDL). Bangunan ini menerapkan prinsip integrasi fizikal dan maya melalui reka bentuk terbuka yang menggalakkan pembelajaran sosial sambil mengekalkan akses kepada sumber digital 24 jam. Sistem pengudaraan semula jadi, penggunaan kayu tropika, serta ruang lanskap yang menyatu dengan bangunan memperlihatkan keseimbangan antara prestasi alam sekitar dan prestasi sosial. PDL juga berfungsi sebagai pusat komuniti, membuktikan bahawa perpustakaan digital tidak semestinya menghapuskan ruang fizikal, sebaliknya memperkukuh makna ruang awam dalam era digital.

Dalam hal ini, prestasi bangunan bukan sahaja diukur melalui data teknikal, tetapi juga melalui pemerhatian terhadap pola penggunaan ruang, tahap keterlibatan komuniti dan kualiti pengalaman pengguna. Model seperti ini dapat dijadikan contoh kepada pembangunan perpustakaan masa hadapan yang berakar pada konteks tempatan namun berpandangan global. Secara keseluruhan, perbandingan antara tipologi tradisional dan digital menunjukkan bahawa evolusi perpustakaan bukan sekadar peralihan bentuk, tetapi transformasi falsafah terhadap makna ruang dan fungsi sosialnya. Prestasi perpustakaan masa hadapan perlu dinilai berdasarkan keseimbangan antara teknologi, kemanusiaan dan kelestarian. Rangka konseptual yang dicadangkan menegaskan bahawa perpustakaan bukan lagi entiti statik, tetapi sistem adaptif yang berkembang bersama perubahan

masyarakat dan teknologi. Dalam konteks seni bina, cabarannya ialah bagaimana untuk terus mengekalkan nilai ruang yang bererti dalam dunia yang semakin tanpa sempadan.

6. KAJIAN KES: PENANG DIGITAL LIBRARY (PDL)

Penang Digital Library (PDL) merupakan salah satu contoh terpenting dalam landskap seni bina awam Malaysia yang menzahirkan evolusi tipologi perpustakaan digital secara nyata. Projek ini dibangunkan hasil kerjasama antara kerajaan negeri Pulau Pinang dibawah naungan Chief Minister Incorporated (CMI) dan Keysight Technologies dengan matlamat utama untuk mewujudkan sebuah ruang pembelajaran tanpa sempadan yang menyatukan kemudahan digital dengan pengalaman komuniti. PDL bukan sekadar sebuah perpustakaan yang “tanpa buku fizikal”, tetapi satu model baharu perpustakaan yang menumpukan kepada akses maklumat terbuka, reka bentuk berasaskan komuniti dan kelestarian ruang.



Foto 1 : Rekabentuk Perpustakaan Digital Library Pulau Pinang Fasa Dua merupakan perpustakaan pertama di Malaysia yang beroperasi tanpa buku fizikal.

6.1. Konsep Asas dan Objektif Reka Bentuk

Konsep utama PDL berakar daripada idea bahawa perpustakaan digital perlu berfungsi bukan hanya sebagai repositori maklumat, tetapi sebagai **ekosistem pembelajaran sepanjang hayat**. Dalam reka bentuk awal, matlamat utamanya ialah mencipta ruang yang menggalakkan pembelajaran sendiri, perbincangan sosial dan eksplorasi pengetahuan melalui teknologi. Berbeza daripada perpustakaan konvensional yang bersifat formal dan senyap, PDL direka untuk menjadi ruang yang terbuka, santai dan mesra pengguna. Penekanan terhadap **keterangkuman dan kesederhanaan** menjadi teras kepada konsepnya. Struktur bangunan menampilkan bentuk yang sederhana tetapi berfungsi tinggi, dengan bukaan luas yang menggalakkan pencahayaan semula jadi dan aliran udara silang. Pendekatan pasif ini bukan sahaja menjimatkan tenaga tetapi juga memperkukuh kesejahteraan psikologi pengguna. Dengan itu, PDL menonjol sebagai contoh perpustakaan yang menilai semula hubungan antara prestasi teknologi dan prestasi ruang fizikal.

6.2. Reka Bentuk Spatial dan Pengalaman Pengguna

PDL dibahagikan kepada beberapa zon utama yang disusun mengikut prinsip fleksibiliti dan keterhubungan. Tiada pemisahan ketara antara zon membaca, zon kerja bersama dan zon sosial. Reka bentuk terbuka membolehkan pengguna menyesuaikan ruang mengikut keperluan mereka sendiri, sama ada untuk membaca, berbincang atau bekerja secara berkumpulan.

