

The background image is a digital rendering of a futuristic architectural space. It features large, circular, white concrete openings in a dark, textured wall. A person in a dark coat stands in the distance, looking out through one of the large arches. The floor is a dark, reflective pool of water. To the left, a curved staircase leads up to a platform. The walls are made of vertical wooden slats. The lighting is warm and ambient, with small lights visible on the right wall.

Buku Ajar

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur + AI

Prasasto Satwiko

Buku Ajar
Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur + AI

Prasasto Satwiko

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

(Desain berbasis Neuroarsitektur dan AI adalah pendekatan inovatif dalam arsitektur yang mengintegrasikan pemahaman respons otak manusia dengan kecerdasan buatan, baik dalam proses perancangan (design-time) maupun dalam sistem operasional bangunan (operation-time), untuk menghasilkan ruang yang adaptif, kontekstual, dan berorientasi pada kesejahteraan manusia.)

Buku Ajar

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur + AI

Penulis : Prasasto Satwiko

Hak Cipta © 2026, pada penulis

Hak publikasi pada Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Dilarang memperbanyak, memperbanyak sebagian atau seluruh isi dari buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin dari penerbit

Cetakan ke- 05 04 03 02 01

Tahun 30 29 28 27 26

Diterbitkan oleh

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Jl. Babarsari No. 5-6 Yogyakarta

Telp. +62 274 487711

E-mail: lib.publisher@uajy.ac.id

ISBN: 978-634-05-1381-3 (PDF)

Perpustakaan Nasional RI : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

JUDUL DAN PENANGGUNG JAWAB	Inovasi desain berbasis neuroarsitektur + AI : buku ajar / Prasasto Satwiko
PUBLIKASI	Sleman : Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2026
DESKRIPSI FISIK	xx, 207 halaman : ilustrasi ; 21 cm
SERI	Pustaka Neuroarsitektur
IDENTIFIKASI	ISBN 978-634-05-1381-3 (PDF)
SUBJEK	Arsitektur - Faktor manusia Neuroarsitektur
KLASIFIKASI	720.028 5 [23]
PERPUSNAS ID	https://isbn.perpusnas.go.id/bo-penerbit/penerbit/isbn/data/view-kdt/1393423

Desain arsitektur selama ini berangkat dari apa yang terlihat.

Namun manusia tidak hanya melihat—ia merasakan, memproses, dan merespons.

Neuroarsitektur membuka pintu menuju pemahaman tersebut.

Kecerdasan buatan memperluas kemampuan kita untuk mengolahnya.

Ketika keduanya dipertemukan, desain tidak lagi berhenti pada bentuk.

Ia menjadi proses memahami manusia.

Ia menjadi sistem yang belajar dari manusia.

Dan pada akhirnya,

ia menjadi ruang yang mampu merespons manusia secara hidup.

Prakata

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam beberapa tahun terakhir berlangsung sangat cepat dan mulai memengaruhi hampir seluruh bidang kehidupan, termasuk arsitektur. Pada saat yang sama, perkembangan *neuroscience* juga membuka pemahaman baru tentang bagaimana manusia sebenarnya mengalami ruang: bagaimana cahaya, bentuk, suara, tekstur, dan atmosfer ruang memengaruhi emosi, kognisi, kesehatan mental, bahkan perilaku manusia.

Di titik inilah penulis melihat sebuah peluang besar sekaligus tantangan baru bagi dunia arsitektur.

Selama bertahun-tahun, proses desain arsitektur sering kali lebih banyak bertumpu pada intuisi, pengalaman, dan pendekatan estetis. Semua itu tetap penting. Namun kini, arsitektur mulai memasuki era baru—era ketika desain dapat diperkaya oleh data, eksperimen, sensor neurologis, dan analisis berbasis AI. Arsitektur tidak lagi hanya berbicara tentang bentuk dan fungsi, tetapi juga tentang bagaimana ruang dipersepsi, dirasakan, dan dialami oleh manusia secara mendalam.

Buku ini disusun sebagai buku ajar untuk mata kuliah “Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI”. Namun lebih dari itu, buku ini juga merupakan upaya untuk

memperkenalkan sebuah pendekatan interdisipliner yang menghubungkan:

- arsitektur,
- *neuroscience*,
- psikologi lingkungan,
- teknologi sensor,
- dan kecerdasan buatan.

Dalam buku ini, pembaca akan diajak memahami:

- bagaimana otak memersepsi ruang,
- bagaimana emosi dan pengalaman spasial terbentuk,
- bagaimana AI dapat digunakan dalam proses desain,
- bagaimana eksperimen EEG dan sensor biometrik dilakukan,
- hingga bagaimana menyusun prototipe desain berbasis Neuro-AI.

Penulis menyadari bahwa bidang ini masih sangat berkembang. Banyak konsep yang masih terus diperdebatkan dan disempurnakan. Oleh karena itu, buku ini tidak dimaksudkan sebagai akhir dari diskusi, melainkan sebagai awal dari eksplorasi yang lebih luas mengenai masa depan arsitektur yang lebih manusiawi, adaptif, dan berbasis pengetahuan ilmiah.

Penulis berharap buku ini dapat:

- membantu mahasiswa memahami arah baru arsitektur,
- mendorong penelitian interdisipliner,
- serta menginspirasi lahirnya inovasi desain yang lebih peduli terhadap kesejahteraan manusia.

Buku ajar ini merupakan bagian dari Pustaka Neuroarsitektur. Untuk melengkapinya, kiranya pembaca dapat mengunduh secara gratis buku yang telah penulis siapkan dari akun ResearchGate. Buku tersebut antara lain:

1. P. Satwiko, “Arsitektur + AI: Merancang Ruang di Era Mesin Berpikir, dengan Nurani Manusia,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2026. ([ResearchGate](#))
2. P. Satwiko, “Buku Ajar: Filsafat Neuroarsitektur dan Kecerdasan Buatan,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2025. ([ResearchGate](#))
3. P. Satwiko, “Arsitektur untuk Sang Buah Hati: Neuroarsitektur pada Fasilitas Anak,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2026. ([ResearchGate](#))
4. P. Satwiko, “Arsitektur Imersif: Melibatkan Pancaindra dalam Desain,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2025. ([ResearchGate](#))

5. P. Satwiko, “Desain Ramah Otak: Neuroarsitektur untuk Arsitek Sibuk,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2024. ([ResearchGate](#))
6. P. Satwiko, “Manusia yang Kehilangan Akalnya,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2025. ([ResearchGate](#))
7. P. Satwiko, S. Felasari, M. Cininta, “Neuro-Arsitektur,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2023. ([ResearchGate](#))
8. P. Satwiko, S. Wimbarti, B. Michelle, M. Cininta, “A Theoretical Approach to Endorphin-Stimulating Architecture,” *Journal of Architecture and Urbanism*, 2024, 48(1), 91–99 ([JAU](#))
9. P. Satwiko, B. Michelle, “From Science Fiction to Science Facts: Digital Architects,” *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, vol 671, 2021. ([ResearchGate](#))
10. P. Satwiko, “Arsitektur Digital,” Yogyakarta: Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2010. ([ResearchGate](#))
11. R.T. Arinta, P. Satwiko, R.R. Widjaja, S. Kusrohmaniah, “Brain Spatial Reconciliation through Multisensory Integration in the Impact of Pandemic Fatigue,” *Front. Hum. Neurosci.* 18:1419889. 2024. ([Frontier](#))

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai peneliti, akademisi, dan praktisi di bidang neuroarsitektur,

neuroscience, dan AI yang karya-karyanya menjadi inspirasi dalam penyusunan buku ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada para mahasiswa yang melalui diskusi dan eksplorasi kreatifnya turut memperkaya gagasan-gagasan dalam buku ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif akan sangat dihargai demi pengembangan keilmuan ini di masa mendatang.

Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi dunia pendidikan, penelitian, dan praktik arsitektur di Indonesia.

Berkah Dalem,

Sas

Daftar Isi

Prakata	iii
Daftar Isi	viii
BAB 1.....	14
PENGANTAR NEUROARSITEKTUR DAN KECERDASAN BUATAN DALAM DESAIN.....	14
1.1 Pendahuluan	14
1.2 Neuroarsitektur: Memahami Hubungan Otak dan Ruang.....	15
1.3 Kecerdasan Buatan dalam Arsitektur	16
1.4 Integrasi Neuroarsitektur dan AI	17
1.5 Dua Paradigma Desain Neuro-AI	18
1.5.1 Desain sebagai Proses (<i>Design-Time Neuro-AI</i>)	18
1.5.2 Desain sebagai Sistem Operasional (<i>Operation- Time Neuro-AI</i>)	19
1.6 Dari Objek ke Sistem: Transformasi Paradigma Arsitektur	20
1.7 <i>Neuro-AI Design Loop</i>	20
1.8 Posisi Mata Kuliah dalam Kerangka Ilmiah	21
1.9 Implikasi bagi Pendidikan Arsitektur	22
1.10 Penutup Bab.....	22
1.11 Bahan Diskusi.....	24

BAB 2.....	27
OTAK, PERSEPSI, DAN RUANG.....	27
2.1 Pendahuluan	27
2.2 Persepsi: Dari Stimulus ke Pengalaman	28
2.3 Sistem Sensoris dalam Arsitektur	29
2.4 <i>Spatial Cognition</i> : Bagaimana Otak Memahami Ruang.....	31
2.5 Otak dan Respons terhadap Lingkungan Binaan ..	32
2.6 Mekanisme Neurologis Persepsi Ruang	33
2.7 <i>Affordance</i> : Ruang sebagai Peluang Aksi.....	34
2.8 Emosi dalam Persepsi Ruang	35
2.9 Peran Teknologi dalam Mengukur Persepsi.....	36
2.10 Implikasi bagi Desain Arsitektur.....	37
2.11 Keterkaitan dengan Neuro-AI.....	37
2.12 Penutup Bab.....	38
2.13 Bahan Diskusi.....	38
BAB 3.....	40
EMOSI, KOGNISI, DAN PENGALAMAN ARSITEKTURAL ...	40
3.1 Pendahuluan	40
3.2 Emosi sebagai Respons terhadap Ruang	41
3.3 Model Emosi dalam Neuroarsitektur	42
3.4 Kognisi dan Kenyamanan Ruang.....	43

3.5 <i>Emotional Architecture</i>	44
3.6 Interaksi Emosi dan Kognisi dalam Ruang	45
3.7 <i>Neuro-Adaptive Architecture</i> : Ruang yang Merespons Emosi.....	45
3.8 Pengukuran Emosi dalam Arsitektur	46
3.9 Prinsip Desain Berbasis Emosi dan Kognisi	47
3.10 Keterkaitan dengan Neuro-AI.....	47
3.11 Penutup Bab.....	48
3.12 Bahan Diskusi.....	48
BAB 4.....	50
KECERDASAN BUATAN DALAM MEMAHAMI PERILAKU DAN PREFERENSI RUANG	50
4.1 Pendahuluan	50
4.2 Peran AI dalam Arsitektur Kontemporer	51
4.3 <i>Machine Learning</i> sebagai Inti AI dalam Desain....	52
4.4 AI untuk Memahami Perilaku Manusia dalam Ruang	53
4.5 AI dalam Prediksi Preferensi Ruang.....	54
4.6 Generative AI dalam Desain Arsitektur	55
4.7 AI sebagai <i>Co-Designer</i>	56
4.8 Neuro-AI: Menghubungkan Data Otak dan AI	56
4.9 AI dan Loop Desain Adaptif	57
4.10 Keterbatasan AI dalam Arsitektur	58

4.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur.....	58
4.12 Penutup Bab.....	59
4.13 Bahan Diskusi.....	59
BAB 5.....	61
MODEL KECERDASAN BUATAN UNTUK DESAIN ARSITEKTUR	61
5.1 Pendahuluan	61
5.2 Machine Learning dalam Arsitektur	62
5.3 Jenis-Jenis <i>Machine Learning</i>	63
5.4 <i>Neural Network</i> : Meniru Cara Otak Bekerja	64
5.5 <i>Deep Learning</i> dan Kompleksitas Desain	65
5.6 Model Generatif dalam Arsitektur	66
5.7 <i>Input–Output</i> dalam Sistem AI Desain	67
5.8 Arsitektur Sistem AI (<i>AI System Architecture</i>)	68
5.9 Tantangan dalam Model AI untuk Arsitektur	68
5.10 Transformasi Peran Arsitek	69
5.11 Keterkaitan dengan Neuro-AI.....	70
5.12 Penutup Bab.....	70
5.13 Bahan Diskusi.....	71
BAB 6.....	73
KRITIK DAN ETIKA KECERDASAN BUATAN DALAM ARSITEKTUR	73

6.1 Pendahuluan	73
6.2 Mengapa Etika Penting dalam AI Arsitektur	74
6.3 Isu Etika Utama dalam AI Arsitektur	75
6.4 AI dan Ketidakadilan Spasial	77
6.5 <i>Value Sensitive Design</i> (VSD).....	78
6.6 <i>Ethics-by-Design</i> dalam AI	79
6.7 Prinsip Etika AI dalam Arsitektur	79
6.8 AI sebagai Kolaborator, Bukan Pengganti	80
6.9 Etika dalam Konteks Indonesia.....	81
6.10 Implikasi bagi Desain Neuro-AI.....	81
6.11 Penutup Bab	82
6.12 Bahan Diskusi.....	83
BAB 7.....	84
METODE EKSPERIMEN DESAIN BERBASIS NEURO-AI	84
7.1 Pendahuluan	84
7.2 Hakikat Eksperimen dalam Neuroarsitektur	85
7.3 Posisi Eksperimen dalam Proses Desain.....	86
7.4 Komponen Utama Eksperimen Neuro-AI	87
7.5 Desain Eksperimen dalam Neuro-AI	89
7.6 Integrasi AI dalam Eksperimen	90
7.7 Langkah-Langkah Eksperimen Neuro-AI	91
7.8 Tantangan dalam Eksperimen Neuro-AI	92

7.9 Validitas dan Reliabilitas	93
7.10 Implikasi bagi Desain Arsitektur.....	93
7.11 Keterkaitan dengan RPS	94
7.12 Penutup Bab.....	94
7.13 Bahan Diskusi.....	95
BAB 8.....	96
DESAIN MULTISENSORI BERBASIS NEUROARSITEKTUR	96
8.1 Pendahuluan	96
8.2 Konsep Dasar Desain Multisensoris	97
8.3 Pergeseran dari Visual ke multisensoris	98
8.4 Sistem Sensoris dalam Desain Arsitektur	98
8.5 Integrasi Sensoris (<i>Crossmodal Design</i>).....	103
8.6 Multisensoris dan Emosi Ruang.....	103
8.7 Strategi Desain multisensoris.....	104
8.8 Multisensori dalam Berbagai Tipologi Ruang.....	106
8.9 Integrasi dengan Teknologi dan AI	106
8.10 Multisensoris dan Neuroarsitektur.....	107
8.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur.....	107
8.12 Keterkaitan dengan RPS	108
8.13 Penutup Bab.....	108
8.14 Bahan Diskusi.....	109
BAB 9.....	110

AI DALAM PROSES DESAIN ITERATIF	110
9.1 Pendahuluan	110
9.2 Hakikat Desain Iteratif dalam Arsitektur	111
9.3 Peran AI dalam Iterasi Desain	112
AI memperluas ruang kemungkinan desain secara drastis.	112
9.4 <i>Generative Design</i> sebagai Inti Iterasi AI.....	112
9.5 <i>Workflow</i> Desain Iteratif Berbasis AI	113
9.6 <i>Human–AI Collaboration</i> dalam Iterasi Desain ...	114
9.7 <i>Prompt-Based Design</i> (Desain Berbasis <i>Prompt</i>)	115
9.8 Iterasi dan Kreativitas.....	116
9.9 Iterasi Berbasis Data dan Neuro-AI.....	117
9.10 Tantangan dalam Iterasi Berbasis AI	118
9.11 Integrasi Iterasi AI dalam Studio Desain	118
9.12 Keterkaitan dengan RPS	119
9.13 Penutup Bab.....	119
9.14 Bahan Diskusi.....	120
BAB 10.....	122
DATA SENSOR DALAM DESAIN ADAPTIF: EEG, <i>EYE-</i> <i>TRACKING</i> , DAN SISTEM BIOMETRIK.....	122
10.1 Pendahuluan	122
10.2 Peran Data Sensor dalam Neuro-AI	123

10.3 EEG (<i>Electroencephalography</i>) dalam Arsitektur	124
10.4 <i>Eye-Tracking</i> dalam Arsitektur	125
10.5 Kombinasi EEG dan <i>Eye-Tracking</i>	126
10.6 Sensor Biometrik Lain	127
10.7 <i>Virtual Reality</i> (VR) dalam Pengambilan Data ...	128
10.8 Translasi Data ke Desain	128
10.9 Sistem Desain Adaptif Berbasis Sensor	129
10.10 Tantangan dalam Penggunaan Sensor	130
10.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur.....	130
10.12 Keterkaitan dengan RPS	131
10.13 Penutup Bab.....	131
10. 14 Bahan Diskusi	132
BAB 11.....	133
ETIKA DAN KEBERLANJUTAN DALAM DESAIN NEURO-AI	133
11.1 Pendahuluan	133
11.2 Etika dalam Konteks Arsitektur dan Teknologi ..	134
11.3 Prinsip Etika dalam AI dan Neuro-AI.....	135
11.4 Etika Data dalam Arsitektur Berbasis Sensor....	136
11.5 Keberlanjutan dalam Era Neuro-AI.....	137
11.6 Neuro-AI dan Keberlanjutan Manusia	138

11.7 <i>Smart City</i> ke <i>Sense-able City</i>	138
11.8 Risiko Neuro-AI: Dari Adaptif ke Manipulatif	139
11.9 <i>Value-Sensitive Neuro-AI Design</i>	140
11.10 Konteks Lokal dan Budaya.....	140
11.11 Kerangka Etika Neuro-AI dalam Arsitektur	141
11.12 Implikasi bagi Praktik Arsitektur	142
11.13 Keterkaitan dengan RPS	142
11.14 Penutup Bab	142
11.15 Bahan Diskusi.....	143
BAB 12.....	145
PENYUSUNAN PROTOTIPE DESAIN BERBASIS NEURO-AI	145
12.1 Pendahuluan	145
12.2 Peran Prototipe dalam Desain Neuro-AI	146
12.3 Jenis Prototipe dalam Arsitektur Neuro-AI.....	147
12.4 <i>Framework</i> Prototipe Neuro-AI	149
12.5 Proses Penyusunan Prototipe	150
12.6 Prototipe sebagai Media Pengetahuan	152
12.7 Human Experience sebagai Parameter Utama .	152
12.8 Prototipe dan Desain Adaptif.....	153
12.9 Tantangan dalam Penyusunan Prototipe	153
12.10 Implikasi bagi Pendidikan Arsitektur	154

12.11 Keterkaitan dengan RPS	154
12.12 Penutup Bab	155
12.13 Bahan Diskusi.....	155
BAB 13.....	157
PRESENTASI DAN KOMUNIKASI DESAIN BERBASIS NEURO-AI.....	157
13.1 Pendahuluan	157
13.2 Hakikat Komunikasi dalam Arsitektur	158
13.3 Presentasi sebagai Bagian dari Proses Desain..	158
13.4 Media Komunikasi dalam Arsitektur.....	159
13.5 Visualisasi Arsitektur (<i>Architectural Visualization</i>)	160
13.6 Komunikasi Data dalam Desain Neuro-AI	161
13.7 Narasi Desain (<i>Design Storytelling</i>)	162
13.8 Komunikasi kepada Berbagai <i>Stakeholder</i>	162
13.9 Komunikasi Interaktif dalam Era Digital.....	163
13.10 Peran AI dalam Presentasi Desain.....	164
13.11 Prinsip Presentasi Desain Neuro-AI	164
13.12 Kesalahan Umum dalam Presentasi Desain ...	165
13.13 Keterkaitan dengan RPS	166
13.14 Penutup Bab	166
13.15 Bahan Diskusi.....	166

BAB 14.....	168
FINALISASI DAN REFLEKSI: MASA DEPAN ARSITEKTUR NEURO-AI.....	168
14.1 Pendahuluan	168
14.2 Sintesis: Dari Disiplin ke Sistem.....	169
14.3 Transformasi Paradigma Arsitektur	170
14.4 Arsitektur sebagai Sistem Adaptif	171
14.5 <i>Neuroarchitecture</i> dan Kesejahteraan Manusia	171
14.6 Integrasi dengan Keberlanjutan	172
14.7 Tantangan Masa Depan	173
14.8 Arah Masa Depan: <i>Artificially Intelligent Neuroarchitecture</i>	174
14.9 Peran Arsitek di Masa Depan	175
14.10 Pendidikan Arsitektur di Era Neuro-AI	175
14.11 Refleksi Filosofis	176
14.12 Penutup Buku (<i>Closing Statement</i>)	176
14.13 Bahan Diskusi.....	177
Referensi	179
Glosarium.....	191
Penulis	198
Lampiran: Contoh Rencana Pembelajaran Semester ...	199

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

AI = *Artificial Intelligence*

NA = *Neuroarchitecture*

+

AINA = *Artificially Intelligent Neuroarchitecture*

AINA → *Neuro-responsive architecture*

Neuroarsitektur selalu ada dalam konteks multisensoris.

BAB 1

PENGANTAR NEUROARSITEKTUR DAN KECERDASAN BUATAN DALAM DESAIN

1.1 Pendahuluan

Arsitektur selama berabad-abad berkembang sebagai disiplin yang menggabungkan seni, teknik, dan pengalaman manusia. Namun, dalam banyak praktik konvensional, desain seringkali berangkat dari **intuisi, estetika, dan fungsi**, tanpa memahami secara mendalam bagaimana ruang benar-benar diproses oleh otak manusia.

Padahal, manusia tidak sekadar “menggunakan” ruang—ia **merasakan, menafsirkan, dan merespons ruang secara neurologis**.

Perkembangan ilmu saraf (*neuroscience*) dan teknologi komputasi, khususnya kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), telah membuka peluang baru untuk

memahami hubungan antara manusia dan lingkungan binaan secara lebih objektif dan terukur.

Di sinilah muncul pendekatan baru yang disebut:

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI

Pendekatan ini tidak hanya mengubah cara kita merancang, tetapi juga mengubah cara kita memahami arsitektur itu sendiri.

1.2 Neuroarsitektur: Memahami Hubungan Otak dan Ruang

Neuroarsitektur merupakan bidang interdisipliner yang menggabungkan arsitektur dengan ilmu saraf, psikologi, dan ilmu perilaku.

Secara umum, neuroarsitektur dapat dipahami sebagai: pendekatan desain yang mempelajari hubungan antara lingkungan binaan dengan kondisi mental, emosional, dan fisiologis manusia [1].

Penelitian menunjukkan bahwa:

- ruang dapat memengaruhi **emosi, stres, dan kenyamanan,**
- elemen seperti **cahaya, bunyi, aroma, tekstur, dan suhu** memicu respons otak tertentu [1],

- lingkungan binaan berperan penting dalam membentuk **kognisi, perilaku, dan kesejahteraan manusia** [2].

Dengan kata lain:

Arsitektur bukan hanya ruang fisik,
tetapi juga pengalaman neurologis.

Neuroarsitektur berkembang sebagai bagian dari pendekatan **evidence-based design**, yaitu desain yang didasarkan pada bukti ilmiah, bukan semata intuisi.

1.3 Kecerdasan Buatan dalam Arsitektur

Kecerdasan buatan (AI) merupakan teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk:

- belajar dari data (*machine learning*),
- mengenali pola,
- membuat prediksi,
- bahkan menghasilkan desain (*generative AI*).

Dalam konteks arsitektur, AI digunakan untuk:

- menganalisis perilaku pengguna,
- mengidentifikasi preferensi ruang,
- menghasilkan alternatif desain,

- mengoptimasi performa bangunan.

Lebih jauh lagi, AI memungkinkan integrasi antara **data manusia dan proses desain**.

Dalam pendekatan Neuro-AI:

AI berfungsi sebagai “mesin pembaca pola” dari respons manusia terhadap ruang.

1.4 Integrasi Neuroarsitektur dan AI

Perkembangan mutakhir menunjukkan bahwa neuroarsitektur dan AI tidak lagi berjalan sendiri-sendiri, tetapi mulai terintegrasi dalam satu kerangka kerja desain.

Pendekatan ini:

- mengukur respons manusia (melalui EEG, *eye-tracker*, dll.),
- menganalisis data menggunakan AI,
- menerjemahkan hasilnya menjadi keputusan desain.

Pendekatan ini terbukti mampu:

- meningkatkan fokus dan produktivitas,
- menurunkan stres,
- meningkatkan kenyamanan ruang [3].

1.5 Dua Paradigma Desain Neuro-AI

Dalam buku ini, desain berbasis Neuroarsitektur dan AI dipahami melalui **dua paradigma utama**:

1.5.1 Desain sebagai Proses (*Design-Time Neuro-AI*)

Paradigma pertama melihat desain sebagai proses yang:

- berbasis data neurologis,
- didukung AI,
- bersifat eksperimental.

Definisi:

Desain yang pengembangannya melibatkan konsep neuroarsitektur dan AI

Dalam paradigma ini:

- desain diuji sebelum dibangun,
- respons otak digunakan sebagai dasar evaluasi,
- AI membantu eksplorasi alternatif desain.

Contoh:

- penggunaan EEG untuk menguji kenyamanan visual fasad,
- simulasi ruang menggunakan AI generatif,

- prediksi preferensi pengguna berbasis *machine learning*.
-

1.5.2 Desain sebagai Sistem Operasional (*Operation-Time Neuro-AI*)

Paradigma kedua melihat desain sebagai sistem yang terus bekerja setelah bangunan selesai.

Definisi:

Desain yang setelah diwujudkan, operasinya melibatkan neuroarsitektur dan AI

Dalam paradigma ini:

- bangunan menjadi sistem adaptif,
- lingkungan merespons kondisi pengguna secara *real-time*,
- AI mengolah data pengguna secara berkelanjutan.

Contoh:

- pencahayaan yang menyesuaikan tingkat stres pengguna,
- sistem bunyi yang menyesuaikan suasana emosional,
- ruang kerja yang berubah berdasarkan tingkat fokus.

1.6 Dari Objek ke Sistem: Transformasi Paradigma Arsitektur

Integrasi Neuroarsitektur dan AI membawa perubahan mendasar:

Tabel 1. Paradigma lama dan baru.

Paradigma Lama	Paradigma Baru
Bangunan sebagai objek	Bangunan sebagai sistem
Desain statis	Desain adaptif
Berbasis intuisi	Berbasis data
Evaluasi subjektif	Evaluasi neurologis
Selesai saat dibangun	Terus berkembang

Dengan demikian:

Arsitektur tidak lagi “selesai” ketika dibangun, tetapi terus belajar dan berkembang.

1.7 Neuro-AI Design Loop

Pendekatan ini dapat dipahami sebagai siklus:

1. Mengamati manusia

2. Mengukur respons otak
3. Menganalisis dengan AI
4. Menghasilkan desain
5. Mengimplementasikan ruang
6. Mengumpulkan data ulang

Siklus ini menciptakan:

- desain yang semakin presisi,
 - ruang yang semakin personal,
 - arsitektur yang semakin manusiawi.
-

1.8 Posisi Mata Kuliah dalam Kerangka Ilmiah

Berdasarkan RPS (lihat di bagian belakang buku ini), mata kuliah ini bertujuan:

- menganalisis dampak Neuro-AI terhadap pengalaman ruang,
- merancang prototipe desain berbasis Neuro-AI.

Dengan demikian, pendekatan ini berada pada irisan:

- Neuroarsitektur,
- *Artificial Intelligence*,

- Psikologi lingkungan,
 - *Human-centered design*.
-

1.9 Implikasi bagi Pendidikan Arsitektur

Pendekatan Neuro-AI mengubah cara belajar arsitektur:

Mahasiswa tidak hanya:

- menggambar,
- merancang.

Tetapi juga:

- mengukur,
- menganalisis,
- menguji,
- memvalidasi.

Sehingga:

Arsitek masa depan adalah

designer + scientist + data interpreter

1.10 Penutup Bab

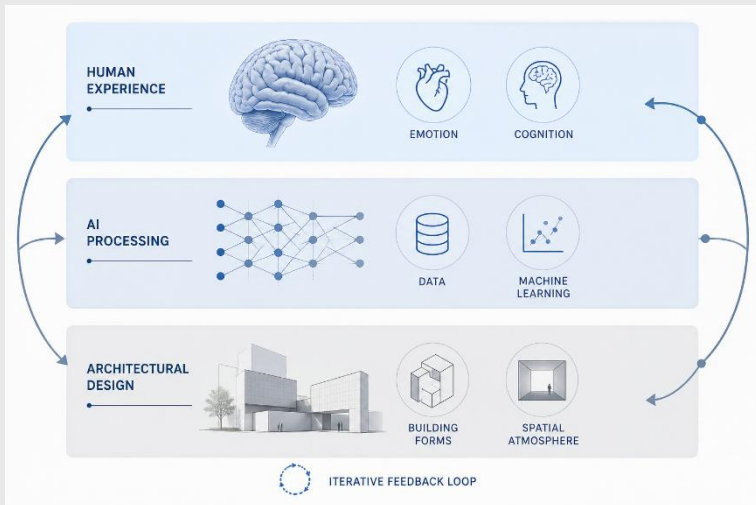
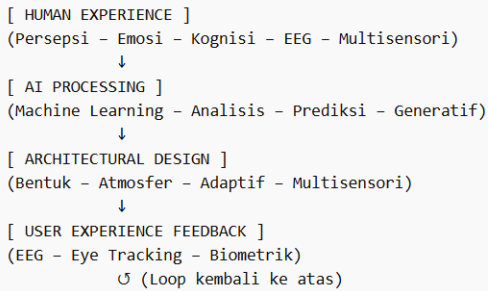
Arsitektur selama ini dirancang untuk manusia, namun belum sepenuhnya memahami manusia.

Neuroarsitektur membawa kita masuk ke dalam pikiran.
Kecerdasan buatan membawa kita melampaui
keterbatasan pikiran itu sendiri.

Ketika keduanya dipertemukan,
arsitektur tidak lagi sekadar membentuk ruang—
tetapi membentuk pengalaman, emosi, dan kesadaran.

Dan mungkin, untuk pertama kalinya dalam sejarah,
ruang yang kita rancang...
dapat mulai memahami kita kembali.

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI



Gambar 1. Pengalaman manusia, proses AI dan desain arsitektur.

1.11 Bahan Diskusi

Pertanyaan Pemahaman

1. Apa yang dimaksud dengan neuroarsitektur?

2. Apa perbedaan AI generatif dan AI analitik dalam arsitektur?



Pertanyaan Analitis

3. Mengapa arsitektur mulai membutuhkan pendekatan berbasis data?
4. Apa hubungan antara pengalaman manusia dan desain ruang?
5. Bagaimana AI dapat membantu proses desain arsitektur?



Pertanyaan Reflektif

6. Apakah teknologi membuat arsitektur menjadi lebih manusiawi atau justru sebaliknya?
7. Apakah ruang di masa depan perlu “memahami” penggunaanya?



Studio / Eksperimen

8. Gambarkan skema hubungan manusia–AI–arsitektur.
9. Pilih satu bangunan terkenal dan analisis apakah bangunan tersebut sudah memiliki pendekatan neuroarsitektur.

 Mini Research Challenge

10. Rancang ide eksperimen sederhana untuk menguji respons manusia terhadap ruang tertentu.

BAB 2

OTAK, PERSEPSI, DAN RUANG

2.1 Pendahuluan

Manusia tidak pernah mengalami ruang secara netral. Setiap ruang yang kita masuki—lorong sempit, gereja yang sunyi, atau ruang kelas—selalu diproses oleh otak melalui mekanisme yang kompleks.

Ruang tidak hanya **dilihat**, tetapi juga:

- diinterpretasikan,
- dirasakan,
- diberi makna.

Dalam konteks neuroarsitektur, pemahaman tentang persepsi ruang menjadi fundamental, karena:

Desain arsitektur pada akhirnya adalah desain pengalaman otak.

Bab ini membahas bagaimana otak manusia:

- menerima stimulus ruang,
- memprosesnya secara kognitif dan emosional,

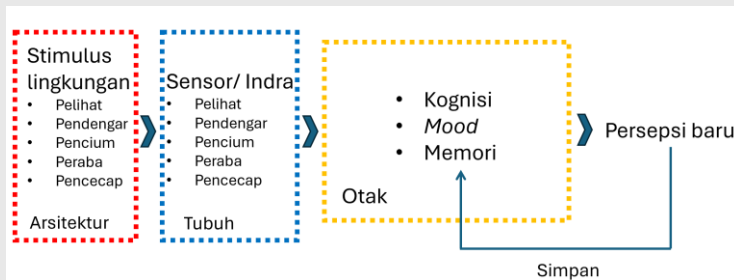
- menghasilkan respons terhadap lingkungan binaan.

2.2 Persepsi: Dari Stimulus ke Pengalaman

Persepsi adalah proses ketika otak:

- menerima informasi sensoris,
- mengorganisasi,
- menafsirkan.

Sehingga menghasilkan pengalaman bermakna.



Gambar 2. Arsitektur sebagai gubahan stimulus.

Dalam ilmu kognitif, persepsi tidak bersifat pasif, tetapi aktif:

Otak tidak hanya menerima dunia, tetapi **membangun representasi dunia** [4][5].

Lebih jauh, konsep ***embodied cognition*** menunjukkan bahwa persepsi:

- dipengaruhi oleh tubuh,
- dipengaruhi oleh pengalaman,
- dipengaruhi oleh konteks situasi [6].

Artinya:

Dua orang bisa merasakan ruang yang sama secara berbeda.

2.3 Sistem Sensoris dalam Arsitektur

Persepsi ruang melibatkan sistem multisensoris:

1. Visual (penglihat), a.l.:

- bentuk, warna, cahaya,
- perspektif dan kedalaman.

2. Auditorial (pendengar), a.l.:

- gema, kebisingan,

- kualitas akustik ruang.

3. Taktil (peraba), a.l.:

- tekstur material,
- temperatur permukaan.

4. Olfaktorial (pencium), a.l.:

- aroma ruang,
- memori emosional.

5. Gustatorial (pencecap), a.l.:

- rasa makanan

6. Proprioseptif & kinestetik

- posisi tubuh,
- pergerakan dalam ruang.

Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi sistem ini membentuk pengalaman ruang yang utuh, bukan parsial [2].

2.4 *Spatial Cognition*: Bagaimana Otak Memahami Ruang

Spatial cognition (kognisi spasial) adalah kemampuan manusia untuk:

- memahami posisi,
- mengenali pola ruang,
- bernavigasi.

Secara ilmiah:

Spatial cognition adalah proses memperoleh dan menggunakan pengetahuan tentang lingkungan spasial [7].

Komponen penting:

- *Cognitive maps* (peta mental),
- *Landmark recognition*,
- *Route planning*.

Dalam arsitektur, ini berkaitan dengan:

- orientasi ruang,
- *wayfinding*,
- keterbacaan desain.

2.5 Otak dan Respons terhadap Lingkungan Binaan

Penelitian neuroarsitektur menunjukkan bahwa:

Lingkungan binaan memengaruhi **kognisi, emosi, dan perilaku manusia** [2].

Elemen arsitektur seperti:

- geometri,
- pencahayaan,
- skala ruang.

dapat memicu aktivitas pada area otak tertentu yang berkaitan dengan:

- stres,
- kenyamanan,
- perhatian.

Misalnya:

- ruang sempit → meningkatkan stres,
 - ruang terbuka → meningkatkan relaksasi.
-

2.6 Mekanisme Neurologis Persepsi Ruang

Beberapa mekanisme penting:

1. *Visual Cortex*

Memproses bentuk, warna, dan gerakan

2. *Hippocampus*

Berperan dalam:

- navigasi,
- memori spasial.

3. *Amygdala*

Mengolah:

- emosi,
- rasa takut atau nyaman.

4. *Prefrontal Cortex*

Mengatur:

- keputusan,
- evaluasi ruang.

Penelitian menunjukkan bahwa elemen ruang dapat memicu aktivitas pada area-area ini secara simultan [8].

2.7 Affordance: Ruang sebagai Peluang Aksi

Konsep penting dalam neuroarsitektur adalah **affordance**, yaitu:

kemungkinan tindakan yang ditawarkan oleh suatu lingkungan

Contoh:

- pintu terbuka → mengundang masuk,
- tangga → mengundang naik.

Penelitian EEG menunjukkan bahwa:

- otak dapat mengenali *affordance* dalam waktu <200 ms,
- bahkan sebelum tindakan dilakukan [9].

Ini sangat penting:

Desain tidak hanya dilihat, tetapi langsung “dibaca sebagai aksi”.

2.8 Emosi dalam Persepsi Ruang

Persepsi ruang tidak pernah bebas dari emosi.

Penelitian menunjukkan:

- elemen ruang memengaruhi **stress, mood, dan kenyamanan**,
- faktor seperti cahaya, warna, dan bentuk memicu respons emosional.

Dalam neuroarsitektur:

Ruang dapat dirancang untuk:

- menenangkan,
- memotivasi,
- atau menstimulasi.

Hal ini didukung oleh studi yang menunjukkan hubungan langsung antara elemen ruang dan aktivitas otak terkait emosi [10].

2.9 Peran Teknologi dalam Mengukur Persepsi

Pendekatan modern menggunakan:

EEG (*Electroencephalography*)

- mengukur gelombang otak,
- mendeteksi stres, fokus, relaksasi.

Eye-tracking

- melacak fokus visual,
- memahami perhatian pengguna.

VR (*Virtual Reality*)

- mensimulasikan ruang sebelum dibangun.

Teknologi ini memungkinkan:

persepsi ruang diukur secara objektif, bukan hanya subjektif [10].

2.10 Implikasi bagi Desain Arsitektur

Dari seluruh pembahasan, muncul beberapa prinsip penting:

1. Desain harus berbasis persepsi manusia

bukan hanya estetika

2. Ruang adalah pengalaman multisensoris

bukan visual saja

3. Otak merespons ruang secara cepat dan otomatis

4. Emosi adalah bagian integral dari desain

5. Data neuro dapat digunakan sebagai dasar desain

2.11 Keterkaitan dengan Neuro-AI

Bab ini menjadi fondasi untuk memahami:

- bagaimana data otak dihasilkan,
- bagaimana persepsi terbentuk.

Yang kemudian akan:

- dianalisis oleh AI,
- digunakan dalam proses desain.

Dengan kata lain:

Neuroarsitektur menyediakan **data manusia**,
AI menyediakan **alat analisisnya**.

2.12 Penutup Bab

Ruang bukan hanya sesuatu yang kita tempati.
Ia adalah sesuatu yang kita alami—melalui otak kita.

Setiap cahaya, setiap aroma, setiap sudut, setiap tekstur,
tidak hanya hadir secara fisik,
tetapi juga hadir sebagai sinyal neurologis.

Dan di sanalah,
arsitektur mulai berubah makna:

bukan sekadar membangun ruang,
tetapi membentuk cara manusia merasakan dunia.

2.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi *hippocampus* dalam pengalaman ruang?
2. Mengapa persepsi ruang bersifat multisensoris?



Analitis

3. Bagaimana aaroma memengaruhi persepsi ruang?
4. Apa hubungan antara memori dan pengalaman arsitektural?
5. Mengapa dua orang dapat merasakan ruang yang sama secara berbeda?



Reflektif

6. Apakah persepsi ruang lebih dipengaruhi oleh bentuk fisik atau pengalaman hidup seseorang?
7. Apakah desain dapat memengaruhi cara manusia berpikir?



Studio

8. Analisis ruang kampus menggunakan pendekatan persepsi multisensoris.
9. Buat diagram alur stimulus → otak → pengalaman ruang.



Mini Research Challenge

10. Usulkan eksperimen sederhana untuk menguji pengaruh warna terhadap fokus pengguna.

BAB 3

EMOSI, KOGNISI, DAN PENGALAMAN ARSITEKTURAL

3.1 Pendahuluan

Jika Bab 2 membahas bagaimana otak **memersepsi ruang**, maka Bab 3 menjawab pertanyaan yang lebih dalam:

Mengapa ruang tertentu terasa nyaman, menenangkan, atau justru menekan?

Jawabannya terletak pada **emosi dan proses kognitif** yang terjadi di dalam otak.

Arsitektur tidak pernah netral.

Setiap ruang selalu:

- memicu emosi,
- membentuk suasana hati,
- memengaruhi cara berpikir.

Dengan demikian:

Desain arsitektur pada hakikatnya adalah desain **pengalaman emosional dan kognitif manusia**.

3.2 Emosi sebagai Respons terhadap Ruang

Dalam ilmu saraf dan psikologi lingkungan, emosi dipahami sebagai:

- respons terhadap stimulus lingkungan,
- melibatkan sistem saraf, hormon, dan kognisi.

Penelitian neuroarsitektur menunjukkan bahwa:

Lingkungan binaan dapat memicu perubahan emosi seperti stres, relaksasi, atau kenyamanan [11].

Lebih spesifik:

- ruang dengan elemen alami → meningkatkan relaksasi,
- ruang padat dan sempit → meningkatkan stres.

Penelitian dalam bidang **neuroestetika** juga menunjukkan bahwa:

komposisi visual dan ruang memiliki hubungan langsung dengan aktivitas otak yang berkaitan dengan emosi [12].

Artinya:

Arsitektur bekerja langsung pada sistem emosional manusia.

3.3 Model Emosi dalam Neuroarsitektur

Salah satu model yang banyak digunakan dalam penelitian emosi adalah:

Model VAD (*Valence – Arousal – Dominance*)

- **Valence** → positif vs negatif
- **Arousal** → tenang vs terstimulasi
- **Dominance** → kontrol vs tertekan

Model ini sering digunakan dalam penelitian EEG untuk memahami emosi manusia dalam ruang.

Penelitian berbasis EEG menunjukkan bahwa:

emosi dapat diidentifikasi melalui pola aktivitas otak yang berbeda [13].