Elemen landskap turut memainkan peranan penting dalam pembentukan pengalaman spatial. Ruang luar seperti **terrace bacaan**, **lawn interaktif** dan **kawasan teduhan** menjadi sambungan semula jadi kepada ruang dalam. Dengan ini, sempadan antara dalam dan luar menjadi kabur, menimbulkan perasaan kebersamaan dan keterbukaan. Dari perspektif prestasi ruang, strategi ini meningkatkan aliran udara semula jadi, mengurangkan pergantungan terhadap penghawa dingin, dan pada masa yang sama memperkukuh kualiti interaksi sosial.

Satu aspek yang signifikan dalam reka bentuk PDL ialah **penggunaan bahan binaan tempatan dan lestari** seperti kayu tropika dan struktur keluli ringan. Bahan-bahan ini bukan sahaja menyumbang kepada identiti tropika tempatan tetapi juga meningkatkan keberkesanan termal bangunan. Ciri-ciri seperti pelindung matahari, bukaan besar dan bumbung tinggi memperkukuh keberkesanan strategi

pasif, membolehkan pencapaian prestasi tenaga yang optimum tanpa mengorbankan keselesaan pengguna.

6.3. Dimensi Teknologi dan Akses Digital

Walaupun PDL mengekalkan kehadiran fizikal yang kuat, elemen digital tetap menjadi nadi utama pengalaman pengguna. Sistem pengurusan maklumat PDL membolehkan akses dalam talian kepada ribuan bahan bacaan digital termasuk e-buku, jurnal, dan media pembelajaran interaktif. Pengguna boleh mendaftar secara dalam talian dan terus mengakses koleksi perpustakaan dari mana-mana lokasi, menjadikan PDL satu platform hibrid antara **ruang fizikal dan maya**. Kombinasi antara ruang fizikal yang kondusif dan sistem digital yang mudah diakses mewujudkan pengalaman pembelajaran yang berterusan. PDL juga mengadakan pelbagai program berbentuk bengkel, hackathon dan diskusi komuniti yang memperkukuh fungsi sosialnya. Ini menjadikan perpustakaan bukan sahaja sebagai tempat penyimpanan maklumat tetapi sebagai **pemangkin inovasi sosial** yang menghubungkan masyarakat dengan ilmu secara aktif.

6.4. Prestasi Bangunan dan Kelestarian Operasi

Dari segi prestasi bangunan, PDL mengaplikasikan strategi reka bentuk pasif yang sesuai dengan iklim tropika lembap Malaysia, seperti pengudaraan semula jadi, pencahayaan optimum dan bahan reflektif yang mengurangkan haba. Penggunaan tenaga turut diminimumkan melalui sistem kawalan automatik dan peralatan cekap tenaga. Prestasi sosialnya juga cemerlang, dengan kadar penggunaan ruang yang tinggi siang dan malam, menunjukkan perpustakaan digital masih berperanan sebagai ruang komuniti aktif. Prestasi PDL dinilai bukan hanya melalui data teknikal, tetapi juga melalui pengalaman pengguna dan impak sosial. Kejayaannya terletak pada keseimbangan antara teknologi, reka bentuk dan komuniti, membuktikan bahawa bangunan berprestasi tinggi bukan sekadar efisien, tetapi juga bermakna kepada manusia.

6.5. Signifikansi Kontekstual dan Tipologi Baharu

PDL menjadi penanda aras penting dalam perbincangan tipologi perpustakaan digital di Malaysia kerana ia berjaya menggabungkan prinsip moden dengan sensitiviti konteks tempatan. Dari segi tipologi, ia memperkenalkan satu bentuk baharu yang menggabungkan **ruang komuniti, pusat pembelajaran dan platform digital** di bawah satu sistem reka bentuk yang koheren. Dengan demikian, ia memperluas makna perpustakaan sebagai “infrastruktur sosial berprestasi tinggi”.

Dalam konteks yang lebih luas, PDL mencerminkan perubahan peranan arkitek dalam era digital. Peranan arkitek tidak lagi terhad kepada mereka bentuk struktur fizikal, tetapi juga membentuk pengalaman pengguna, mengatur interaksi teknologi, dan membina hubungan sosial melalui reka bentuk. Ini menjadikan perpustakaan digital bukan sekadar tipologi baharu, tetapi juga manifestasi kepada cara baharu berfikir tentang **prestasi bangunan sebagai ekosistem adaptif**.