Dalam konteks arsitektur:

Tabel 2. Kondisi ruang dan respons emosi.

Kondisi Ruang	Respons Emosi
terang, terbuka	<i>valence</i> positif
gelap, sempit	<i>valence</i> negatif
dinamis	<i>arousal</i> tinggi
minimal	<i>arousal</i> rendah

3.4 Kognisi dan Kenyamanan Ruang

Selain emosi, ruang juga memengaruhi **kognisi**, yaitu:

- perhatian,
- memori,
- pengambilan keputusan.

Dalam neuroarsitektur:

kenyamanan ruang tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga **kognitif**

Penelitian menunjukkan bahwa:

- tata ruang memengaruhi kemampuan navigasi,

- kompleksitas visual memengaruhi beban kognitif,
 - pencahayaan memengaruhi fokus dan produktivitas [11].
-

3.5 *Emotional Architecture*

Konsep ***emotional architecture*** menjelaskan bahwa: ruang dapat dirancang secara sengaja untuk memicu emosi tertentu

Menurut berbagai studi neuroarsitektur:

- bentuk melengkung → lebih menenangkan,
- bentuk tajam → lebih menstimulasi,
- pencahayaan alami → meningkatkan kesejahteraan.

Penelitian juga menunjukkan bahwa:

mismatch sensoris (misalnya antara suara dan visual) dapat memicu respons emosional yang kuat [14].

Ini sangat penting:

Emosi bukan efek samping desain, tetapi bisa menjadi **tujuan desain**.

3.6 Interaksi Emosi dan Kognisi dalam Ruang

Emosi dan kognisi tidak bekerja terpisah.

- emosi memengaruhi keputusan,
- kognisi memengaruhi interpretasi emosi.

Dalam arsitektur:

- ruang yang nyaman → meningkatkan fokus
- ruang yang stres → menurunkan performa

Penelitian menunjukkan bahwa:

lingkungan binaan memengaruhi pengalaman manusia melalui interaksi antara persepsi, kognisi, dan emosi [11].

3.7 *Neuro-Adaptive Architecture*: Ruang yang Merespons Emosi

Perkembangan terbaru menunjukkan munculnya konsep:

Neuro-adaptive architecture

Yaitu:

bangunan yang mampu merespons emosi dan kondisi kognitif pengguna secara *real-time* [15].

Contohnya:

- pencahayaan berubah sesuai *mood*,
- suhu menyesuaikan tingkat stres,
- bunyi menyesuaikan aktivitas.

Ini menghubungkan langsung dengan:

- AI,
 - sensor,
 - sistem adaptif.
-

3.8 Pengukuran Emosi dalam Arsitektur

Pendekatan modern menggunakan:

1. EEG

- mengukur aktivitas otak,
- mendeteksi stres, fokus, relaksasi.

2. *Biometric sensors*

- detak jantung,
- respons kulit.

3. *Eye tracking*

- fokus visual,

- perhatian.

Penelitian menunjukkan:

emosi dapat diukur secara objektif melalui data neurologis, bukan hanya persepsi subjektif [13].

3.9 Prinsip Desain Berbasis Emosi dan Kognisi

Dari berbagai penelitian, muncul prinsip-prinsip penting:

- 1. Desain harus mempertimbangkan emosi pengguna**
 - 2. Kenyamanan adalah kombinasi fisik + kognitif + emosional**
 - 3. Ruang memengaruhi perilaku melalui emosi**
 - 4. Kompleksitas ruang harus dikontrol**
 - 5. Elemen alami meningkatkan kesejahteraan**
-

3.10 Keterkaitan dengan Neuro-AI

Bab ini menjadi jembatan penting:

- Emosi → menjadi data
- Kognisi → menjadi pola
- AI → menjadi alat analisis

Dengan kata lain:

Neuroarsitektur menyediakan **apa yang dirasakan manusia**,

AI membantu memahami dan memanfaatkannya dalam desain.

3.11 Penutup Bab

Ruang tidak hanya memengaruhi bagaimana kita bergerak, tetapi juga bagaimana kita merasa dan berpikir.

Setiap bentuk, cahaya, dan tekstur
diam-diam berbicara kepada otak kita.

Dan dalam keheningan itu,
arsitektur sebenarnya sedang bekerja—
membentuk emosi, membentuk pikiran,
dan pada akhirnya... membentuk manusia itu sendiri.

3.12 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa itu model *Valence–Arousal*?
2. Apa perbedaan emosi dan kognisi dalam pengalaman ruang?



Analitis

3. Bagaimana ruang dapat memicu stres?
4. Mengapa bentuk melengkung sering dianggap lebih nyaman?
5. Apa hubungan antara emosi dan kenyamanan ruang?



Reflektif

6. Apakah arsitektur dapat menyembuhkan manusia?
7. Haruskah arsitek secara sengaja “mengatur emosi” pengguna?



Studio

8. Rancang ruang yang memicu relaksasi.
9. Buat peta emosi untuk sebuah ruang publik.



Mini Research Challenge

10. Rancang metode untuk mengukur respons emosional pengguna terhadap interior tertentu.

BAB 4

KECERDASAN BUATAN DALAM MEMAHAMI PERILAKU DAN PREFERENSI RUANG

4.1 Pendahuluan

Jika neuroarsitektur membantu kita memahami **bagaimana manusia merasakan ruang**, maka kecerdasan buatan (AI) membantu kita menjawab pertanyaan berikutnya:

Bagaimana pola respons manusia tersebut dapat dianalisis, diprediksi, dan dimanfaatkan dalam desain?

Dalam konteks ini, AI bukan sekadar alat bantu visualisasi, tetapi menjadi:

- alat analisis,
- alat prediksi,
- bahkan *co-designer* dalam proses arsitektur.

Dengan demikian:

AI memungkinkan arsitektur bergerak dari pendekatan intuitif menuju pendekatan berbasis data dan prediksi.

4.2 Peran AI dalam Arsitektur Kontemporer

Penelitian menunjukkan bahwa AI telah mengubah cara kerja arsitektur secara signifikan:

- meningkatkan efisiensi desain,
- memungkinkan eksplorasi alternatif desain dalam jumlah besar,
- mengintegrasikan berbagai variabel (lingkungan, pengguna, energi).

AI mampu:

menganalisis *dataset* besar dan menghasilkan solusi desain yang responsif terhadap kebutuhan pengguna dan kondisi lingkungan [16].

Selain itu, AI juga:

- mempercepat proses desain,
 - membantu pengambilan keputusan,
 - meningkatkan kualitas desain berbasis performa.
-

4.3 *Machine Learning* sebagai Inti AI dalam Desain

Salah satu cabang utama AI yang digunakan dalam arsitektur adalah ***machine learning* (ML)**.

Machine learning memungkinkan sistem untuk:

- belajar dari data,
- menemukan pola,
- membuat prediksi.

Dalam arsitektur, ML digunakan untuk:

- analisis perilaku pengguna,
- prediksi preferensi ruang,
- optimasi desain.

Sebuah tinjauan sistematis menunjukkan bahwa:

machine learning telah digunakan dalam berbagai subbidang arsitektur, termasuk desain, simulasi, dan optimasi performa bangunan [17].

4.4 AI untuk Memahami Perilaku Manusia dalam Ruang

AI memiliki kemampuan untuk mengolah data perilaku manusia dalam skala besar, seperti:

- pola pergerakan,
- durasi aktivitas,
- interaksi dengan ruang.

Data ini dapat diperoleh dari:

- sensor,
- kamera,
- *wearable devices*,
- data neuro (EEG, *eye-tracking*).

Dengan analisis tersebut, AI dapat:

- mengidentifikasi pola penggunaan ruang,
- memahami preferensi pengguna,
- mendeteksi kondisi seperti stres atau kenyamanan.

Dengan kata lain:

AI mengubah data perilaku menjadi **pengetahuan desain**.

4.5 AI dalam Prediksi Preferensi Ruang

Salah satu kekuatan utama AI adalah kemampuan prediktifnya.

AI dapat:

- mempelajari preferensi pengguna dari data sebelumnya,
- memprediksi desain yang paling disukai,
- mengoptimasi solusi desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat digunakan untuk mengevaluasi dan memprediksi preferensi desain berdasarkan kriteria geometris dan emosional [18].

Namun, studi tersebut juga menunjukkan bahwa:

- AI masih memiliki keterbatasan dalam memahami aspek subjektif manusia,
 - perlu integrasi dengan data neuro dan pengalaman nyata.
-

4.6 *Generative AI* dalam Desain Arsitektur

Perkembangan terbaru adalah munculnya **Generative AI**, yang mampu:

- menghasilkan bentuk arsitektur,
- menciptakan atmosfer ruang,
- mengeksplorasi alternatif desain secara otomatis.

Teknologi ini berbasis:

- *deep learning*,
- model generatif (GAN, *diffusion models*).

Studi literatur menunjukkan bahwa:

generative AI dapat digunakan dalam berbagai tahap desain arsitektur, mulai dari ide awal hingga pengembangan bentuk ([arXiv](#))

Dalam praktik:

- arsitek memberikan *prompt*,
- AI menghasilkan desain,
- arsitek mengevaluasi dan memilih.

Ini mengubah peran arsitek dari:

- “pencipta tunggal” menjadi “kurator dan pengarah desain”

4.7 AI sebagai *Co-Designer*

AI tidak menggantikan arsitek, tetapi berperan sebagai:

co-designer yang memperluas kapasitas kreativitas manusia

AI dapat:

- menghasilkan opsi desain yang tidak terpikirkan,
- menguji banyak kemungkinan secara cepat,
- membantu eksplorasi desain berbasis data.

Dalam praktik kontemporer:

AI digunakan sebagai kolaborator yang mampu memperkaya proses kreatif arsitektur [19].

4.8 Neuro-AI: Menghubungkan Data Otak dan AI

Dalam konteks buku ini, AI tidak berdiri sendiri.

AI bekerja bersama neuroarsitektur:

- data otak → *input*
- AI → analisis
- desain → *output*

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa:

integrasi neuroarsitektur dan AI memungkinkan penyesuaian elemen arsitektur secara dinamis berdasarkan respons manusia.

Ini adalah inti dari pendekatan:

Artificially Intelligent Neuroarchitecture

4.9 AI dan Loop Desain Adaptif

AI memungkinkan terbentuknya ***feedback loop*** dalam desain:

1. Pengguna berinteraksi dengan ruang,
2. Data dikumpulkan,
3. AI menganalisis,
4. Sistem menyesuaikan desain.

Namun, penelitian juga menunjukkan bahwa:

banyak proses desain dan evaluasi masih terpisah dan belum membentuk *loop* umpan balik yang utuh [18]. Ini menjadi peluang riset dan inovasi.

4.10 Keterbatasan AI dalam Arsitektur

Meskipun kuat, AI memiliki keterbatasan:

- 1. Tidak memahami makna secara mendalam**
- 2. Bergantung pada data**
- 3. Rentan bias**
- 4. Kesulitan memahami konteks budaya**

Karena itu:

AI harus digunakan sebagai alat bantu, bukan pengganti manusia.

4.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur

Dari pembahasan ini, muncul beberapa implikasi penting:

- 1. Desain menjadi berbasis data**
- 2. Proses desain menjadi iteratif dan eksploratif**
- 3. Peran arsitek berubah menjadi kurator**
- 4. AI membuka kemungkinan desain yang lebih kompleks**
- 5. Integrasi dengan neurodata menjadi kunci masa depan**

4.12 Penutup Bab

Jika neuroarsitektur mengajarkan kita untuk mendengarkan manusia, maka kecerdasan buatan mengajarkan kita untuk memahami pola dari apa yang kita dengar.

AI tidak merasakan ruang. Namun ia dapat membantu kita memahami bagaimana manusia merasakannya.

Dan di antara data dan emosi itu, lahirlah sebuah kemungkinan baru:

arsitektur yang tidak hanya dirancang—tetapi juga dipelajari, diprediksi, dan terus berkembang.

4.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi *machine learning* dalam arsitektur?
2. Apa yang dimaksud dengan *generative AI*?



Analitis

3. Bagaimana AI memprediksi preferensi pengguna?
4. Apa kelebihan AI dibanding metode desain tradisional?

5. Apa risiko penggunaan AI dalam desain?



Reflektif

6. Apakah AI dapat memahami manusia secara utuh?
7. Apakah AI dapat menjadi “arsitek”?



Studio

8. Buat *workflow* sederhana desain berbasis AI.
9. Analisis kemungkinan penggunaan AI pada rumah tinggal.



Mini Research Challenge

10. Rancang skenario penggunaan AI untuk menganalisis kenyamanan ruang belajar.

BAB 5

MODEL KECERDASAN BUATAN UNTUK DESAIN ARSITEKTUR

5.1 Pendahuluan

Jika Bab 4 membahas peran AI dalam memahami perilaku dan preferensi manusia, maka pertanyaan berikutnya adalah:

Bagaimana sebenarnya AI bekerja di balik layar?

Jawabannya terletak pada **model-model kecerdasan buatan**, terutama:

- *Machine Learning* (ML),
- *Deep Learning* (DL),
- *Neural Networks*.

Model-model ini memungkinkan komputer:

- belajar dari data,
- mengenali pola,
- menghasilkan prediksi,

- bahkan menciptakan desain.

Dalam konteks arsitektur:

Model AI adalah “mesin berpikir” yang menghubungkan data manusia dengan keputusan desain.

5.2 Machine Learning dalam Arsitektur

Definisi

Machine Learning (ML) adalah cabang AI yang memungkinkan sistem:

- belajar dari data,
- meningkatkan performa tanpa diprogram secara eksplisit.

Dalam arsitektur, ML digunakan untuk:

- analisis performa bangunan,
- prediksi preferensi pengguna,
- optimasi desain.

Sebuah tinjauan sistematis menunjukkan bahwa:

ML telah digunakan dalam berbagai subbidang arsitektur seperti CAD, simulasi, dan optimasi desain [17].

5.3 Jenis-Jenis *Machine Learning*

1. *Supervised Learning*

Model belajar dari data yang sudah memiliki label.

Contoh:

- data EEG → label “nyaman” / “tidak nyaman”,
- model belajar mengenali pola kenyamanan.

Aplikasi:

- prediksi preferensi ruang,
 - klasifikasi respons pengguna.
-

2. *Unsupervised Learning*

Model mencari pola tanpa label.

Contoh:

- mengelompokkan tipe pengguna berdasarkan perilaku ruang

Aplikasi:

- segmentasi pengguna,
 - eksplorasi pola perilaku.
-

3. Reinforcement Learning

Model belajar dari interaksi dan umpan balik.

Aplikasi:

- desain adaptif,
 - sistem ruang yang “belajar” dari pengguna.
-

5.4 Neural Network: Meniru Cara Otak Bekerja

Neural Network adalah model AI yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia.

Struktur:

- *neuron (node)*,
- *layer* (lapisan),
- koneksi antar *node*.

Model ini mampu:

- mengenali pola kompleks,
- memproses data besar,
- menghasilkan prediksi akurat.

Dalam arsitektur:

neural network memungkinkan analisis hubungan kompleks antara ruang dan respons manusia

Penelitian menunjukkan bahwa:

neural networks telah digunakan untuk optimasi desain dan prediksi performa bangunan [16].

5.5 *Deep Learning* dan Kompleksitas Desain

Deep Learning adalah pengembangan dari *neural network* dengan banyak lapisan (*deep layers*).

Keunggulan:

- mampu menangani data kompleks,
- cocok untuk:
 - gambar (visual ruang)
 - suara
 - data sensor.

Dalam arsitektur:

- analisis citra desain,
- generasi bentuk kompleks,

- interpretasi data neuro.

Penelitian menunjukkan bahwa:

deep neural networks dapat membantu proses desain dan meningkatkan visualisasi arsitektur [20].

5.6 Model Generatif dalam Arsitektur

Model generatif adalah salah satu perkembangan paling revolusioner dalam AI.

Model ini dapat:

- menghasilkan gambar,
- menciptakan bentuk,
- mengembangkan konsep desain.

Jenis model:

- GAN (*Generative Adversarial Network*),
- *Diffusion models*.

Dalam praktik:

- arsitek memberi *prompt*,
- AI menghasilkan alternatif desain.

Dampaknya:

eksplorasi desain menjadi hampir tak terbatas

5.7 *Input–Output* dalam Sistem AI Desain

Dalam konteks arsitektur berbasis Neuro-AI:

◆ **Input:**

- data EEG,
- *eye tracking*,
- preferensi pengguna,
- parameter desain.

◆ **Proses:**

- analisis ML/DL,
- identifikasi pola,
- optimasi solusi.

◆ **Output:**

- rekomendasi desain,
- alternatif bentuk,
- simulasi ruang.

Ini sesuai dengan pendekatan RPS:

- mahasiswa diminta menyusun **skema input-output AI dalam desain**

5.8 Arsitektur Sistem AI (*AI System Architecture*)

AI tidak hanya model, tetapi juga sistem.

Sistem AI biasanya terdiri dari:

1. ***Data Layer***
2. ***Model Layer (ML/DL)***
3. ***Processing Layer***
4. ***Application Layer (desain)***

Penelitian menunjukkan bahwa:

sistem berbasis ML memiliki kompleksitas tinggi dan membutuhkan keputusan arsitektur yang matang [21].

5.9 Tantangan dalam Model AI untuk Arsitektur

1. Kualitas data

Model sangat bergantung pada data

2. Interpretasi hasil

Output AI tidak selalu mudah dipahami

3. Integrasi dengan desain

Perlu translasi dari data → ruang

4. Kompleksitas sistem

ML system membutuhkan arsitektur yang matang

5.10 Transformasi Peran Arsitek

Dengan adanya model AI:

Dulu:

- arsitek = perancang

Sekarang:

- arsitek =
 - perancang
 - analis data
 - kurator desain

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI tidak menggantikan arsitek, tetapi mengubah peran mereka menjadi lebih kolaboratif [22].

5.11 Keterkaitan dengan Neuro-AI

Dalam konteks buku ini:

- Neuroarsitektur → menyediakan data manusia
- Model AI → mengolah data
- Desain → hasil integrasi

Dengan demikian:

model AI adalah “jembatan” antara otak manusia dan ruang arsitektur

5.12 Penutup Bab

Di balik setiap desain berbasis AI, terdapat sistem yang belajar, mengenali, dan memprediksi.

Ia tidak memiliki intuisi seperti manusia, namun ia memiliki kemampuan untuk melihat pola yang tidak terlihat oleh manusia.

Dan ketika pola-pola itu dipadukan dengan pemahaman tentang otak manusia, lahirlah sebuah kemungkinan baru:

arsitektur yang tidak hanya dirancang, tetapi juga dihitung, dipelajari, dan terus berkembang.

5.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa itu *neural network*?
2. Apa perbedaan *supervised* dan *unsupervised learning*?



Analitis

3. Mengapa *deep learning* cocok untuk analisis visual?
4. Bagaimana AI belajar dari data?
5. Apa keterbatasan model AI?



Reflektif

6. Apakah kreativitas dapat direduksi menjadi algoritma?
7. Apakah desain berbasis AI akan menghasilkan homogenisasi arsitektur?



Studio

8. Buat skema sederhana neural network untuk desain ruang.
9. Identifikasi data apa saja yang dapat digunakan untuk melatih AI desain.

 Mini Research Challenge

10. Usulkan model AI sederhana untuk mengklasifikasikan ruang nyaman dan tidak nyaman.
-

BAB 6

KRITIK DAN ETIKA KECERDASAN BUATAN DALAM ARSITEKTUR

6.1 Pendahuluan

Perkembangan kecerdasan buatan (AI) dalam arsitektur membawa peluang besar, namun juga menghadirkan pertanyaan mendasar:

Apakah desain berbasis AI selalu menghasilkan ruang yang lebih baik bagi manusia?

Jawabannya tidak selalu.

Di balik kemampuan AI untuk:

- mengolah data,
- menghasilkan desain,
- memprediksi perilaku.

terdapat berbagai isu etis yang perlu diperhatikan secara serius.

Karena itu:

AI dalam arsitektur bukan hanya persoalan teknologi, tetapi juga persoalan **nilai, tanggung jawab, dan kemanusiaan**.

6.2 Mengapa Etika Penting dalam AI Arsitektur

AI tidak bekerja dalam ruang hampa.

Ia:

- dilatih dengan data manusia,
- dibangun oleh manusia,
- digunakan untuk manusia.

Namun, penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat mereproduksi bias dan ketidakadilan yang ada dalam masyarakat [23].

Selain itu, UNESCO menegaskan bahwa:

penggunaan AI harus menjaga hak asasi manusia, keadilan, dan transparansi [24].

Artinya:

desain berbasis AI harus dipertanggungjawabkan secara etis, bukan hanya teknis.

6.3 Isu Etika Utama dalam AI Arsitektur

Berbagai studi dalam bidang AEC (*Architecture, Engineering, Construction*) mengidentifikasi sejumlah isu utama:

1. Bias Algoritmik

AI belajar dari data.

Jika data bias, maka hasilnya juga bias.

Contoh:

- preferensi desain tertentu mendominasi,
- kelompok tertentu tidak terwakili.

Penelitian menunjukkan bahwa:

bias dapat muncul dari data, desain sistem, maupun interaksi pengguna [23].

2. Privasi dan Data Manusia

Dalam konteks Neuro-AI:

- data EEG,
- data perilaku,
- data biometrik.

digunakan dalam desain.

Namun:

penggunaan data ini menimbulkan risiko pelanggaran privasi dan pengawasan berlebihan [25].

3. Transparansi dan “*Black Box*”

Banyak model AI bersifat:

- kompleks,
- sulit dijelaskan.

Akibatnya:

keputusan desain berbasis AI tidak selalu dapat dipahami oleh manusia

Ini menjadi masalah dalam praktik arsitektur yang membutuhkan akuntabilitas.

4. Ketergantungan pada Teknologi

AI dapat:

- mempercepat desain,
- meningkatkan efisiensi.

Namun, risiko yang muncul:

- berkurangnya peran kreativitas manusia,
- ketergantungan berlebihan pada sistem.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI tidak memiliki empati dan sensitivitas budaya seperti manusia [26].

5. Dampak Sosial dan Ekonomi

AI dalam arsitektur juga berdampak pada:

- tenaga kerja,
- profesi arsitek,
- struktur industri.

Studi menunjukkan bahwa:

otomatisasi dapat memicu perubahan besar dalam pekerjaan dan tanggung jawab profesional [25].

6.4 AI dan Ketidakadilan Spasial

Salah satu isu penting dalam arsitektur adalah:

apakah AI memperkuat atau mengurangi ketidakadilan spasial?

Karena:

- AI dilatih dari data historis,
- data tersebut mencerminkan ketimpangan.

Maka:

AI berpotensi memperkuat pola ketimpangan dalam desain kota dan ruang

Hal ini menjadi perhatian penting dalam desain berbasis keberlanjutan sosial [27].

6.5 *Value Sensitive Design (VSD)*

Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah etika adalah:

Value Sensitive Design (VSD)

VSD adalah pendekatan yang:

memasukkan nilai-nilai manusia secara eksplisit dalam proses desain teknologi [28].

Dalam konteks arsitektur:

- nilai sosial,
- nilai budaya,
- nilai keberlanjutan,

harus menjadi bagian dari sistem AI.

6.6 *Ethics-by-Design* dalam AI

Pendekatan modern menekankan:

Ethics-by-Design

Yaitu:

etika tidak ditambahkan di akhir, tetapi dirancang sejak awal sistem AI.

Laporan AI4People menunjukkan bahwa:

prinsip etika harus terintegrasi dalam seluruh siklus hidup AI [29].

6.7 Prinsip Etika AI dalam Arsitektur

Berdasarkan berbagai literatur, terdapat prinsip utama:

1. *Fairness* (Keadilan)

AI tidak boleh diskriminatif

2. *Transparency* (Transparansi)

Keputusan harus dapat dijelaskan

3. *Accountability* (Akuntabilitas)

Harus ada pihak yang bertanggung jawab

4. Privacy (Privasi)

Data manusia harus dilindungi

5. Human-centeredness

AI harus tetap berpusat pada manusia

Penelitian sistematis juga menunjukkan bahwa:

transparansi, *fairness*, dan akuntabilitas adalah prinsip paling umum dalam etika AI [30].

6.8 AI sebagai Kolaborator, Bukan Pengganti

Dalam konteks arsitektur:

AI sebaiknya diposisikan sebagai kolaborator, bukan pengganti manusia

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI memiliki keunggulan teknis, tetapi tidak memiliki empati dan penilaian etis manusia [26].

Ini sangat penting untuk pendidikan arsitektur:

- arsitek tetap menjadi pengambil keputusan utama,
- AI menjadi alat bantu.

6.9 Etika dalam Konteks Indonesia

Dalam konteks Indonesia, isu etika menjadi lebih kompleks karena:

- keberagaman budaya,
- perbedaan sosial-ekonomi,
- konteks lokal yang unik.

Maka:

desain berbasis AI harus mempertimbangkan nilai lokal, bukan hanya data global

6.10 Implikasi bagi Desain Neuro-AI

Dalam pendekatan Neuro-AI:

- data otak digunakan,
- AI menganalisis,
- desain dihasilkan.

Namun:

tanpa etika, sistem ini berpotensi menjadi alat kontrol, bukan alat kesejahteraan.

Oleh karena itu:

Desain Neuro-AI harus:

- menjaga martabat manusia
 - tidak manipulatif
 - transparan
-

6.11 Penutup Bab

Teknologi selalu membawa kekuatan.

Namun kekuatan tanpa arah, dapat menjadi risiko.

AI memberi kita kemampuan untuk:

- memahami manusia,
- memprediksi manusia,
- bahkan memengaruhi manusia.

Dan di titik itulah,

arsitektur menghadapi pertanyaan paling penting:

Apakah kita merancang untuk manusia,
atau kita mulai merancang manusia itu sendiri?

Etika menjadi kompas.

Tanpa itu, desain kehilangan arah.

6.12 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa yang dimaksud bias algoritmik?
2. Mengapa privasi penting dalam Neuro-AI?



Analitis

3. Apa risiko penggunaan data EEG?
4. Mengapa transparansi AI penting dalam desain?



Reflektif

5. Apakah AI dapat bersikap etis?
6. Apakah ruang adaptif dapat berubah menjadi ruang manipulatif?



Studio

7. Analisis isu etika pada *smart building*.
8. Buat guideline etika penggunaan AI dalam desain.



Mini Research Challenge

9. Rancang sistem Neuro-AI yang menjaga privasi pengguna.

BAB 7

METODE EKSPERIMEN DESAIN BERBASIS NEURO-AI

7.1 Pendahuluan

Setelah memahami:

- otak dan persepsi (Bab 2),
- emosi dan kognisi (Bab 3),
- AI dan modelnya (Bab 4–5).

maka pertanyaan penting berikutnya adalah:

Bagaimana semua konsep tersebut diuji secara ilmiah dalam desain arsitektur?

Jawabannya adalah melalui **eksperimen Neuro-AI**.

Eksperimen ini memungkinkan arsitek untuk:

- mengukur respons manusia,
- menguji desain secara objektif,
- memvalidasi keputusan desain.

Dengan demikian:

arsitektur bergerak dari *intuition-based design* menuju *evidence-based design*.

7.2 Hakikat Eksperimen dalam Neuroarsitektur

Eksperimen dalam neuroarsitektur bertujuan untuk:

- memahami hubungan antara stimulus ruang dan respons otak,
- mengidentifikasi pola pengalaman manusia,
- menguji efektivitas desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

pendekatan eksperimental menjadi kunci dalam menghubungkan arsitektur dengan *neuroscience* secara empiris [31].

Selain itu:

penggunaan EEG dalam desain memungkinkan pengukuran langsung efek ruang terhadap aktivitas otak [1].

7.3 Posisi Eksperimen dalam Proses Desain

Eksperimen dapat dilakukan pada berbagai tahap:

1. *Pre-design*

- memahami kebutuhan pengguna,
- mengumpulkan data awal.

2. *Design development*

- menguji alternatif desain.

3. *Design evaluation*

- mengevaluasi hasil desain.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa:

data EEG dapat digunakan dalam berbagai fase desain, mulai dari *guideline* hingga evaluasi keputusan [32].

Ini sangat penting:

eksperimen bukan tahap akhir,
tetapi bagian dari seluruh proses desain.

7.4 Komponen Utama Eksperimen Neuro-AI

Eksperimen Neuro-AI terdiri dari lima komponen utama:

1. Subjek (Pengguna)

- partisipan manusia,
- dapat mewakili target pengguna.

Variabel:

- usia,
- latar belakang,
- pengalaman ruang.

2. Stimulus (Ruang atau Desain)

Stimulus dapat berupa:

- ruang nyata,
- model digital,
- simulasi VR.

Penelitian menunjukkan bahwa:

kombinasi VR dan EEG memungkinkan simulasi ruang secara realistis sebelum dibangun [33].

3. Sensor dan Alat Ukur

Alat utama:

♦ EEG (*Electroencephalography*)

- mengukur gelombang otak,
- indikator: stres, fokus, relaksasi.

♦ Eye-tracking

- pola perhatian visual.

♦ Sensor fisiologis

- detak jantung,
- *galvanic skin response*.

Penelitian menunjukkan:

EEG adalah metode paling umum dalam eksperimen neuroarsitektur karena resolusi temporalnya tinggi [31].

4. Variabel Penelitian

Variabel independen:

- elemen-elemen stimulus indra,
- elemen-elemen pembentuk ruang.

Variabel dependen:

- respons otak.

5. Analisis (AI / Statistik)

Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan:

- statistik,
- *machine learning*,
- *pattern recognition*.

Di sinilah AI masuk sebagai bagian penting.

7.5 Desain Eksperimen dalam Neuro-AI

Beberapa jenis desain eksperimen:

1. Eksperimen Komparatif

Membandingkan dua atau lebih kondisi ruang.

Contoh:

- ruang terang vs gelap,
- ruang terbuka vs tertutup.

2. Eksperimen Simulatif

Menggunakan VR atau model digital.

Contoh:

- simulasi interior,
- simulasi fasad.

3. Eksperimen Lapangan

Dilakukan di ruang nyata.

Contoh:

- studi rumah tinggal,
- ruang publik.

Penelitian menunjukkan bahwa:

eksperimen lapangan dengan kombinasi data psikologis dan fisiologis memberikan hasil yang lebih komprehensif [34].

7.6 Integrasi AI dalam Eksperimen

AI digunakan untuk:

- 1. Analisis data kompleks**
- 2. Identifikasi pola**
- 3. Prediksi respons**
- 4. Generasi alternatif desain**

Dalam konteks Neuro-AI:

AI mengubah data eksperimen menjadi keputusan desain

7.7 Langkah-Langkah Eksperimen Neuro-AI

Berikut alur sistematis:

Langkah 1: Menentukan Tujuan

Contoh:

- menguji kenyamanan visual,
- mengukur stres dalam ruang.

Langkah 2: Menentukan Variabel

- apa yang diuji,
- apa yang diukur.

Langkah 3: Mendesain Stimulus

- model ruang,
- simulasi.

Langkah 4: Pengambilan Data

- EEG,
- sensor lain.

Langkah 5: Analisis Data

- statistik,
- AI.

Langkah 6: Interpretasi

- hubungan ruang–otak,
- implikasi desain.

Langkah 7: Iterasi Desain

- memperbaiki desain,
- menguji ulang.

7.8 Tantangan dalam Eksperimen Neuro-AI

Beberapa tantangan utama:

1. Kompleksitas data

2. Interpretasi hasil

3. Variabilitas manusia

4. Integrasi dengan desain

Penelitian menunjukkan bahwa:

aplikasi EEG dalam arsitektur masih berkembang dan membutuhkan penelitian lanjutan [32].

7.9 Validitas dan Reliabilitas

Eksperimen harus memenuhi:

Validitas

apakah benar mengukur yang dimaksud

Reliabilitas

apakah hasil konsisten

Pendekatan:

- kontrol variabel,
 - jumlah sampel,
 - replikasi eksperimen.
-

7.10 Implikasi bagi Desain Arsitektur

Eksperimen Neuro-AI memungkinkan:

♦ **Desain berbasis bukti**

♦ **Pengukuran objektif**

♦ **Iterasi desain cepat**

♦ **Personalisasi ruang**

7.11 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini langsung terkait dengan capaian:

- mahasiswa menyusun **proposal eksperimen Neuro-AI**,
- mahasiswa memahami integrasi:
 - sensor
 - AI
 - desain.

(ini sesuai dengan Minggu 7 dalam RPS , lihat di belakang buku ini.)

7.12 Penutup Bab

Eksperimen mengubah cara kita melihat arsitektur.

Ruang tidak lagi hanya dirancang,
tetapi diuji.

Tidak lagi hanya dibayangkan,
tetapi diukur.

Dan di antara data dan desain itu,
arsitektur menemukan bentuk barunya:

sebuah disiplin yang tidak hanya kreatif,
tetapi juga ilmiah.

7.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi eksperimen dalam neuroarsitektur?
2. Apa perbedaan variabel independen dan dependen?



Analitis

3. Mengapa kontrol variabel penting?
4. Apa tantangan eksperimen EEG?



Reflektif

5. Apakah semua pengalaman ruang dapat diukur?
6. Apakah data selalu lebih objektif daripada persepsi verbal?



Studio

7. Buat rancangan eksperimen sederhana berbasis EEG.
8. Buat diagram alur eksperimen Neuro-AI.



Mini Research Challenge

9. Rancang eksperimen VR untuk menguji kenyamanan ruang.

BAB 8

DESAIN MULTISENSORI BERBASIS NEUROARSITEKTUR

8.1 Pendahuluan

Arsitektur selama ini sering dipahami sebagai pengalaman visual.

Namun penelitian dalam neuroarsitektur dan kognisi menunjukkan bahwa:

pengalaman ruang pada dasarnya bersifat **multisensoris**, melibatkan seluruh indra manusia [35].

Artinya, manusia tidak hanya:

- melihat ruang
tetapi juga:
 - mendengar,
 - merasakan suhu,
 - mencium,
 - merasakan tekstur,
- bahkan “mengalami” ruang melalui tubuhnya.

Dengan demikian:

desain arsitektur yang efektif adalah desain yang mampu mengorkestrasi seluruh pengalaman sensoris secara terpadu.

8.2 Konsep Dasar Desain Multisensoris

Desain multisensoris adalah pendekatan yang:

mengintegrasikan berbagai stimulus sensoris untuk menciptakan pengalaman ruang yang utuh dan bermakna [36].

Penelitian menunjukkan bahwa:

- pengalaman multisensoris lebih kuat dibandingkan pengalaman tunggal (monosensoris),
- kombinasi sensoris yang konsisten meningkatkan kualitas pengalaman,
- ketidaksesuaian antar sensor dapat menurunkan kenyamanan [36].

Ini sangat penting:

ruang yang “baik” bukan hanya indah secara visual, tetapi juga selaras secara sensoris.

8.3 Pergeseran dari Visual ke multisensoris

Dalam sejarah arsitektur modern, terdapat kecenderungan: dominasi visual (*oculocentrism*)

Namun penelitian terbaru menunjukkan bahwa: pendekatan ini mulai ditinggalkan menuju pemahaman multisensori [37].

Implikasinya:

Tabel 3. Pergeseran dari mono ke multisensoris.

Pendekatan Lama	Pendekatan Baru
Fokus visual	multisensoris
Estetika bentuk	Pengalaman tubuh
Representasi	Atmosfer

8.4 Sistem Sensoris dalam Desain Arsitektur

Desain multisensoris melibatkan lima sistem utama:

1. Visual (Penglihat)

Elemen:

1. merasakan intensitas cahaya (*light intensity*),

2. mengenali warna (*color*),
3. membedakan kecerahan (*brightness*),
4. membedakan kontras (*contrast*),
5. mengenali pola (*pattern*),
6. merasakan skala (*scale*),
7. merasakan kesilauan (*glare*),
8. membedakan reflektivitas (*reflectivity*)
9. mengenali tranparansi (*transparency*).

dan masih banyak lagi.

Peran:

- orientasi ruang,
- persepsi estetika.

2. Auditorial (Pendengar)

Elemen:

- mengetahui keras-pelannya (amplitudo) bunyi,
- mengenali letak sumber bunyi,
- mengenali tinggi-rendah (frekuensi) bunyi,
- mengenali sumber bunyi,

- mengenali warna bunyi,
- mengenali efek meruang bunyi.

Penelitian menunjukkan bahwa:

- suara memengaruhi persepsi keamanan dan kenyamanan [35].

3. Taktil (Peraba)

Elemen:

- Keras lembutnya hembusan angin,
- percikan air, embun,
- kering lembabnya udara,
- panas, hangat, sejuk, dinginnya benda (cair, gas, padat),
- halus kasarnya permukaan benda,
- keras lembutnya benda,
- kesat licinnya permukaan,
- tajam tumpulnya benda,
- plastis, elastis, kakunya benda.

Peran:

- pengalaman fisik langsung
 - kedekatan dengan ruang
-

4. Olfaktorial (Pencium)

Elemen:

- merasakan lembut kuatnya aroma,
- mengenali jenis aroma,
- mengenali kesegaran ruang (berhubungan dengan kandungan ion negatif).

Peran:

- memori emosional
 - identitas ruang
-

6. Gustatorial (Pencecap)

Elemen:

- merasakan empat rasa dasar yaitu asin, manis, pahit, dan masam (kemudian ditambah gurih atau *umami*),

- mengenali rasa unik suatu bahan dan bumbu makanan.

Peran:

Bersama dengan penciuman, indra pengecap membangun persepsi terhadap ruang.

7. Kinestetik & Proprioseptif

Elemen:

- gerakan tubuh,
- skala ruang,
- orientasi.

Peran:

- pengalaman tubuh dalam ruang.
-

8.5 Integrasi Sensoris (*Crossmodal Design*)

Salah satu konsep penting adalah:

Crossmodal Interaction

Yaitu:

interaksi antar indra dalam membentuk pengalaman ruang

Contoh:

- warna cahaya memengaruhi persepsi suhu,
- suara memengaruhi persepsi keamanan.

Penelitian menunjukkan bahwa:

interaksi lintas sensor ini merupakan kunci dalam menciptakan pengalaman ruang yang konsisten [35].

8.6 Multisensoris dan Emosi Ruang

Desain multisensoris sangat erat dengan emosi.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi berbagai stimulus sensoris dapat membentuk suasana emosional ruang [38].

Contoh:

- cahaya hangat + tekstur alami → relaksasi
- suara bising + cahaya keras → stres

Dengan demikian:

emosi ruang dapat “dirancang” melalui kombinasi sensoris.

8.7 Strategi Desain multisensoris

Berdasarkan berbagai penelitian, terdapat beberapa strategi utama:

1. **Coherence (Keselarasan Sensoris)**

Stimulus harus:

- saling mendukung,
- tidak kontradiktif.

Penelitian menunjukkan bahwa:

- keselarasan meningkatkan kualitas pengalaman,
- ketidaksesuaian menurunkan kenyamanan [36].

2. **Layering (Lapisan Sensoris)**

Desain harus:

- memiliki beberapa lapisan pengalaman,

- tidak datar atau monoton.

3. *Sequencing* (Urutan Pengalaman)

Pengalaman ruang:

- berkembang secara bertahap,
- mengikuti perjalanan pengguna.

4. *Emphasis* (Penekanan Sensoris)

Fokus pada:

- satu atau dua indra dominan,
- untuk menciptakan karakter ruang.

5. *Adaptation* (Adaptasi Sensoris)

Ruang dapat:

- berubah sesuai kondisi pengguna,
- menyesuaikan stimulus.

Ini mengarah ke integrasi dengan AI.

8.8 Multisensori dalam Berbagai Tipologi Ruang

Pendidikan

- meningkatkan fokus dan pembelajaran [39].

Komersial

- meningkatkan pengalaman pelanggan [38].

Ruang publik

- meningkatkan kenyamanan dan keamanan.

Ruang terapi

- mengurangi stres,
 - meningkatkan kesejahteraan.
-

8.9 Integrasi dengan Teknologi dan AI

Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa:

desain multisensoris dapat dikombinasikan dengan teknologi seperti VR dan AI untuk simulasi dan evaluasi pengalaman ruang [40].

AI dapat digunakan untuk:

- mengatur pencahayaan,
- mengontrol suara,

- menyesuaikan kondisi ruang.

Ini adalah bentuk awal dari:

Adaptive Multisensory Architecture

8.10 Multisensoris dan Neuroarsitektur

Dalam konteks neuroarsitektur:

- stimulus sensoris → *input*
- otak → memproses
- emosi & kognisi → *output*

Penelitian menunjukkan bahwa:

lingkungan multisensoris yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan kesejahteraan, konsentrasi, dan kesehatan ([Taylor & Francis Online](#))

8.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur

Dari pembahasan ini:

- 1. Desain harus multisensoris**
- 2. Pengalaman ruang bersifat integratif**
- 3. Emosi dapat dirancang melalui sensoris**
- 4. Teknologi memungkinkan adaptasi *real-time***

5. Neuro-AI memperkuat pendekatan ini

8.12 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 8: desain berbasis stimulasi otak
 - *output*: sketsa ruang multisensoris
-

8.13 Penutup Bab

Ruang bukan hanya sesuatu yang kita lihat,
tetapi sesuatu yang kita rasakan—dengan seluruh tubuh
kita.

Cahaya menyentuh mata,
suara mengisi kesadaran,
tekstur menyentuh kulit,
aroma membangkitkan ingatan.

Dan di antara semua itu,
arsitektur tidak lagi sekadar bentuk,
tetapi menjadi pengalaman yang hidup.

8.14 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa yang dimaksud desain multisensoris?
2. Mengapa suara penting dalam pengalaman ruang?