Kajian kes Penang Digital Library menunjukkan bahawa transformasi tipologi perpustakaan tidak semestinya menghapuskan nilai fizikal, tetapi memperkayakannya dengan lapisan makna baharu. PDL membuktikan bahawa ruang fizikal masih relevan dalam era digital apabila ia direka untuk menyokong interaksi manusia, pembelajaran sendiri dan inovasi sosial. Dari perspektif prestasi, PDL menegaskan bahawa keseimbangan antara teknologi dan kemanusiaan merupakan kunci kepada kejayaan perpustakaan masa hadapan. Keberkesannya tidak hanya bergantung kepada sejauh mana ia memanfaatkan teknologi, tetapi juga sejauh mana ia membina hubungan yang bermakna antara manusia, ruang dan ilmu. Oleh itu, pengalaman PDL boleh dijadikan model konseptual bagi reka bentuk perpustakaan digital yang berprestasi tinggi, adaptif dan lestari di rantau Asia Tenggara.



Foto 2 & 3: Ruang membaca di Perpustakaan Digital Library Pulau Pinang yang menggunakan pencahayaan semula jadi memberi suasana tenang dan membantu meningkatkan fokus minda.

7.0 KESIMPULAN

Kajian ini menekankan bahawa evolusi perpustakaan daripada tipologi tradisional kepada digital bukan sahaja sekadar transformasi fizikal, tetapi suatu perubahan paradigma dalam fungsi, ruang, dan interaksi manusia. Berdasarkan analisis literatur, kajian kes, dan pemerhatian lapangan terhadap Penang Digital Library, beberapa kesimpulan utama boleh digariskan, sekaligus menawarkan implikasi penting bagi reka bentuk perpustakaan masa hadapan.

7.1 Kesimpulan Utama

1. **Perpustakaan sebagai Ekosistem Pengetahuan Dinamik**

Tipologi digital telah mengubah perpustakaan daripada tempat penyimpanan buku kepada ekosistem pengetahuan yang dinamik. Ia menekankan integrasi teknologi, fleksibiliti ruang, dan interaksi sosial sebagai elemen utama prestasi. Pendekatan ini memastikan perpustakaan kekal relevan dalam menghadapi cabaran digital dan perubahan gaya hidup generasi muda yang celik teknologi.

2. **Fleksibiliti dan Adaptasi Ruang**

Kajian menunjukkan bahawa keberkesanan perpustakaan digital bergantung kepada keupayaan ruang untuk menyesuaikan diri dengan pelbagai aktiviti. Ruang yang modular, boleh diubah suai, dan menyokong pelbagai fungsi membolehkan perpustakaan menampung pembelajaran sendiri, kolaboratif, serta aktiviti komuniti secara serentak. Fleksibiliti ini adalah ciri utama tipologi masa hadapan dan menjadi penanda aras dalam menilai prestasi ruang.

3. **Integrasi Teknologi sebagai Pemangkin Prestasi**

Teknologi digital bukan sahaja mempermudah akses maklumat, tetapi juga meningkatkan pengalaman pengguna dan keberkesanan operasi. Penggunaan tablet, sistem pangkalan data digital, sambungan internet berkelajuan tinggi, dan sistem automasi membolehkan interaksi lebih efisien serta menyokong pembelajaran berskala besar tanpa had ruang fizikal.

4. **Nilai Sosial dan Kemanusiaan**

Perpustakaan digital berprestasi tinggi bukan sahaja memenuhi keperluan teknologi, tetapi juga menyokong pembangunan sosial. Ruang interaksi, kafe, dan ruang komuniti membina keterikatan emosi dan menggalakkan kolaborasi antara generasi. Oleh itu, reka bentuk perpustakaan perlu menekankan aspek psikologi dan sosial pengguna, selain fungsi teknikal dan spatial.

5. **Kelestarian dan Prestasi Bangunan**

Integrasi sistem pencahayaan semula jadi, pengudaraan pasif, dan bahan binaan lestari membuktikan bahawa prestasi bangunan boleh digabungkan dengan fleksibiliti digital. Perpustakaan masa hadapan bukan sahaja menumpukan kepada fungsi pengetahuan, tetapi juga keberlanjutan alam sekitar, mengurangkan penggunaan tenaga dan kos operasi jangka panjang.

7.2 Implikasi Reka Bentuk

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa implikasi penting bagi reka bentuk perpustakaan masa hadapan dapat dirumuskan:

1. **Pendekatan Berpaksikan Manusia dan Teknologi**

Reka bentuk perlu menekankan keseimbangan antara keperluan manusia dan integrasi teknologi. Ruang perlu selesa, inklusif, dan menyokong pembelajaran serta interaksi sosial, sementara teknologi digital digunakan sebagai pemangkin pengalaman pengetahuan yang lebih efektif.

2. **Reka Bentuk Modular dan Fleksibel**

Ruang perpustakaan harus modular dan mudah diubah suai untuk pelbagai fungsi. Ini membolehkan pengurusan ruang yang efisien, menampung aktiviti komuniti, bengkel digital, kolaborasi, serta pembelajaran individu secara serentak.