Analitis

3. Bagaimana cahaya memengaruhi emosi?
4. Apa hubungan tekstur dan kenyamanan?



Reflektif

5. Apakah arsitektur modern terlalu visual?
6. Indera mana yang paling berpengaruh dalam pengalaman ruang?



Studio

7. Rancang ruang multisensoris untuk relaksasi.
8. Buat *mapping* sensorik sebuah kafe atau gereja.



Mini Research Challenge

9. Uji pengaruh aroma terhadap kenyamanan pengguna.

BAB 9

AI DALAM PROSES DESAIN ITERATIF

9.1 Pendahuluan

Desain arsitektur pada dasarnya bukan proses sekali jadi. Ia adalah proses yang:

- mencoba,
- mengevaluasi,
- memperbaiki,
- mengulang.

Dalam dunia desain, ini disebut sebagai:

iterative design process

Dengan hadirnya AI, proses ini mengalami transformasi besar.

Jika sebelumnya iterasi:

- memakan waktu lama,
- terbatas oleh kemampuan manusia,

maka kini:

AI memungkinkan iterasi desain berlangsung secara cepat, eksploratif, dan berbasis data.

9.2 Hakikat Desain Iteratif dalam Arsitektur

Desain iteratif adalah proses berulang yang melibatkan:

1. pembuatan ide,
2. evaluasi,
3. revisi,
4. pengembangan ulang.

Dalam arsitektur tradisional:

- iterasi dilakukan secara manual,
- jumlah alternatif terbatas.

Namun penelitian menunjukkan bahwa:

desain arsitektur selalu melibatkan proses kompleks dan interaktif yang terdiri dari berbagai tahap yang saling terkait [41].

9.3 Peran AI dalam Iterasi Desain

AI membawa kemampuan baru dalam iterasi:

1. Generasi alternatif desain

2. Evaluasi cepat

3. Optimasi berbasis data

4. Simulasi performa

Penelitian menunjukkan bahwa:

generative AI digunakan secara luas terutama pada tahap awal desain untuk eksplorasi ide [42].

Artinya:

AI memperluas ruang kemungkinan desain secara drastis.

9.4 *Generative Design* sebagai Inti Iterasi AI

Generative design adalah pendekatan di mana:

sistem AI menghasilkan berbagai alternatif desain berdasarkan parameter tertentu

Parameter dapat berupa:

- kebutuhan pengguna,

- kondisi lingkungan,
- data neuro.

Penelitian menunjukkan bahwa:

generative design berbasis AI memungkinkan eksplorasi solusi desain yang sangat luas dan kompleks [43].

9.5 *Workflow* Desain Iteratif Berbasis AI

Proses iteratif berbasis AI dapat digambarkan sebagai:

1. *Input*

- ide awal,
- parameter desain,
- data pengguna.

2. *Generasi*

- AI menghasilkan berbagai alternatif.

3. *Evaluasi*

- performa,
- estetika,
- respons pengguna.

4. Seleksi

- memilih alternatif terbaik.

5. Refinement

- memperbaiki desain.

6. Iterasi ulang

- kembali ke langkah awal.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI memungkinkan siklus iterasi yang lebih cepat melalui umpan balik langsung dari pengguna [44].

9.6 *Human–AI Collaboration* dalam Iterasi Desain

AI tidak bekerja sendiri.

Penelitian menunjukkan bahwa:

kolaborasi antara manusia dan AI menjadi kunci dalam proses desain arsitektur modern [45].

Dalam proses ini:

Tabel 4. Peran manusia dan AI.

Peran Manusia	Peran AI
menentukan konsep	menghasilkan alternatif
menilai kualitas	menganalisis data
memahami konteks	memproses kompleksitas

Ini dikenal sebagai:

Human-in-the-loop design

9.7 Prompt-Based Design (Desain Berbasis Prompt)

Salah satu pendekatan baru adalah:

Prompt-based design

Di mana:

- arsitek memberikan deskripsi (*prompt*),
- AI menghasilkan desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat menerjemahkan bahasa natural menjadi model desain parametrik [41].

Ini mengubah cara kerja desain menjadi:

- lebih intuitif,
- lebih cepat,
- lebih eksploratif.

9.8 Iterasi dan Kreativitas

AI dapat:

- mempercepat eksplorasi,
- memperbanyak alternatif.

Namun penelitian juga menunjukkan bahwa:

AI dapat memengaruhi kreativitas tergantung pada cara penggunaannya [46].

- pengguna pemula → terbantu
- pengguna ahli → perlu kontrol lebih

Artinya:

AI tidak menggantikan kreativitas, tetapi mengubah cara kreativitas bekerja.

9.9 Iterasi Berbasis Data dan Neuro-AI

Dalam konteks Neuro-AI:

iterasi tidak hanya berbasis bentuk, tetapi juga berbasis data:

- EEG,
- emosi,
- perhatian.

Prosesnya:

1. desain dibuat
2. diuji pada pengguna
3. data dikumpulkan
4. AI menganalisis
5. desain diperbaiki

Ini menghasilkan:

desain yang semakin selaras dengan pengalaman manusia.

9.10 Tantangan dalam Iterasi Berbasis AI

Beberapa tantangan:

1. *Over-generation*

terlalu banyak alternatif

2. *Loss of authorship*

identitas desain berkurang

3. *Standardisasi desain*

AI cenderung mengulang pola umum

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat mengarah pada desain yang lebih homogen jika tidak dikontrol [47].

9.11 Integrasi Iterasi AI dalam Studio Desain

Dalam pendidikan arsitektur:

AI dapat digunakan untuk:

- eksplorasi awal,
- pengembangan konsep,
- evaluasi desain.

Mahasiswa dapat:

- membuat banyak alternatif,
 - memilih yang terbaik,
 - memahami proses desain lebih dalam.
-

9.12 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 9: penggunaan AI dalam desain iteratif,
 - *output*: eksplorasi desain berbasis AI.
-

9.13 Penutup Bab

Desain tidak lagi berjalan dalam garis lurus.

Ia bergerak dalam lingkaran—
mencoba, gagal, belajar, dan mencoba kembali.

AI mempercepat lingkaran itu.

Ia memperluas kemungkinan.

Ia membuka jalan baru yang sebelumnya tidak terlihat.

Namun pada akhirnya,
yang memilih tetap manusia.

Dan di antara ribuan alternatif yang dihasilkan mesin, arsitek tetap menjadi satu-satunya yang mampu bertanya: mana yang benar-benar bermakna?

9.14 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa itu *iterative design*?
2. Apa fungsi *generative design*?



Analitis

3. Mengapa AI mempercepat iterasi desain?
4. Apa hubungan *prompt* dan kreativitas?



Reflektif

5. Apakah terlalu banyak alternatif justru membingungkan?
6. Siapa “penulis desain” *dalam AI-generated architecture*?



Studio

7. Buat iterasi desain berbasis *prompt* AI.
8. Bandingkan hasil desain manual dan AI.



Mini Research Challenge

9. Uji bagaimana AI memengaruhi kreativitas mahasiswa desain.

BAB 10

DATA SENSOR DALAM DESAIN ADAPTIF: EEG, *EYE-TRACKING*, DAN SISTEM BIOMETRIK

10.1 Pendahuluan

Dalam pendekatan arsitektur konvensional, penilaian ruang sering kali berbasis:

- opini pengguna,
- observasi visual,
- intuisi desainer.

Namun pendekatan ini memiliki keterbatasan:

persepsi manusia bersifat subjektif dan tidak selalu dapat diungkapkan secara verbal [48].

Dengan perkembangan teknologi sensor, kini dimungkinkan untuk:

- mengukur respons manusia secara langsung,
- menangkap reaksi yang tidak disadari,

- memperoleh data objektif tentang pengalaman ruang.

Dengan demikian:

desain arsitektur dapat didasarkan pada **data fisiologis dan neurologis nyata**, bukan sekadar persepsi subjektif.

10.2 Peran Data Sensor dalam Neuro-AI

Dalam sistem Neuro-AI, data sensor berfungsi sebagai:

◆ *Input utama desain berbasis manusia*

Data ini:

- menangkap respons pengguna,
- merepresentasikan kondisi mental,
- menjadi dasar analisis AI.

Penelitian menunjukkan bahwa:

kombinasi data fisiologis memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengalaman pengguna dibandingkan metode tradisional [48].

10.3 EEG (*Electroencephalography*) dalam Arsitektur

◆ Definisi

EEG adalah teknologi yang:

- mengukur aktivitas listrik otak,
- menggunakan elektroda di kulit kepala.

◆ Fungsi dalam arsitektur

EEG digunakan untuk:

- mengukur stres,
- mengukur fokus,
- mengukur relaksasi,
- mengidentifikasi emosi,
- mengukur aktivitas gelombang delta, theta, alpha, beta, dan gamma.

Penelitian menunjukkan bahwa:

EEG mampu menangkap respons emosional yang cepat dan tidak disadari terhadap ruang arsitektur [49].

◆ Indikator EEG

Gelombang utama:

- **Alpha** → relaksasi
- **Beta** → aktivitas kognitif
- **Theta** → kondisi reflektif
- **Gamma** → integrasi kognitif
- **Delta** → tidur nyenyak (*deep sleep*)

Selain itu:

- ERP (P300, N200) → respons terhadap stimulus
-

10.4 *Eye-Tracking* dalam Arsitektur

◆ Definisi

Eye-tracking adalah teknologi yang:

- melacak arah pandangan,
- mengukur fokus visual.

◆ Fungsi

Eye-tracking digunakan untuk:

- memahami perhatian visual,
- mengidentifikasi elemen menarik,

- menganalisis navigasi ruang.

Penelitian menunjukkan bahwa:

eye-tracking dapat mengungkap pola perhatian visual dan membantu pengambilan keputusan desain berbasis data [50].

◆ Parameter utama

- *Fixation* (durasi pandangan),
 - *Saccade* (pergerakan mata),
 - *Heatmap* visual.
-

10.5 Kombinasi EEG dan *Eye-Tracking*

Salah satu perkembangan penting adalah integrasi kedua teknologi ini.

Penelitian menunjukkan bahwa:

kombinasi EEG dan *eye-tracking* memungkinkan analisis simultan antara aktivitas otak dan perhatian visual [51].

Selain itu:

eye-tracking membantu menjelaskan stimulus apa yang memicu respons EEG [52].

Artinya:

Tabel 5. EEG dan eye-tracker.

EEG	<i>Eye-tracking</i>
apa yang dirasakan	apa yang dilihat

Gabungannya menghasilkan:

pemahaman pengalaman ruang yang lebih lengkap

10.6 Sensor Biometrik Lain

Selain EEG dan *eye-tracking*, digunakan juga:

◆ 1. ***Heart Rate (HR)***

- mengukur stres dan aktivitas

◆ 2. ***Galvanic Skin Response (GSR)***

- mengukur respons emosional

◆ 3. ***Respiration***

- indikator relaksasi

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi berbagai sensor meningkatkan akurasi analisis pengalaman pengguna [48].

10.7 *Virtual Reality* (VR) dalam Pengambilan Data

VR memungkinkan:

- simulasi ruang sebelum dibangun,
- eksperimen dalam kondisi terkontrol.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi EEG, *eye-tracking*, dan VR memungkinkan simulasi pengalaman ruang yang realistis [53].

10.8 Translasi Data ke Desain

Data sensor tidak berhenti sebagai angka.

Proses penting adalah:

Translasi Data → Desain

Contoh:

- EEG menunjukkan stres tinggi → desain diperbaiki,

- *eye-tracking* menunjukkan fokus rendah → elemen visual diperkuat.

Penelitian menunjukkan bahwa:

data biometrik dapat digunakan untuk pengambilan keputusan desain berbasis bukti [50].

10.9 Sistem Desain Adaptif Berbasis Sensor

Dengan bantuan AI, data sensor dapat digunakan secara *real-time*:

Sistem adaptif:

- pencahayaan berubah,
- suara disesuaikan,
- suhu diatur.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi EEG dengan AI membuka peluang untuk sistem arsitektur adaptif berbasis respons manusia [32].

10.10 Tantangan dalam Penggunaan Sensor

Beberapa tantangan utama:

◆ 1. Kompleksitas alat

EEG membutuhkan setup yang kompleks

◆ 2. Akurasi data

noise dan *error* masih terjadi

◆ 3. Interpretasi data

tidak selalu mudah

◆ 4. Lingkungan eksperimen

terbatas pada kondisi tertentu

Penelitian menunjukkan bahwa:

keterbatasan teknis masih menjadi tantangan utama dalam penelitian EEG dan *eye-tracking* [48].

10.11 Implikasi bagi Desain Arsitektur

Penggunaan sensor memungkinkan:

◆ Desain berbasis data objektif

◆ Pengukuran pengalaman nyata

✦ Iterasi desain berbasis bukti

✦ Personalisasi ruang

10.12 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 10: penggunaan EEG, eye-tracking, dan sensor
- *output*: desain berbasis data pengguna

10.13 Penutup Bab

Untuk pertama kalinya dalam sejarah arsitektur, kita tidak hanya dapat bertanya kepada manusia tentang ruang — tetapi juga **mendengarkan otaknya secara langsung**.

Data tidak menggantikan pengalaman, tetapi memperjelasnya.

Dan di antara sinyal-sinyal kecil yang tertangkap sensor itu,

arsitektur menemukan sesuatu yang baru:

sebuah cara untuk benar-benar memahami manusia.

10. 14 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi EEG?
2. Apa fungsi *eye-tracking*?



Analitis

3. Mengapa kombinasi EEG dan *eye-tracking* kuat?
4. Apa keterbatasan data biometrik?



Reflektif

5. Apakah otak manusia “boleh” dijadikan data desain?
6. Apakah data sensor dapat menggantikan wawancara pengguna?



Studio

7. Buat skema sistem sensor dalam *smart building*.
8. Analisis kemungkinan ruang adaptif berbasis sensor.



Mini Research Challenge

9. Rancang simulasi pengumpulan data EEG untuk ruang belajar.

BAB 11

ETIKA DAN KEBERLANJUTAN DALAM DESAIN NEURO-AI

11.1 Pendahuluan

Perkembangan Neuro-AI dalam arsitektur tidak hanya membawa inovasi teknologi, tetapi juga menimbulkan pertanyaan mendasar:

Untuk siapa desain ini dibuat, dan dengan nilai apa ia dibangun?

Jika Bab sebelumnya membahas:

- bagaimana memahami manusia (neuroarsitektur),
- bagaimana mengolah data (AI).

maka Bab ini membahas:

bagaimana memastikan bahwa desain tersebut tetap manusiawi, adil, dan berkelanjutan.

11.2 Etika dalam Konteks Arsitektur dan Teknologi

Etika dalam teknologi didefinisikan sebagai:

kajian tentang apa yang benar, adil, dan bertanggung jawab dalam penggunaan teknologi [54].

Dalam arsitektur, etika tidak hanya berkaitan dengan:

- estetika,
- fungsi.

tetapi juga:

- dampak sosial,
- dampak lingkungan,
- kesejahteraan manusia.

Dengan hadirnya AI:

dimensi etika menjadi semakin kompleks karena sistem mulai “mengambil keputusan” yang memengaruhi manusia.

11.3 Prinsip Etika dalam AI dan Neuro-AI

Literatur global menunjukkan bahwa terdapat prinsip utama dalam etika AI:

- ***fairness*** (keadilan),
- ***transparency*** (transparansi),
- ***accountability*** (akuntabilitas),
- ***privacy*** (privasi),
- ***human-centeredness*** [23].

Dalam konteks Neuro-AI:

- *fairness* → desain tidak diskriminatif
- *transparency* → proses desain dapat dipahami
- *privacy* → data otak manusia dilindungi
- *human-centered* → manusia tetap pusat keputusan

Ini sangat penting:

Neuro-AI bukan hanya soal teknologi canggih, tetapi tentang **bagaimana teknologi tersebut memperlakukan manusia**.

11.4 Etika Data dalam Arsitektur Berbasis Sensor

Dalam Neuro-AI, data yang digunakan meliputi:

- EEG (aktivitas otak),
- perilaku pengguna,
- respons emosional.

Hal ini menimbulkan isu etika:

◆ Privasi

Data neurologis sangat sensitif

◆ Kepemilikan data

Siapa yang memiliki data otak pengguna?

◆ Penggunaan data

Apakah digunakan untuk kebaikan atau manipulasi?

Penelitian menunjukkan bahwa:

penggunaan data dalam lingkungan urban dan arsitektur harus memperhatikan transparansi, privasi, dan akuntabilitas.

11.5 Keberlanjutan dalam Era Neuro-AI

Keberlanjutan tidak hanya berarti lingkungan, tetapi juga:

- sosial,
- ekonomi,
- budaya.

Dalam konteks AI:

sistem AI memiliki dampak energi, sumber daya, dan lingkungan yang signifikan ([Wikipedia](#))

Contohnya:

- konsumsi energi *data center*,
- penggunaan air untuk pendinginan,
- jejak karbon sistem AI.

Artinya:

desain berbasis AI harus mempertimbangkan dampak ekologisnya.

11.6 Neuro-AI dan Keberlanjutan Manusia

Keberlanjutan tidak hanya tentang bumi, tetapi juga tentang manusia.

Dalam neuroarsitektur:

ruang harus mendukung kesehatan mental dan kesejahteraan pengguna [55].

Dengan demikian, desain Neuro-AI harus:

- mengurangi stres,
 - meningkatkan kenyamanan,
 - mendukung kualitas hidup.
-

11.7 *Smart City* ke *Sense-able City*

Perkembangan kota cerdas (*smart city*) kini bergeser menjadi:

Sense-able / Human-Centric City

Di mana:

- kota tidak hanya “pintar”,
- tetapi juga “peka terhadap manusia”.

Penelitian menunjukkan bahwa:
integrasi AI dalam kota harus mendukung interaksi manusia, inklusivitas, dan keberlanjutan sosial.

11.8 Risiko Neuro-AI: Dari Adaptif ke Manipulatif

Salah satu isu paling serius:
apakah sistem Neuro-AI hanya merespons manusia, atau mulai memengaruhi manusia?

Contoh risiko:

- ruang yang memanipulasi emosi,
- desain yang memicu konsumsi berlebih,
- kontrol perilaku pengguna.

Ini menjadi garis tipis antara:

Tabel 6. Dampak neuro-AI pada penghuni.

Positif	Negatif
adaptif	manipulatif
responsif	eksploitatif
<i>human-centered</i>	<i>system-centered</i>

11.9 *Value-Sensitive Neuro-AI Design*

Pendekatan yang disarankan:

Value-Sensitive Design

Yaitu:

memasukkan nilai manusia secara eksplisit dalam desain

Nilai tersebut meliputi:

- empati,
 - keadilan,
 - keberlanjutan,
 - konteks budaya.
-

11.10 Konteks Lokal dan Budaya

Penelitian menunjukkan bahwa:

pengalaman ruang sangat dipengaruhi oleh konteks budaya dan lokal [56].

Dalam konteks Indonesia:

- keberagaman budaya,
- nilai sosial,
- kebiasaan lokal,

harus menjadi bagian dari desain Neuro-AI.

Artinya:

AI global harus diadaptasi secara lokal.

11.11 Kerangka Etika Neuro-AI dalam Arsitektur

Berdasarkan berbagai literatur, dapat dirumuskan kerangka:

- ◆ **1. *Human dignity***

menghormati manusia

- ◆ **2. *Data ethics***

melindungi data pengguna

- ◆ **3. *Environmental sustainability***

meminimalkan dampak lingkungan

- ◆ **4. *Cultural sensitivity***

menghormati konteks lokal

- ◆ **5. *Transparency***

proses dapat dipahami

11.12 Implikasi bagi Praktik Arsitektur

Arsitek masa depan harus:

- memahami teknologi,
- memahami manusia,
- memahami etika.

Dengan demikian:

arsitek bukan hanya desainer,
tetapi juga penjaga nilai dalam teknologi.

11.13 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 11: etika dan keberlanjutan Neuro-AI
 - *output*: diskusi kritis dan refleksi
-

11.14 Penutup Bab

Teknologi memberi kita kekuatan untuk memahami manusia lebih dalam daripada sebelumnya.

Namun dengan kekuatan itu, muncul tanggung jawab yang lebih besar.

Arsitektur tidak lagi hanya membentuk ruang, tetapi juga berpotensi membentuk perilaku, emosi, bahkan kesadaran.

Dan di titik itulah, pertanyaan terbesar bukan lagi:

“Apa yang bisa kita rancang?”

tetapi:

“Apa yang seharusnya kita rancang?”

11.15 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa hubungan AI dan *sustainability*?
2. Apa itu *human-centered AI*?



Analitis

3. Bagaimana AI dapat membantu keberlanjutan?
4. Apa dampak lingkungan dari AI?



Reflektif

5. Apakah teknologi selalu mendukung keberlanjutan?
6. Bagaimana menjaga nilai budaya dalam AI global?

Studio

7. Buat konsep *smart building* yang etis dan berkelanjutan.
8. Analisis *sustainability* dari sistem Neuro-AI.

Mini Research Challenge

9. Rancang indikator keberlanjutan untuk proyek Neuro-AI.

BAB 12

PENYUSUNAN PROTOTIPE DESAIN BERBASIS NEURO-AI

12.1 Pendahuluan

Setelah melalui tahapan:

- memahami otak dan persepsi (Bab 2–3),
- memahami AI dan modelnya (Bab 4–5),
- melakukan eksperimen (Bab 7),
- mengumpulkan data sensor (Bab 10),

maka tahap berikutnya adalah:

mewujudkan seluruh pengetahuan tersebut dalam bentuk desain konkret.

Tahap ini dikenal sebagai:

Prototyping dalam desain arsitektur

Prototipe adalah:

representasi awal dari desain yang digunakan untuk menguji, mengevaluasi, dan menyempurnakan solusi sebelum implementasi akhir [57].

Dalam konteks Neuro-AI:

prototipe bukan hanya bentuk fisik, tetapi juga **sistem interaktif berbasis data manusia dan AI**.

12.2 Peran Prototipe dalam Desain Neuro-AI

Dalam pendekatan konvensional:

- prototipe = model bentuk.

Dalam pendekatan Neuro-AI:

- prototipe = **model pengalaman manusia**.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi data kognitif dan AI memungkinkan penciptaan lingkungan yang responsif terhadap kondisi emosional dan kognitif penggunaan [58].

Artinya:

prototipe tidak hanya diuji secara visual,
tetapi juga diuji secara neurologis.

12.3 Jenis Prototipe dalam Arsitektur Neuro-AI

1. Prototipe Konseptual

- diagram,
- skema,
- model ide.

Fungsi:

- menjelaskan konsep Neuro-AI,
 - merumuskan hubungan data–desain.
-

2. Prototipe Digital

- model 3D,
- simulasi ruang,
- *AI-generated design*.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat menghasilkan model desain dari sketsa atau deskripsi tekstual untuk eksplorasi awal [59].

3. Prototipe Simulatif (VR/AR)

- pengalaman ruang virtual,
- simulasi multisensoris.

Penelitian menunjukkan bahwa:

VR memungkinkan eksplorasi dan evaluasi pengalaman ruang sebelum dibangun [60].

4. Prototipe Fisik

- maket,
- *mock-up* ruang.

Digunakan untuk:

- uji material,
 - uji skala.
-

5. Prototipe Adaptif (Neuro-AI System)

- ruang dengan sensor,

- sistem AI *real-time*.

Ini adalah bentuk paling maju dari prototipe.

12.4 *Framework* Prototipe Neuro-AI

Berdasarkan literatur dan sintesis buku ini, prototipe Neuro-AI terdiri dari:

◆ 1. *Input Layer*

- data EEG,
- data perilaku,
- data lingkungan.

◆ 2. *Processing Layer*

- AI (ML/DL),
- analisis pola.

◆ 3. *Design Layer*

- konfigurasi ruang,
- elemen multisensoris.

◆ 4. *Response Layer*

- perubahan ruang,
- adaptasi sistem.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi antara data, AI, dan respons lingkungan membentuk sistem arsitektur yang adaptif dan berkelanjutan [58].

12.5 Proses Penyusunan Prototipe

Langkah 1: Definisi Tujuan Desain

Contoh:

- ruang relaksasi,
 - ruang fokus,
 - ruang terapi.
-

Langkah 2: Integrasi Data Neuro

- hasil EEG,
- hasil eksperimen.

menentukan:

- kondisi optimal pengguna.
-

Langkah 3: Pengembangan Konsep Desain

- bentuk ruang,

- elemen multisensoris,
 - strategi desain.
-

Langkah 4: Generasi Alternatif (AI)

- menggunakan *generative AI*,
- eksplorasi desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat mendukung berbagai tahap desain, termasuk generasi bentuk dan konfigurasi ruang [61].

Langkah 5: Simulasi dan Evaluasi

- VR,
 - uji pengguna,
 - pengukuran ulang.
-

Langkah 6: *Refinement* (Iterasi)

- memperbaiki desain,
 - mengoptimalkan pengalaman.
-

Langkah 7: Finalisasi Prototipe

- visualisasi,
 - narasi desain,
 - dokumentasi.
-

12.6 Prototipe sebagai Media Pengetahuan

Dalam pendekatan modern:

prototipe bukan hanya hasil desain,
tetapi juga alat untuk berpikir dan belajar

Penelitian menunjukkan bahwa:

pendekatan desain berbasis eksperimen dan prototipe
membantu menjembatani teori dan praktik arsitektur [62].

12.7 Human Experience sebagai Parameter Utama

Dalam Neuro-AI:

parameter utama bukan:

- bentuk,
- ukuran,

tetapi:

✦ **pengalaman manusia**

Penelitian menunjukkan bahwa:

desain berbasis neuroarsitektur berfokus pada pengalaman kognitif dan emosional pengguna [55].

12.8 Prototipe dan Desain Adaptif

Perkembangan terbaru mengarah pada:

Neuroadaptive Architecture

Yaitu:

bangunan yang terus belajar dari pengguna dan menyesuaikan dirinya

Penelitian menunjukkan bahwa:

sistem adaptif berbasis AI dapat meningkatkan kesejahteraan pengguna secara signifikan [15].

12.9 Tantangan dalam Penyusunan Prototipe

Beberapa tantangan utama:

✦ **1. Kompleksitas sistem**

◆ 2. Integrasi data

◆ 3. Interpretasi hasil

◆ 4. Keterbatasan teknologi

Selain itu:

prototipe tidak selalu merepresentasikan kondisi akhir secara sempurna [57].

12.10 Implikasi bagi Pendidikan Arsitektur

Mahasiswa harus belajar:

- mengintegrasikan teori dan praktik,
- menggunakan data sebagai dasar desain,
- memahami pengalaman manusia.

Dengan demikian:

studio desain berubah menjadi **laboratorium eksperimen Neuro-AI**.

12.11 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 12: penyusunan prototipe desain,

- *output*: portofolio desain Neuro-AI.
-

12.12 Penutup Bab

Prototipe adalah titik di mana ide mulai menjadi nyata.

Ia belum sempurna,
tetapi justru di situlah letak kekuatannya—

karena ia membuka ruang untuk belajar.

Dalam arsitektur berbasis Neuro-AI,
prototipe bukan hanya bentuk,
tetapi pengalaman yang diuji, diperbaiki, dan
disempurnakan.

Dan mungkin,
di dalam setiap prototipe itu,
tersimpan masa depan arsitektur yang lebih manusiawi.

12.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi prototipe?
2. Apa perbedaan prototipe digital dan adaptif?



Analitis

3. Mengapa *prototyping* penting dalam desain?

4. Bagaimana AI membantu penyusunan prototipe?



Reflektif

5. Apakah prototipe digital cukup untuk memahami pengalaman ruang?
6. Seberapa penting pengalaman manusia dibanding bentuk?



Studio

7. Buat konsep prototipe Neuro-AI.
8. Visualisasikan alur *input* → AI → respons ruang.



Mini Research Challenge

9. Rancang prototipe ruang adaptif sederhana.

BAB 13

PRESENTASI DAN KOMUNIKASI DESAIN BERBASIS NEURO-AI

13.1 Pendahuluan

Desain yang baik tidak cukup hanya dirancang—
ia harus **dikomunikasikan**.

Dalam arsitektur, presentasi bukan sekadar tahap akhir,
tetapi:

bagian integral dari proses desain itu sendiri [63].

Dalam konteks Neuro-AI, kompleksitas meningkat karena
desain melibatkan:

- data,
- analisis AI,
- respons manusia.

Sehingga muncul tantangan baru:

**Bagaimana menyampaikan desain berbasis data dan
emosi secara jelas dan meyakinkan?**

13.2 Hakikat Komunikasi dalam Arsitektur

Komunikasi arsitektur adalah proses:

- menerjemahkan ide desain,
- menjadi representasi visual dan naratif,
- yang dapat dipahami oleh berbagai pihak.

Penelitian menunjukkan bahwa:

metode presentasi sangat memengaruhi persepsi dan penerimaan desain oleh pengguna [64].

Dengan kata lain:

cara kita menyampaikan desain dapat menentukan apakah desain tersebut diterima atau ditolak.

13.3 Presentasi sebagai Bagian dari Proses Desain

Dalam pendekatan modern:

presentasi bukan hanya *output*, tetapi bagian dari eksplorasi desain

Gambar, model, dan visualisasi tidak hanya:

- menunjukkan desain
tetapi juga:

- membantu berpikir,
- mengembangkan ide.

Penelitian menunjukkan bahwa:

drawing dan visualisasi merupakan bagian penting dalam proses refleksi dan komunikasi desain [63].

13.4 Media Komunikasi dalam Arsitektur

Berbagai media digunakan dalam presentasi desain:

1. Representasi 2D

- denah,
- potongan,
- tampak.

2. Representasi 3D

- model digital,
- *rendering*.

3. Model Fisik

- maket,
- prototipe.

4. Media Digital Interaktif

- VR (Virtual Reality),
- AR (Augmented Reality),
- simulasi interaktif.

Penelitian menunjukkan bahwa:

berbagai media menghasilkan persepsi yang berbeda terhadap desain [64].

13.5 Visualisasi Arsitektur (*Architectural Visualization*)

Visualisasi adalah:

proses menciptakan representasi visual dari desain arsitektur untuk komunikasi [65].

Jenis visualisasi:

- gambar statis,
- animasi,
- *walkthrough*,
- VR.

Dalam konteks Neuro-AI:

visualisasi tidak hanya menunjukkan bentuk, tetapi juga atmosfer dan pengalaman ruang.

13.6 Komunikasi Data dalam Desain Neuro-AI

Salah satu tantangan terbesar adalah:

bagaimana menyampaikan data (EEG, AI, dll.) dalam bentuk yang mudah dipahami

Konsep penting:

Data Visualization

Yaitu:

- mengubah data menjadi visual,
- agar mudah dipahami dan digunakan.

Penelitian menunjukkan bahwa:

visualisasi data membantu mengubah informasi kompleks menjadi pengetahuan yang dapat digunakan ([Wikipedia](#))

Contoh:

- grafik respons emosi,
 - heatmap eye-tracking,
 - diagram AI.
-

13.7 Narasi Desain (*Design Storytelling*)

Presentasi desain yang baik tidak hanya visual, tetapi juga:

naratif

Narasi menjawab:

- apa konsepnya,
- mengapa desain ini dibuat,
- bagaimana dampaknya.

Dalam Neuro-AI:

narasi mencakup:

- data → analisis → desain → pengalaman.

Ini disebut:

data-driven storytelling

13.8 Komunikasi kepada Berbagai *Stakeholder*

Desain arsitektur tidak hanya ditujukan untuk arsitek.

Stakeholder meliputi:

- klien,
- pengguna,

- pemerintah,
- masyarakat.

Penelitian menunjukkan bahwa:

komunikasi desain harus disesuaikan dengan audiens yang berbeda.

13.9 Komunikasi Interaktif dalam Era Digital

Perkembangan teknologi memungkinkan:

Interactive Design Communication

Di mana:

- pengguna dapat berinteraksi dengan desain,
- memberikan *feedback* langsung.

Penelitian menunjukkan bahwa:

media digital memungkinkan komunikasi dua arah antara arsitek dan pengguna ([Academia](#))

Ini sangat relevan untuk Neuro-AI:

- pengguna menjadi bagian dari proses desain.
-

13.10 Peran AI dalam Presentasi Desain

AI tidak hanya digunakan untuk desain, tetapi juga untuk presentasi:

- ◆ 1. **Generasi visual**
- ◆ 2. **Animasi otomatis**
- ◆ 3. **Video desain**
- ◆ 4. **Simulasi pengalaman**

Penelitian menunjukkan bahwa:

AI dapat meningkatkan visualisasi dan komunikasi desain secara signifikan melalui generasi konten visual dan video [66].

13.11 Prinsip Presentasi Desain Neuro-AI

Berdasarkan sintesis literatur:

- ◆ 1. **Clarity (kejelasan)**
visual dan data harus mudah dipahami
- ◆ 2. **Transparency (transparansi)**
proses desain harus terlihat
- ◆ 3. **Engagement (keterlibatan)**

audiens harus merasa terlibat

◆ **4. *Integration (integrasi)***

visual + data + narasi harus menyatu

◆ **5. *Human-centered***

fokus pada pengalaman manusia

13.12 Kesalahan Umum dalam Presentasi Desain

Beberapa kesalahan yang sering terjadi:

- terlalu fokus pada visual, tanpa data,
- terlalu teknis, tanpa narasi,
- tidak sesuai dengan audiens,
- tidak menunjukkan proses desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

representasi visual yang terlalu ideal dapat berbeda dari pengalaman nyata pengguna [67].

13.13 Keterkaitan dengan RPS

Bab ini sesuai dengan:

- Minggu 13: presentasi desain,
 - *output*: presentasi prototipe Neuro-AI.
-

13.14 Penutup Bab

Desain yang hebat tidak hanya terlihat,
tetapi juga dipahami.

Ia tidak hanya ditampilkan,
tetapi juga diceritakan.

Dalam era Neuro-AI,
arsitektur tidak lagi sekadar bentuk—
tetapi juga data, pengalaman, dan makna.

Dan di antara semuanya itu,
presentasi menjadi jembatan:

antara ide dan realitas,
antara arsitek dan manusia.

13.15 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa fungsi narasi desain?

2. Apa itu data *visualization*?



Analitis

3. Mengapa visualisasi memengaruhi persepsi desain?
4. Bagaimana AI membantu komunikasi desain?



Reflektif

5. Apakah visualisasi render dapat menipu pengguna?
6. Mana lebih penting: data atau *storytelling*?



Studio

7. Buat presentasi Neuro-AI singkat.
8. Buat diagram visual dari konsep desain.



Mini Research Challenge

9. Uji pengaruh media presentasi terhadap pemahaman audiens.

BAB 14

FINALISASI DAN REFLEKSI: MASA DEPAN ARSITEKTUR NEURO-AI

14.1 Pendahuluan

Perjalanan dalam buku ini telah membawa kita melalui berbagai lapisan:

- otak dan persepsi,
- emosi dan kognisi,
- kecerdasan buatan,
- eksperimen dan data,
- hingga prototipe desain.

Kini, kita sampai pada pertanyaan yang lebih luas:

Ke mana arah arsitektur setelah Neuroarsitektur dan AI bertemu?

Bab ini tidak hanya menutup pembahasan, tetapi juga membuka kemungkinan baru.

14.2 Sintesis: Dari Disiplin ke Sistem

Neuroarsitektur dan AI pada awalnya adalah dua bidang yang berbeda:

- Neuroarsitektur → memahami manusia,
- AI → memproses data.

Namun, perkembangan terbaru menunjukkan bahwa:

keduanya mulai membentuk sistem terpadu yang menghubungkan manusia, data, dan ruang [68].

Dalam sistem ini:

- manusia → sumber pengalaman,
- sensor → pengumpul data,
- AI → pengolah,
- arsitektur → respons.

Dengan demikian:

arsitektur tidak lagi berdiri sendiri, melainkan menjadi bagian dari **sistem sibernetik manusia-ruang**.

14.3 Transformasi Paradigma Arsitektur

Perubahan yang terjadi bersifat fundamental:

- ◆ **Dari objek → ke sistem**
- ◆ **Dari statis → ke adaptif**
- ◆ **Dari intuisi → ke *evidence-based***
- ◆ **Dari visual → ke multisensoris**
- ◆ **Dari desain → ke pengalaman**

Penelitian menunjukkan bahwa:

lingkungan binaan memiliki dampak langsung terhadap kognisi, emosi, dan perilaku manusia [2].

Ini menegaskan bahwa:

arsitektur adalah medium yang membentuk kehidupan manusia secara aktif.

14.4 Arsitektur sebagai Sistem Adaptif

Salah satu arah masa depan adalah:

Adaptive Architecture

Yaitu:

bangunan yang dapat menyesuaikan diri terhadap pengguna secara dinamis

Konsep ini sejalan dengan perkembangan:

- sensor biometrik,
- AI,
- *Internet of Things*.

Penelitian menunjukkan bahwa:

integrasi data *real-time* memungkinkan lingkungan yang merespons kondisi kognitif dan emosional pengguna [68].

14.5 *Neuroarchitecture* dan Kesejahteraan Manusia

Neuroarsitektur menempatkan kesejahteraan manusia sebagai pusat desain.

Penelitian menunjukkan bahwa:

desain lingkungan dapat meningkatkan kesehatan mental, kognisi, dan kualitas hidup manusia [8].

Implikasinya:

- arsitektur menjadi alat kesehatan,
 - ruang menjadi media terapi,
 - desain menjadi intervensi psikologis.
-

14.6 Integrasi dengan Keberlanjutan

Masa depan arsitektur tidak hanya tentang manusia, tetapi juga tentang bumi.

Konsep seperti:

- *biomimetic architecture*,
- *bionic architecture*.

menunjukkan bahwa:

desain dapat belajar dari sistem alami untuk mencapai keberlanjutan [69].

Dalam konteks Neuro-AI:

- AI mengoptimalkan sumber daya,

- neuroarsitektur memastikan kesejahteraan manusia.

Kombinasi ini menghasilkan:

arsitektur yang berkelanjutan sekaligus manusiawi

14.7 Tantangan Masa Depan

Meskipun potensinya besar, terdapat tantangan serius:

◆ 1. Kesenjangan antara riset dan praktik

Neurosains sulit diterjemahkan ke desain

◆ 2. Standarisasi metode

Belum ada protokol universal

◆ 3. Kompleksitas sistem

Integrasi data masih terbatas

◆ 4. Etika dan privasi

Penggunaan data manusia harus dijaga

Penelitian menunjukkan bahwa:

bidang neuroarsitektur masih menghadapi keterbatasan metodologis dan membutuhkan integrasi yang lebih kuat antar disiplin [2].

14.8 Arah Masa Depan: *Artificially Intelligent Neuroarchitecture*

Berdasarkan seluruh pembahasan, dapat dirumuskan arah masa depan:

Artificially Intelligent Neuroarchitecture

Yaitu:

pendekatan desain yang mengintegrasikan otak manusia, data, dan kecerdasan buatan untuk menciptakan lingkungan yang adaptif, berkelanjutan, dan berorientasi pada kesejahteraan manusia

Ciri-cirinya:

- berbasis data neuro,
 - didukung AI,
 - adaptif *real-time*,
 - *human-centered*,
 - berkelanjutan.
-

14.9 Peran Arsitek di Masa Depan

Peran arsitek akan berubah menjadi:

✦ ***Designer***

✦ ***Scientist***

✦ ***Data interpreter***

✦ ***Ethical decision-maker***

Arsitek tidak lagi hanya merancang bentuk,
tetapi juga:

merancang hubungan antara manusia dan ruang.

14.10 Pendidikan Arsitektur di Era Neuro-AI

Implikasi bagi pendidikan:

- integrasi sains dan desain,
- penggunaan teknologi digital,
- pendekatan eksperimen.

Penelitian menunjukkan bahwa:

evidence-based design menjadi arah penting dalam perkembangan arsitektur modern [70].

14.11 Refleksi Filosofis

Perkembangan Neuro-AI membawa kita pada pertanyaan filosofis:

- Apakah ruang membentuk manusia?
- Ataupun manusia yang membentuk ruang?

Jawabannya kini menjadi:

keduanya saling membentuk dalam sistem yang terus berkembang.

14.12 Penutup Buku (*Closing Statement*)

Arsitektur selalu menjadi cermin dari zamannya.

Di masa lalu, ia mencerminkan kekuasaan.

Kemudian ia mencerminkan fungsi.

Lalu ia mencerminkan estetika.

Kini, di era Neuro-AI,

arsitektur mulai mencerminkan sesuatu yang lebih dalam:

manusia itu sendiri—pikiran, emosi, dan kesadarannya.

Dengan bantuan teknologi,

kita dapat memahami manusia lebih baik dari sebelumnya.

Namun pada akhirnya,
pertanyaan terpenting tetap sama:

bukan apa yang bisa kita bangun,
tetapi **apa yang seharusnya kita bangun untuk manusia.**

Dan di sanalah,
arsitektur menemukan maknanya yang paling mendalam.