3. **Penggunaan Teknologi Pintar untuk Kecekapan Operasi**

Sistem automasi, sensor pintar, dan pangkalan data digital perlu diterapkan untuk meningkatkan keberkesanan operasi dan memantau prestasi bangunan. Ini termasuk pengurusan pencahayaan, suhu, pengudaraan, dan keselamatan secara real-time.

4. **Ruang Sosial dan Interaksi Komuniti**

Reka bentuk perpustakaan perlu menyediakan ruang yang merangsang interaksi antara pengguna. Kafe, ruang brainstorming, dan bilik kolaboratif menjadi elemen penting untuk membina komuniti pengetahuan yang aktif dan inklusif.

5. **Kelestarian dan Kesedaran Alam Sekitar**

Prestasi bangunan perlu menekankan kelestarian, termasuk pencahayaan semula jadi, pengudaraan semula jadi, penggunaan tenaga yang efisien, dan bahan binaan mesra alam. Pendekatan ini bukan sahaja mengurangkan kos operasi, tetapi juga menyokong imej perpustakaan sebagai institusi lestari.

7.3 Cadangan Penyelidikan Masa Hadapan

Kajian ini membuka ruang untuk penyelidikan lanjut dalam bidang:

- Penilaian prestasi bangunan digital berdasarkan pengalaman pengguna secara longitudinal;
- Integrasi teknologi interaktif seperti AR/VR dalam ruang pembelajaran;
- Strategi reka bentuk yang menyokong digital inclusion bagi warga emas dan pengguna kurang upaya;
- Analisis kos-faedah jangka panjang perpustakaan digital berprestasi tinggi berbanding konvensional.

Secara keseluruhan, perpustakaan masa hadapan perlu dilihat sebagai **hab pembelajaran yang adaptif, lestari, dan inklusif**, yang menggabungkan fleksibiliti ruang, teknologi pintar, dan nilai sosial untuk menyokong ekosistem pengetahuan yang dinamik. Reka bentuk perpustakaan yang berpaksikan prestasi akan memastikan keberkesanan jangka panjang serta relevansi dalam masyarakat yang semakin digital dan urban.

Rujukan

- Alokuk, J. A., & Al-Amri, A. (2021). Evaluation of a digital library: An experimental study. *Journal of Service Science and Management*, 14(1).
- Ferrari, A. (2012). Digital competence in practice: An analysis of frameworks. Sevilla: JRC IPTS.
- Fetaji, B. (2021). Assessing digital skills and competencies of public administration and defining their proficiency level. *Etima*, 1(1), 12–20.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (2020). Preparing for life in a digital world. Springer eBooks.
- Gleason, N. W. (2018). Higher education in the era of the Fourth Industrial Revolution. Springer Nature.
- Heinz, J. (2016). Digital skills and the influence of students' socio-economic background: An exploratory study in German elementary education.
- Janssen, J., Stoyanov, S., Ferrari, A., Punie, Y., Pannekeet, K., & Sloep, P. (2013). Experts' views on digital competence: Commonalities and differences. *Computers & Education*, 68, 473–481.
- Khan, N., Khan, S., Tan, B., & Loon, C. (2021). Driving digital competency model towards IR 4.0 in Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series*, 012049.
- Kökörçený, M. (2011). Architecture and flexibility of digital library systems. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*, 5(2), 41–50.
- Nafisah, S. (2021). Building a social space through a digital library. *Librarianship in Muslim Societies*, 10(2).
- Nadia Sullivan. (2020, October 12). Going digital: A new normal in higher education. MyForesight.
- OECD. (2015). Students, computers and learning: Making the connection. OECD Publishing.
- Praveena Munianday, Muneera Esa, Ariza Syakirin Abu Bakar, & Sara Abhari. (2023). Digital-built environment: Are our students ready for the next challenge? *Gading Journal for Social Sciences*.
- Redden, L. J., Collins, W., & Kim, J. (2017). Integration of construction mobile technologies into construction management curriculum: A case study. *Procedia Engineering*, 196, 535–544.
- Schleicher, A. (2020). The impact of COVID-19 on education: Insights from Education at a Glance 2020. OECD Publishing.
- Van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2020). Measuring the levels of 21st-century digital skills among professionals working within the creative industries: A performance-based approach.
- Yelubay, S., Seri, A., Dzhusubaliyeva, A., & Abdigapbarova, S. (2020). Developing future teachers' digital culture: Challenges and perspectives. *IEEE Conference Publication*.
- Zulkifli, A. F., & Wahid, E. E. (2024). The impact of academic digital library engagement among postgraduate scholars. *Journal of Information and Knowledge Management*, 14(1), 127–134.