14.13 Bahan Diskusi



Pemahaman

1. Apa itu *adaptive architecture*?
2. Apa itu *Artificially Intelligent Neuroarchitecture*?



Analitis

3. Bagaimana masa depan hubungan manusia dan ruang?
4. Apa tantangan utama Neuro-AI?



Reflektif

5. Apakah arsitektur masa depan akan lebih manusiawi?
6. Apakah ruang dapat menjadi “makhluk adaptif”?

Studio

7. Visualisasikan kota Neuro-AI masa depan.
8. Buat manifesto arsitektur Neuro-AI.

Mini Research Challenge

9. Rancang konsep penelitian masa depan tentang Neuro-AI.

Referensi

- [1] R. Elborgy, “the human brain and a theoretical research about using the eeg in architecture, with a presenting of some study cases,” *Int. J. Adv. Res.*, vol. 11, no. 5, pp. 271–286, 2023, doi: 10.21474/ijar01/16878.
- [2] A. Jabeti, M. Tahsildoost, S. Rezvani, and A. Ardekani, “A comprehensive review of neuroarchitecture measurement tools and methods,” 2026. doi: 10.1016/j.buildenv.2025.114103.
- [3] “Neuroarchitecture & Neurodesign – Promoting Healthy Built Environments | RISE.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://www.ri.se/en/urban-development/architecture-and-planning/neuroarchitecture-and-neurodesign/offer?utm_source=chatgpt.com
- [4] “Perception - Wikipedia.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Perception?utm_source=chatgpt.com
- [5] B. L. Schwartz and J. H. Krantz, *Sensation and Perception*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., 2019.
- [6] “Embodied cognition - Wikipedia.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Embodied_cognition

- [7] "Spatial cognition - Wikipedia." Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Spatial_cognition?utm_source=chatgpt.com
- [8] S. Abbas *et al.*, "Neuroarchitecture: How the Perception of Our Surroundings Impacts the Brain," 2024. doi: 10.3390/biology13040220.
- [9] "Affordance - Wikipedia." Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Affordance?utm_source=chatgpt.com
- [10] A. Shemesh, G. Leisman, and Y. J. Grobman, "Bridging Space Perception, Emotions, and Artificial Intelligence in Neuroarchitecture," *Brain Sci.*, vol. 16, no. 2, Feb. 2026, doi: 10.3390/BRAINSCI16020131.
- [11] T. Karakas and D. Yildiz, "Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review," *Front. Archit. Res.*, 2020, doi: 10.1016/j.foar.2019.10.005.
- [12] "Neuroesthetics - Wikipedia." Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Neuroesthetics?utm_source=chatgpt.com
- [13] M. Zamani, M. Kheirollahi, M. Javad, A. Ebrahim Absd, H. Rezaee, and F. Vafaei, "Evaluating the Impact of Architectural Space on Human Emotions Using Biometrics Data 1," *Creat. city Des.*, vol. 5, no. 2, pp. 65–80, 2022.

- [14] Y. Shin, "Between Objective and Subjective Architectural Experiences: Conceptualizing Refractive Neuroarchitecture Phenomenology," *Enquiry*, vol. 21, no. 2, 2024, doi: 10.17831/enqarcc.v21i2.1222.
- [15] A. Mekanadar, "Neuro-adaptive architecture: Buildings and city design that respond to human emotions, cognitive states," *Res. Glob.*, vol. 8, Jun. 2024, doi: 10.1016/J.RESGLO.2024.100222.
- [16] I. N. Albukhari, "The role of artificial intelligence (AI) in architectural design: a systematic review of emerging technologies and applications," *J. Umm Al-Qura Univ. Eng. Archit.*, pp. 1–20, Jul. 2025, doi: 10.1007/S43995-025-00186-1/TABLES/5.
- [17] B. Topuz and N. Çakici Alp, "Machine learning in architecture," *Autom. Constr.*, vol. 154, p. 105012, Oct. 2023, doi: 10.1016/J.AUTCON.2023.105012.
- [18] N. Boys Smith and N. A. Salingaros, "AI Judging Architecture for Well-Being: Large Language Models Simulate Human Empathy and Predict Public Preference," *Designs*, vol. 9, no. 5, 2025, doi: 10.3390/designs9050118.
- [19] "Artificial intelligence in architecture - Wikipedia." Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence_in_architecture?utm_source=chatgpt.com
- [20] A. A. Aljhadali and Y. Megahed, "ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND MACHINE LEARNING (ML) IN PRACTICE A comprehensive investigation into the utilization of generative artificial intelligence

(AI) and machine learning (ML) in architectural practice”.

- [21] R. Nazir, A. Bucaioni, and P. Pelliccione, “Architecting ML-enabled systems: Challenges, best practices, and design decisions,” *J. Syst. Softw.*, vol. 207, 2024, doi: 10.1016/j.jss.2023.111860.
- [22] F. Sabono, “A Review: Exploring AI’s Role in Architecture: Redefining New Design Interactions,” *Dimens. (Journal Archit. Built Environ.*, vol. 52, no. 1, pp. 27–43, 2025, doi: 10.9744/dimensi.52.1.27-43.
- [23] “Ethics of artificial intelligence - Wikipedia.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Ethics_of_artificial_intelligence?utm_source=chatgpt.com
- [24] “Ethics of Artificial Intelligence - AI | UNESCO.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics?utm_source=chatgpt.com
- [25] “Ethics of Artificial Intelligence and Robotics in the Architecture, Engineering, and Construction Industry.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://arxiv.org/html/2310.05414?utm_source=chatgpt.com
- [26] Mr. Udit Gupta, Ms. Anshika Khurana, and Ar. Harmanpreet Kaur, “Exploring The Intersection of AI and Ethics in Architecture: Implication for

- Design, Design Thinking and Built Environment,” *Int. Res. J. Adv. Eng. Manag.*, vol. 3, no. 3, pp. 641–646, Mar. 2025, doi: 10.47392/IRJAEM.2025.0105.
- [27] Y. Netser, E. Cochran Hameen, and P. Tang, “Socio-Sustainable Architectural Design Through Ethical Implementation of Generative Design and Artificial Intelligence,” *CIB Conf.*, vol. 1, no. 1, 2025, doi: 10.7771/3067-4883.1095.
- [28] “Value sensitive design - Wikipedia.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Value_sensitive_design?utm_source=chatgpt.com
- [29] “The new AI4People Institute’s Report ‘Towards an Ethics by Design Approach for AI’ is available - AI4People.” Accessed: May 18, 2026. [Online]. Available: <https://ai4people.org/the-new-ai4people-institutes-report/>
- [30] A. A. Khan *et al.*, “Ethics of AI: A Systematic Literature Review of Principles and Challenges,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2022, pp. 383–392. doi: 10.1145/3530019.3531329.
- [31] P. N. Rad, F. Behzadi, S. A. Yazdanfar, H. Ghamari, E. Zabeh, and R. Lashgari, “Exploring Methodological Approaches of Experimental Studies in the Field of Neuroarchitecture: A Systematic Review,” 2023. doi: 10.1177/19375867221133135.
- [32] M. Zhao, T. Crossley, and H. Shinohara, “The implications of EEG neurophysiological data in human-centered architectural design: A systematic

- review and bibliometric analysis,” 2025. doi: 10.1016/j.jenvp.2025.102550.
- [33] S. Kim, H. Park, and S. Choo, “Article effects of changes to architectural elements on human relaxation-arousal responses: Based on vr and eeg,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 8, 2021, doi: 10.3390/ijerph18084305.
- [34] C. Llinares, M. L. Nolé, M. Pérez-Martínez, R. Barranco-Merino, and J. L. Higuera-Trujillo, “An exploratory neuroarchitecture study: emotional responses to residential spaces using psychological and physiological indicators,” *Vitruvio*, vol. 10, no. 1, 2025, doi: 10.4995/vitruvio-ijats.2025.24201.
- [35] C. Spence, “Senses of place: architectural design for the multisensory mind,” *Cogn. Res. Princ. Implic.* 2020 51, vol. 5, no. 1, pp. 1–26, Sep. 2020, doi: 10.1186/S41235-020-00243-4.
- [36] J. Ranne, “Designing for Multi-sensory Experiences in the Built Environment,” *Pers. Ubiquitous Comput.*, pp. 1–118, 2019, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/343905491_Designing_for_Multi-sensory_Experiences_in_the_Built_Environment
- [37] N. Bruno, “Multisensory Perception: Implications for Architecture and Interior Design,” in *Springer Series in Design and Innovation*, vol. 20, 2022, pp. 163–178. doi: 10.1007/978-3-030-97974-4_11.
- [38] H. Xu, J. Zhao, C. Jin, N. Zhu, and Y. Chai, “Research on the Multi-Sensory Experience Design

- of Interior Spaces from the Perspective of Spatial Perception: A Case Study of Suzhou Coffee Roasting Factory,” *Buildings*, vol. 15, no. 8, 2025, doi: 10.3390/buildings15081393.
- [39] J. A. Almirón Cuentas and D. H. Bernedo-Moreira, “Multisensory Design in Education: How Architecture Enhances the Learning Experience,” *L. Archit.*, vol. 3, p. 104, 2024, doi: 10.56294/la2024104.
- [40] M. YILDIRIM, A. GLOBA, O. GOCER, and A. BRAMBILLA, “Multisensory virtual reality environments in architecture: The impact of smell on presence, engagement, and user experience,” *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 7, no. 6, pp. 577–617, 2025, doi: 10.1016/j.vrih.2025.10.001.
- [41] J. Ko, J. Ajibefun, and W. Yan, “Generative AI-powered parametric modeling and BIM for architectural design and visualization,” in *Proceedings of the Design Society*, 2025, pp. 1943–1952. doi: 10.1017/pds.2025.10208.
- [42] S. Jang, H. Roh, and G. Lee, “Generative AI in architectural design: Application, data, and evaluation methods,” 2025. doi: 10.1016/j.autcon.2025.106174.
- [43] X. Zhuang, P. Zhu, A. Yang, and L. Caldas, “Machine learning for generative architectural design: Advancements, opportunities, and challenges,” 2025. doi: 10.1016/j.autcon.2025.106129.
- [44] V. D., F. S., K. G., S. S., T. T., and R. S., “Design Thinking Based Method for AI Interior Designer,”

- 2025, pp. 465–470. doi:
10.5220/0013914700004919.
- [45] Ş. Hikmet and N. Ozay, “Human–AI Collaboration in Architectural Design Education: Towards a Conceptual Framework,” *Build. 2026, Vol. 16, Page 1097*, vol. 16, no. 6, p. 1097, Mar. 2026, doi: 10.3390/BUILDINGS16061097.
- [46] H. Jiang, Y. Xiao, R. Hurley, and S. Liu, “The Impact of Generative AI on Architectural Conceptual Design: Performance, Creative Self-Efficacy and Cognitive Load,” Jan. 2026, Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2601.10696>
- [47] J. Schneider, K. Sinem, and D. Stockhammer, “Empowering Clients -- Transformation of Design Processes Due to Generative AI,” Nov. 2024, Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2411.15061>
- [48] L. Zhu and J. Lv, “Review of Studies on User Research Based on EEG and Eye Tracking,” 2023. doi: 10.3390/app13116502.
- [49] J. E. Cho, S. Y. Kang, Y. Y. Hong, and H. J. Jun, “Predicting Architectural Space Preferences Using EEG-Based Emotion Analysis: A CNN-LSTM Approach,” *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 8, 2025, doi: 10.3390/app15084217.
- [50] A. A. Lavdas, “Eye-Tracking Applications in Architecture and Design,” *Encyclopedia*, vol. 4, no. 3, pp. 1312–1323, 2024, doi: 10.3390/encyclopedia4030086.

- [51] H. Shao, Y. Liu, H. Ren, and Z. Li, "Research on healing-oriented street design based on quantitative emotional electroencephalography and eye-tracking technology," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 19, 2025, doi: 10.3389/fnhum.2025.1546933.
- [52] "EyeLogic - Blog - Unlocking Deeper Insights: The Power of Combining EEG and Eye Tracking in Research." Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://www.eyelogicsolutions.com/blog-unlocking-deeper-insights-combining-eeeg-and-eye-tracking/?utm_source=chatgpt.com
- [53] F. Klotzsche *et al.*, "EEG decodability of facial expressions and their stereoscopic depth cues in immersive virtual reality," *Elife*, vol. 14, Dec. 2025, doi: 10.7554/ELIFE.108933.1.
- [54] "Ethics of technology - Wikipedia." Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Ethics_of_technology?utm_source=chatgpt.com
- [55] J. L. Higuera-Trujillo, C. Llinares, and E. Macagno, "The cognitive-emotional design and study of architectural space: A scoping review of neuroarchitecture and its precursor approaches," 2021. doi: 10.3390/s21062193.
- [56] "Abstracts | Architectural and Environmental Engineering." Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: <https://publications.waset.org/abstracts/architect>

ural-and-environmental-engineering?utm_source=chatgpt.com

- [57] “Prototype - Wikipedia.” Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Prototype?utm_source=chatgpt.com
- [58] “(PDF) Neuroadaptive Architecture: Integrating Cognitive Data and AI for Emotionally Responsive Building Environments.” Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/397064731_Neuroadaptive_Architecture_Integrating_Cognitive_Data_and_AI_for_Emotionally_Responsive_Building_Environments
- [59] P. Li, B. Li, and Z. Li, “Sketch-to-Architecture: Generative AI-aided Architectural Design,” Mar. 2024, Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2403.20186>
- [60] Y. K. Abdallah, “Designing for Special Neurological Conditions: Architecture Design Criteria for Anti-Misophonia and Anti-ADHD Spaces for Enhanced User Experience,” *Architecture*, vol. 5, no. 4, 2025, doi: 10.3390/architecture5040085.
- [61] C. Li, T. Zhang, X. Du, Y. Zhang, and H. Xie, “Generative AI models for different steps in architectural design: A literature review,” *Front. Archit. Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 759–783, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.foar.2024.10.001.
- [62] N. Wei, E. G. Chuquichambi, C. Damiano, K. Bruce, and D. B. Walther, “A design-integrated framework

- for neuroarchitectural research,” *Front. Psychol.*, vol. 17, p. 1666480, Feb. 2026, doi: 10.3389/FPSYG.2026.1666480/TEXT.
- [63] N. Steinø, “Architectural Drawing: Notation, Reflection, Communication and Presentation”.
- [64] M. Serginson, V. Ladinski, B. Giddings, and S. Messer, “Assessing the effectiveness of architectural design communication through public participation methods,” *Int. J. Des. Manag. Prof. Pract.*, vol. 6, no. 1, pp. 61–83, 2013, doi: 10.18848/2325-162x/cgp/v06i01/38630.
- [65] “Architectural illustration - Wikipedia.” Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_illustration?utm_source=chatgpt.com
- [66] M. Wang and E. Miller, “Turning Text and Imagery into Captivating Visual Video,” *Proc. ACM Conf.*, vol. 1, Jun. 2024.
- [67] Y. Arat and H. A. Bala, “The Relation between Visual Presentation and Architectural Design Products,” *Online J. Art Des.*, vol. 3, no. 2, pp. 57–72, 2015.
- [68] E. Elazab and A. Eltawil, “Bridging the Gap between Neuroarchitecture, Artificial Intelligence, and Sustainability: A Systematic Review of Mental Health in the Built Environment,” *J. Eng. Sci.*, vol. 53, no. 5, pp. 688–705, 2025, doi: 10.21608/jesaun.2025.364554.1438.
- [69] A. Mostafavi, “Architecture, biometrics, and virtual

environments triangulation: a research review,”
Archit. Sci. Rev., vol. 65, no. 6, pp. 504–521, 2022,
doi: 10.1080/00038628.2021.2008300.

- [70] Charalambous and Efrosini, “Neurourbanism and Neuroarchitecture: How can Cognitive Sciences Inform Design?,” *OSF Prepr.*, 2023, [Online]. Available:
<https://ideas.repec.org/p/osf/osfxxx/6f4uc.html%0Ahttps://ideas.repec.org/p/osf/osfxxx/6f4uc.html>

Glosarium

A

Adaptive Architecture

Pendekatan arsitektur yang memungkinkan bangunan atau ruang menyesuaikan diri secara dinamis terhadap kondisi pengguna dan lingkungan, sering kali melalui sensor dan sistem berbasis AI.

Affordance

Kemungkinan tindakan yang ditawarkan oleh suatu lingkungan atau objek kepada pengguna, yang secara langsung dikenali oleh otak tanpa perlu analisis sadar.

Artificial Intelligence (AI)

Teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data, mengenali pola, membuat prediksi, dan menghasilkan solusi atau desain secara otomatis.

Artificially Intelligent Neuroarchitecture

Pendekatan integratif yang menggabungkan neuroarsitektur dan kecerdasan buatan untuk menciptakan desain yang berbasis data otak, adaptif, dan berorientasi pada pengalaman manusia.

B

Biometric Data

Data fisiologis manusia seperti detak jantung, respons

kulit, dan aktivitas otak yang digunakan untuk memahami kondisi emosional dan kognitif pengguna.

Brainwave (Gelombang Otak)

Pola aktivitas listrik otak yang diukur melalui EEG, seperti alpha, beta, theta, dan gamma, yang berkaitan dengan kondisi mental tertentu.

C

Cognitive Load

Tingkat beban mental yang dialami seseorang saat memproses informasi dalam suatu ruang atau lingkungan.

Cognitive Mapping

Proses mental dalam membentuk representasi spasial lingkungan di dalam otak manusia.

Crossmodal Interaction

Interaksi antar berbagai indera dalam membentuk pengalaman ruang yang terpadu.

D

Data-Driven Design

Pendekatan desain yang didasarkan pada analisis data, termasuk data perilaku dan data neurologis pengguna.

Deep Learning

Cabang dari machine learning yang menggunakan jaringan saraf berlapis untuk memproses data kompleks seperti gambar dan sinyal otak.

Design Iteration

Proses pengembangan desain secara berulang melalui evaluasi dan perbaikan terus-menerus.

E

EEG (Electroencephalography)

Teknologi untuk mengukur aktivitas listrik otak yang digunakan dalam penelitian neuroarsitektur untuk memahami respons pengguna terhadap ruang.

Emotional Architecture

Pendekatan desain yang secara sengaja menciptakan respons emosional tertentu melalui elemen ruang.

Evidence-Based Design

Pendekatan desain yang didasarkan pada bukti ilmiah dan data empiris, bukan hanya intuisi.

G

Generative AI

Jenis AI yang mampu menghasilkan konten baru seperti gambar, teks, atau desain berdasarkan pola yang dipelajari dari data.

Generative Design

Pendekatan desain yang menggunakan algoritma untuk menghasilkan berbagai alternatif solusi berdasarkan parameter tertentu.

H

Human-Centered Design

Pendekatan desain yang menempatkan kebutuhan, pengalaman, dan kesejahteraan manusia sebagai fokus utama.

Human-in-the-Loop

Sistem AI yang tetap melibatkan manusia dalam proses pengambilan keputusan.

K

Kognisi Spasial (Spatial Cognition)

Kemampuan manusia untuk memahami, mengingat, dan berinteraksi dengan ruang.

M

Machine Learning (ML)

Metode dalam AI yang memungkinkan sistem belajar dari data dan meningkatkan kinerjanya secara otomatis.

Multisensory Design

Pendekatan desain yang melibatkan berbagai indera manusia (visual, auditori, taktil, olfaktori, kinestetik) secara terpadu.

N

Neuroadaptive Architecture

Arsitektur yang mampu menyesuaikan diri secara real-time berdasarkan kondisi neurologis dan emosional pengguna.

Neuroarchitecture

Bidang interdisipliner yang mempelajari hubungan antara lingkungan binaan dengan otak, emosi, dan perilaku manusia.

Neuro-AI

Pendekatan yang mengintegrasikan data neurologis manusia dengan kecerdasan buatan dalam proses desain dan operasional ruang.

P

Perception (Persepsi)

Proses otak dalam menerima, mengorganisasi, dan menafsirkan stimulus dari lingkungan.

Prototype

Representasi awal dari desain yang digunakan untuk pengujian dan pengembangan sebelum implementasi akhir.

R

Reinforcement Learning

Jenis machine learning di mana sistem belajar melalui interaksi dan umpan balik dari lingkungan.

S

Sensor Biometrik

Perangkat yang digunakan untuk mengukur kondisi fisiologis manusia seperti detak jantung, suhu, dan respons kulit.

Smart Environment

Lingkungan yang dilengkapi dengan teknologi digital dan sensor untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi.

V

Valence-Arousal Model

Model psikologis yang digunakan untuk menggambarkan emosi berdasarkan dua dimensi utama: tingkat kesenangan (valence) dan tingkat stimulasi (arousal).

Virtual Reality (VR)

Teknologi simulasi yang memungkinkan pengguna mengalami lingkungan virtual secara imersif.

W

Well-being (Kesejahteraan)

Kondisi kesehatan fisik, mental, dan emosional yang menjadi tujuan utama dalam desain berbasis neuroarsitektur.

Penulis



Prasasto (Sas) Satwiko. Pengajar di Departemen Arsitektur – Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Tahun 2006 (pada usia 46 tahun) menjadi Guru Besar dan melakukan reorientasi minat ke arsitektur digital, kecerdasan buatan, dan

neuroarsitektur. Selain itu, Sas juga terobsesi oleh dunia yang membahagiakan bagi seluruh makhluk, jauh dari kekerasan, dengan menjadi vegetarian.

Lampiran: Contoh Rencana Pembelajaran Semester

 UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA serves in lumine veritas					KODE DOKUMEN
RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER					
NAMA PRODI		MAGISTER ARSITEKTUR	SEMESTER	Genap/Genap	
MATA KULIAH (MK)		INOVASI DESAIN BERBASIS NEURO-AI	TANGGAL PENYUSUNAN	15 Juli 2025	
KODE MATA KULIAH		MAT13XX	SIFAT MATA KULIAH	Pilihan	
RUMPUN MATA KULIAH		AINA	PRASYARAT	Tidak ada	
BOBOT SKS		3			
		OTORISASI			
Pengembang RPS		Komite Kurikulum		Ketua PRODI	
Prof. Ir. Prasasto Sawitko, M.B.Sc., Ph.D.					
CAPAIAN PEMBELAJARAN					
KOMPONEN	KODE	DESKRIPSI		PROSENTASE	
CPL PRODI YANG DIBEBANKAN PADA MATA KULIAH	1.2	Mampu mengidentifikasi penerapan konsep neuroarsitektur dan/atau teknologi kecerdasan buatan dalam studi kasus atau proyek arsitektur.		20 %	
	2.1	Mampu mengkaji permasalahan arsitektur dan lingkungan binaan yang relevan untuk dianalisis dengan pendekatan neuroarsitektur dan/atau kecerdasan buatan.		10 %	
CAPAIAN KULIAH	DESKRIPSI CPMK: 1.2.1.	Menganalisis dampak integrasi prinsip neuroarsitektur dan kecerdasan buatan terhadap kualitas pengalaman ruang dan kesejahteraan pengguna.		50%	
	2.1.1.	Merancang prototipe inovasi desain arsitektur berbasis pendekatan neuroarsitektur dan teknologi kecerdasan buatan yang adaptif, kontekstual, dan berorientasi keberlanjutan.		50%	
PUSTAKA					
UTAMA	Neuroarchitecture: Designing with the Mind in Mind – Ian Ritchie (2020) Neurodesign: Unleash the Secrets of How Design Transforms the Mind – Paul Carpenter (2020) Cognitive Architecture: Designing for How We Respond to the Built Environment – Ann Susamap, Justin Hollander (ed. 2020)				
PENDUKUNG	Functional Brain Mapping: Methods and Alims – Vassilij Tsytsarev et al. (2020) Brain Mapping: Indications and Techniques – Quiñones-Hinojosa et al. (2020)				

DOSEN PENGAMPU	
DOSEN UTAMA	
TIM DOSEN	

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER

(1)	(2)	Penilaian		Estimasi Waktu dan Teknik pembelajaran		(7)	(8)	(9)	(10)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
1	Menjelaskan konsep dasar neuroarsitektur dan AI serta potensi integrasinya dalam desain.	Mahasiswa memaparkan prinsip dasar neuro dan AI dalam diskusi	Kriteria: Pemahaman awal konsep neuro & AI, keterlibatan aktif, kerapian <u>mind map</u> Bentuk: Diskusi & <u>Mind Map</u>	✓ 100'		Mahasiswa berdiskusi aktif tentang potensi gabungan antara neuroarsitektur dan AI dalam desain; menyusun peta konsep awal.	Ceramah interaktif, diskusi awal.	Pengantar Neuro-AI: definisi neuroarsitektur dan AI; perkembangan integrasi keduanya dalam desain arsitektur; pengenalan konsep <u>Artificially Intelligent Neuroarchitectures</u> .	0
2	Mengidentifikasi prinsip persepsi ruang dan respons otak terhadap lingkungan binaan.	Mahasiswa menghubungkan elemen desain dengan respons otak.	Kriteria: Ketepatan identifikasi elemen persepsi, kemampuan refleksi awal Bentuk: Kuis visual & refleksi singkat.	✓ 100'		Mahasiswa menonton video demonstrasi persepsi otak terhadap ruang dan berdiskusi bagaimana otak menangkap elemen-elemen arsitektural.	Diskusi kasus, video eksperimen EEG.	Dasar-dasar Neurosains Arsitektur: persepsi ruang, sistem saraf dan kognisi spasial, pengaruh elemen arsitektur terhadap gelombang otak. Studi tentang kenyamanan multisensoris.	0

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI

Perte- muan ke- belajar	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Estimasi Waktu dan Teknik pembelajaran		Pengalaman Belajar	Metode Pembelajaran	Materi Pembelajaran dan pustaka	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
3	Menganalisis komponen arsitektural yang memicu emosi dan kenyamanan kognitif.	Mahasiswa menetapkan elemen desain dan dampaknya pada emosi.	Kriteria: Kedalaman analisis, keterkaitan desain dan emosi, argumentasi visual Bentuk: Tugas analisis emosi-ruang.	✓ 100'		Mahasiswa bekerja dalam kelompok kecil untuk mengidentifikasi emosi pengguna dalam ruang arsitektural melalui studi visual.	Tugas kelompok: analisis ruang publik.	Emosi dan Ruang: hubungan emosi dengan desain; ruang yang menyenangkan; memotivasi, atau menstimulasi secara neurologis; konsep <u>emotional architecture</u> .	0
4	Menjelaskan peran AI dalam memahami pola perilaku dan preferensi ruang.	Mahasiswa menyusun <u>mind map</u> hubungan AI- desain-emosi.	Kriteria: Ketajaman kritik terhadap aplikasi AI, logika berpikir, orisinalitas pandangan Bentuk: <u>Review</u> proyek AI.	✓ 120'		Mahasiswa menganalisis proyek desain berbasis AI dan mendiskusikan tantangannya dalam konteks kenyamanan manusia.	Kuliah pakar, studi kasus proyek AI.	Pengantar Kecerdasan Buatan dalam Arsitektur: AI dalam analisis data pengguna, klasifikasi preferensi, dan generatif desain. Studi awal proyek berbasis AI.	0
5	Mengkaji model AI (ML/DL) untuk prediksi preferensi desain berdasarkan data neuro.	Mahasiswa merancang skema <u>input-output</u> sistem AI.	Kriteria: Kelelasan skema logika desain-AI, pemahaman <u>input-output</u> Bentuk: Skema AI sederhana.	✓ 100'		Mahasiswa mengeksplorasi model AI sederhana dan menyusun skema <u>input-output</u> berdasarkan respons pengguna.	<u>Workshop</u> eksplorasi model ML sederhana.	Model Kecerdasan Buatan yang Relevan: <u>supervised vs unsupervised learning</u> ; <u>neural network</u> dasar; <u>overview</u> alat dan platform AI (<u>Ruway</u>).	0

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI

Perte muan Ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Estimasi Waktu dan teknik pembelajaran		Pengalaman Belajar	Metode Pembelajaran	Materi Pembelajaran dan pustaka	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
6	Menilai kelebihan dan keterbatasan AI dalam konteks desain berbasis manusia	Mahasiswa menyusun kritik terhadap proyek AI arsitektural	Kriteria: Kemampuan argumentasi, ketepatan data pendukung, komunikasi efektif Bentuk: Debat etika AI.	✓ 100'		Mahasiswa melakukan studi perbandingan proyek desain AI dan menuliskan kritik terhadap aplikasinya dalam ruang hidup.	Debat, studi komparatif	Midjourney, ChatGPT, dll; Kritik dan Etika AI dalam Arsitektur; bahaya bias data, penghapusan konteks etika penggunaan AI dalam desain ruang hidup. Studi kasus proyek gagal atau problematik.	0
7	Menyusun rencana eksperimen desain berbasis Neuro-AI sederhana.	Proposal mini eksperimen desain diajukan.	Kriteria: Ketepatan struktur, relevansi alat dan tujuan eksperimen Bentuk: Proposal mini eksperimen.	✓ 150'		Mahasiswa membuat proposal awal eksperimen desain berbasis Neuro-AI dengan bimbingan dosen.	Bimbingan kelompok kecil.	Neuro-AI; penyusunan rencana eksperimen desain berbasis respons otak; pemilihan sensor atau variabel; persiapan skema logika integrasi AI.	0
Evaluasi Tengah Semester (40%)									
Kombinasi tes tertulis dan <i>review</i> proyek.									

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI

Perte- muan ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Estimasi Waktu dan Teknik pembelajaran		Pengalaman Belajar	Metode Pembelajaran	Materi Pembelajaran dan pustaka	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
8	Mendesain elemen ruang berbasis stimulasi otak (visual, auditori, olfaktorik, taktil/ <u>kinestetik</u> , <u>sustentorik</u>).	Mahasiswa membuat sketsa neuro-sensori.	Kriteria: Kreativitas, pemahaman dasar stimulasi otak dalam desain Bentuk: Sketsa ruang neuro-sensori.	✓ 100'	(7)	Mahasiswa membuat sketsa ruang berbasis simulasi emosi dan persepsi; melakukan presentasi singkat.	(8) Studio: eksplorasi desain adaptif.	(9) Desain Stimulatif Berbasis Neuro: bagaimana elemen visual, suara, tekstur, dan bentuk ruang memengaruhi otak; desain berbasis <u>aktivasi</u> area otak tertentu (misalnya <u>prefrontal cortex</u> atau <u>amygdala</u>).	(10) 0
9	Mengintegrasikan <u>input</u> AI dalam proses desain <u>iteratif</u> .	Mahasiswa menggunakan <u>tool</u> generatif AI dalam desain	Kriteria: Kejelasan eksplorasi, kesesuaian <u>output</u> dengan ide desain Bentuk: Eksplorasi AI <u>tools</u> .	✓ 150'		Mahasiswa menggunakan <u>tools</u> AI generatif untuk mengeksplorasi alternatif bentuk dan atmosfer ruang.	Praktik AI <u>tools</u> (Midjourney, ChatGPT, <u>Rhino-GH</u>)	Eksplorasi Alat AI Generatif untuk Desain: penggunaan Midjourney, DALL-E, <u>ChatGPT</u> , dll. untuk ide desain awal; integrasi <u>prompt</u> berbasis respons neurologis atau preferensi individu.	0
10	Mengembangkan desain berdasarkan data EEG, <u>eye- tracker</u> , atau preferensi AI.	Mahasiswa menyajikan pengembangan desain adaptif.	Kriteria: Kesesuaian desain dengan data/konsep neuro, kemampuan visual Bentuk:	✓ 150'		Mahasiswa menyiapkan prototipe desain dengan data hasil eksperimen neuro atau preferensi pengguna.	Presentasi perkembangan desain.	Data Sensor dalam Desain Adaptif: penggunaan EEG, <u>eye-tracker</u> , sensor lingkungan; interpretasi data	0

Inovasi Desain Berbasis Neuroarsitektur dan AI

Perte muhan Ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Estimasi Waktu dan teknik pembelajaran		Pengalaman Belajar	Metode Pembelajaran	Materi Pembelajaran dan pustaka	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
			Prototipe awal + logika neuro.					dasar untuk pengaruh terhadap desain.	
11	Mengkaji aspek etika dan keberlanjutan dari penerapan Neuro- AI.	Diskusi kritis dan <i>review</i> etis teknologi AI.	Kriteria: Ketajaman berpikir kritis, sensitivitas etis, kelengkapan argumen Bentuk: Diskusi etika & keberlanjutan.	✓ 150'		Mahasiswa berdiskusi dalam debat terbuka mengenai etika dan keberlanjutan desain berbasis Neuro-AI.	Debat etika dan FGD keberlanjutan.	Etika dan keberlanjutan dalam Neuro-AI: AI yang berkelanjutan, <i>empathic</i> , dan manusiawi; dampak sosial-budaya dan ekologis dari teknologi ini dalam konteks Indonesia.	0
12	Menyusun prototipe inovasi desain akhir berdasarkan Neuro-AI.	Mahasiswa menyusun portofolio digital desainnya.	Kriteria: Koherensi visual, dokumentasi proses, narasi pendukung Bentuk: Draf portofolio desain.	✓ 150'		Mahasiswa menyusun elemen visual dan narasi desain akhir serta mempersiapkan prototipe presentasi.	Studio mandiri + <i>mentor/mg</i> .	Penyusunan Prototipe Desain Akhir: pendalaman integrasi neuro dan AI dalam proyek mahasiswa; penerapan prinsip stimulus-respons dalam konfigurasi ruang.	0
13	Melatih presentasi hasil inovasi dan dampak desain terhadap pengguna.	Mahasiswa mempresentasikan prototipe.	Kriteria: Struktur presentasi, komunikasi visual, kesiapan	✓ 150'		Mahasiswa melakukan latihan presentasi dan menyampaikan umpan balik dari dosen dan sejawat.	Latihan presentasi publik dan <i>peer review</i> .	Simulasi Presentasi Desain dan Dampaknya: narasi desain berbasis data neuro dan AI;	0

Perte muan Ke-	Kemampuan akhir tiap tahapan belajar (Sub-CPMK)	Penilaian		Estimasi Waktu dan teknik pembelajaran		Pengalaman Belajar	Metode Pembelajaran	Materi Pembelajaran dan pustaka	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Luring (offline)	Daring (online)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
			menjawab pertanyaan Bentuk: Simulasi presentasi.					menyusun argumen kuat dan berbasis bukti dalam presentasi visual.	
14 - 15	Finalisasi desain dan refleksi integrasi Neuro-AI secara menyeluruh.	Mahasiswa menyusun refleksi desain dan proses belajar dalam narasi akhir.	Kriteria: Kedalaman refleksi personal dan analisis proses pembelajaran Bentuk: Refleksi desain.	✓ 100'		Mahasiswa menyusun refleksi desain dan proses belajar dalam narasi akhir.	<u>Review</u> panel & refleksi individu.	Finalisasi dan Refleksi Neuro-AI; evaluasi kritis terhadap karya sendiri; refleksi proses pembelajaran; penyusunan naskah refleksi naratif & portofolio.	0
Evaluasi Akhir Semester (60%) Presentasi dan penyerahan portofolio proyek akhir.									

RUBRIK PENILAIAN CPMK dari sub CPMK

Sub CPMK	INDIKATOR		Sangat Kurang 1	Kurang 2	Baik 3	Sangat Baik 4
(a)	(b)		(c)			
Menjelaskan konsep dasar neuroarsitektur dan AI serta potensi integrasinya dalam desain.	Kejelasan pemahaman konsep, struktur pemikiran, partisipasi diskusi.		Tidak memahami konsep, tidak aktif.	Menyebut konsep tetapi tidak menghubungkan.	Menjelaskan dengan benar dan aktif diskusi.	Menjelaskan dengan koneksi luas dan reflektif.
Mengidentifikasi prinsip persepsi ruang dan respons otak terhadap lingkungan binaan.	Ketepatan dalam mengaitkan elemen ruang dengan respons otak.		Tidak dapat mengaitkan.	Menyebutkan tanpa analisis.	Menghubungkan dengan logis.	Memberi contoh dan referensi relevan.

Sub CPMK	INDIKATOR	Sangat Kurang 1	Kurang 2	Baik 3	Sangat Baik 4
Menganalisis komponen arsitektural yang memicu emosi dan kenyamanan kognitif.	Kedalaman analisis dan argumentasi visual.	Tidak ada argumen.	Argumen kurang mendalam dan umum.	Argumen logis dan berbasis data.	Analisis tajam, visual kuat, dan referensial.
Menganalisis komponen arsitektural yang memicu emosi dan kenyamanan kognitif.	Kedalaman analisis dan argumentasi visual.	Tidak ada argumen.	Argumen kurang mendalam dan umum.	Argumen logis dan berbasis data.	Analisis tajam, visual kuat, dan referensial.
Menjelaskan peran AI dalam memahami pola perilaku dan preferensi ruang.	Pemahaman konsep dan aplikasi AI di desain.	Tidak memahami AI.	Memahami tapi belum kontekstual.	Memberi penjelasan dan studi.	Memberi analisis dan refleksi kritis.
Mengkaji model AI (ML/DL) untuk prediksi preferensi desain berdasarkan data neuro.	Kejelasan skema dan hubungan <u>input-output</u> .	Tidak logis.	Logis tapi tidak lengkap	Lengkap dan sesuai data.	Kreatif dan terhubung dengan konteks pengguna.
Menilai kelebihan dan keterbatasan AI dalam konteks desain berbasis manusia.	Ketajaman berpikir kritis dan argumentasi etis.	Tidak kritis.	Kritik lemah dan tanpa referensi.	Kritik logis dan berbasis contoh.	Kritik mendalam dan reflektif.
Menyusun rencana eksperimen desain berbasis Neuro-AI sederhana.	Kelengkapan proposal dan konsistensi metodologis.	Proposal tidak jelas.	Ada elemen penting yang hilang.	Terstruktur dan layak.	Rinci dan inovatif.
UTS	Sesuai rubrik ujian tersendiri.				
Mendesain elemen ruang berbasis stimulus otak.	Kreativitas sketsa dan ketepatan prinsip neuro-sensori.	Tidak sesuai konsep	Sesuai tapi kurang eksploratif	Inovatif dan relevan	Estetik, berbasis data, dan komunikatif
Mengintegrasikan <u>input</u> AI dalam proses desain <u>iteratif</u> .	Ketepatan pemanfaatan AI <u>tools</u> dan inovasi desain.	Tidak mampu menggunakan alat.	Menggunakan tanpa konteks.	Menghasilkan <u>output</u> sesuai tema.	Memfaatkan AI secara reflektif dan eksploratif.
Mengembangkan desain berdasarkan data EEG, <u>eye-tracker</u> , atau preferensi AI.	Konsistensi data dan <u>output</u> desain.	Tidak sesuai data.	Hanya terinspirasi umum.	Terintegrasi sebagian.	Seluruh elemen terstruktur dari data pengguna.
Mengkaji aspek etika dan keberlanjutan dari penerapan Neuro-AI.	Kematangan berpikir kritis dan etis.	Tidak kritis.	Argumen etika umum.	Konteks desain disorot.	Isu global, sosial, dan lokal dihubungkan dengan kuat.
Menyusun prototipe inovasi desain akhir berdasarkan Neuro-AI.	Kualitas desain, dokumentasi, dan narasi ide.	Tidak lengkap.	Cukup, belum komunikatif.	Baik dan terstruktur	Solid dan siap presentasi akhir.
Melatih presentasi hasil inovasi.	Kejelasan argumen dan media visual.	Tidak siap.	Presentasi lemah.	Terstruktur dan jelas.	Meyakinkan dan profesional.
UAS	Sesuai rubrik proyek akhir.				

BOBOT PENILAIAN AKHIR

Sub CPMK	EVALUASI 2 (UTS)	EVALUASI 4 (UAS)	TOTAL	KONTRIBUSI NILAI AKHIR
Sub CPMK <u>trial</u> UTS	40%	60%	100%	50%
Sub CPMK <u>pasca</u> UTS	40%	60%	100%	50%

Catatan :

1. **Capaian Pembelajaran Lulusan PRODI(CPL-PRODI)** adalah kemampuan yang dimiliki oleh setiap lulusan PRODI yang merupakan internalisasi dari sikap, penguasaan pengetahuan dan ketrampilan sesuai dengan jenjang prodinya yang diperoleh melalui proses pembelajaran.
2. **CPL yang dibebankan pada mata kuliah** adalah beberapa capaian pembelajaran lulusan program studi (CPLPRODI) yang digunakan untuk pembentukan/pengembangan sebuah mata kuliah yang terdiri dari aspek sikap, ketrampilan umum, ketrampilan khusus dan pengetahuan.
3. **CP Mata kuliah (CPMK)** adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPL yang dibebankan pada mata kuliah, dan bersifat spesifik terhadap bahan kajian atau materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
4. **Sub-CP Mata kuliah (Sub-CPMK)** adalah kemampuan yang dijabarkan secara spesifik dari CPMK yang dapat diukur atau diamati dan merupakan kemampuan akhir yang direncanakan pada tiap tahap pembelajaran, dan bersifat spesifik terhadap materi pembelajaran mata kuliah tersebut.
5. **Indikator penilaian** kemampuan dalam proses maupun hasil belajar mahasiswa adalah pernyataan spesifik dan terukur yang mengidentifikasi kemampuan atau kinerja hasil belajar mahasiswa yang disertai bukti-bukti.
6. **Kriteria Penilaian** adalah patokan yang digunakan sebagai ukuran atau tolok ukur ketercapaian pembelajaran dalam penilaian berdasarkan indikator-indikator yang telah ditetapkan. Kriteria penilaian merupakan pedoman bagi penilai agar penilaian konsisten dan tidak bias. Kriteria dapat berupa kuantitatif ataupun kualitatif.
7. **Bentuk penilaian:** tes dan non-tes.
8. **Bentuk pembelajaran:** Kuliah, Responsi, Tutorial, Seminar atau yang setara, Praktikum, Praktik Studio, Praktik Bengkel, Praktik Lapangan, Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan/atau bentuk pembelajaran lain yang setara.
9. **Metode Pembelajaran:** *Small Group Discussion, Role-Play & Simulation, Discovery Learning, Self-Directed Learning, Cooperative Learning, Collaborative Learning, Contextual Learning, Project Based Learning*, dan metode lainnya yang setara.
10. **Materi Pembelajaran** adalah ringkasan atau uraian dari bahan kajian yang dapat disajikan dalam bentuk beberapa pokok dan sub-pokok bahasan.
11. **Bobot Penilaian** adalah presentasi penilaian terhadap setiap pencapaian sub-CPMK yang besarnya proporsional dengan tingkat kesulitan pencapaian sub-CPMK tsb., dan totalnya 100%.
12. TM=tatap Muka, PT=Penugasan terstruktur, BM=Belajar mandiri.

Ruang tidak pernah diam.

Ia berbicara—kepada mata, telinga, hidung, kulit, lidah, dan kepada pikiran.

Namun selama ini, kita merancang tanpa benar-benar mendengar.

Buku ini adalah upaya untuk mendengarkan kembali.

Melalui neuroarsitektur, kita belajar memahami bagaimana manusia merasakan ruang.

Melalui kecerdasan buatan, kita belajar membaca pola dari pengalaman tersebut.

Ketika keduanya bertemu,
arsitektur tidak lagi sekadar membentuk ruang—
tetapi mulai memahami manusia.

Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari No.5-6, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 487711
Email: lib.publisher@uajy.ac.id
<https://penerbitan.uajy.ac.id/>

ISBN 978-634-05-1381-3 (PDF)



9

786340

513813