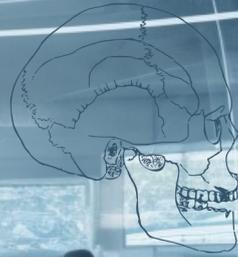


Prasasto Satwiko
Sushardjanti Felasari
Mutiara Cininta

Pustaka Neuroarsitektur



Neuro-Arsitektur

**Klaster Riset Artificially Intelligent
Neuro-Architecture (AINA)**

Seri Pustaka Neuroarsitektur

Neuro-Arsitektur



Klaster Riset

Artificially Intelligent Neuro-Architecture (AINA)

**Prasasto Satwiko
Sushardjanti Felasari
Mutiara Cininta**

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Neuro-Arsitektur

Penulis : Prasasto Satwiko
Sushardjanti Felasari
Mutiarra Cininta

Hak Cipta © 2023, 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 tertulis dari penerbit.

Cetakan ke- 05 04 03 02 01
Tahun 27 26 25 24 23

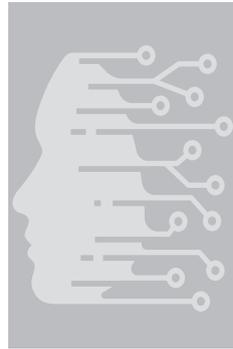
Diterbitkan oleh
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Jl. Babarsari No. 5-6 Yogyakarta 55281
Telp. +62 274 487711
E-mail: lib.publisher@uajy.ac.id

ISBN : 978-623-09-3569-5 (PDF)

Neuro-Arsitektur

Klaster Riset

Artificially Intelligent Neuro-Architecture (AINA)



Buku ini untuk tujuan pendidikan, disebarakan secara daring dan tidak diperjual belikan.

This book is for academic purposes and is freely distributed online.

Prakata

Buku Neuro-Arsitektur ini merupakan seri pertama dari banyak seri yang disiapkan oleh klaster riset Artificially Intelligent Neuro-Architecture (AINA), Departemen Arsitektur - Fakultas Teknik - Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Maksud pembuatan buku ini agar Neuroarsitektur populer dan menjadi salah satu pendekatan dalam merancang karya arsitektur, baik itu bangunan, lingkungan, hingga kota. Penulis mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang secara langsung maupun tidak langsung berkontribusi pada pembuatan buku ini.

- Anggi Wismandaru yang menangani ilustrasi-ilustrasi di buku ini dan menyumbang karyanya.
- Farah Febriana Salsabila yang telah menyumbangkan karya tugas akhirnya.
- Ghina Fitria, sebagai mahasiswi angkatan pertama yang secara khusus mulai mempelajari neuroarsitektur dan mengijinkan karya tugas akhirnya untuk menjadi salah satu contoh di buku ini.

Bagi pembaca yang ingin mengetahui lebih dalam tentang neuroarsitektur dapat berkunjung pada situs-situs antara lain:

Academy of Neuroscience for Architecture (<https://anfarch.org/>)

Neuro Architecture and Urbanism (<https://www.neuroau.com/>)

Pengantar

Arsitektur dibentuk melalui imajinasi manusia. Saat arsitektur dibangun, arsitektur membentuk manusia. Saat seseorang berada di suatu tempat, baik itu di sebuah gedung maupun lingkungan perkotaan, ke empat indranya (penglihatan, pendengaran, penciuman, dan peraba) menerima stimuli melalui sensor. Stimuli tersebut dikirim ke otak dan diproses oleh otak untuk membentuk suatu persepsi komprehensif. Persepsi yang dibentuk tersebut merupakan gabungan antara memori masa lampau dan analisis masa kini (juga mungkin proyeksi ke masa depan). Persepsi seseorang terhadap arsitektur nyatanya tidak hanya menyangkut visual (penglihat) seperti yang selalu diasosiasikan saat ini, namun juga audial (pendengar), aroma (pencium), dan termal (peraba). Bahkan indra pencecap pun secara tidak langsung membangun persepsi kita terhadap arsitektur. Menilai arsitektur hanya dari bentuk visualnya merupakan kesalahkaprahan. Hal tersebut telah disadari. Konvensi American Institute of Architects (AIA) tahun 2003 di San Diego mendorong terbentuknya Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA) untuk menggali potensi kerjasama dua disiplin, neurosains dan arsitektur. Istilah baru dipopulerkan untuk meringkasnya yaitu *neuroarchitecture* (neuroarsitektur). Buku Neuroarsitektur ini merupakan buku pengantar kepada disiplin baru tersebut secara ringkas. Diharapkan, edisi berikutnya dengan topik beragam akan dipublikasikan secara berkala. Semoga buku ini bermanfaat bagi para mahasiswa arsitektur, pengajar pendidikan arsitektur, dan khalayak umum yang ingin mengenal neuroarsitektur.

Prasasto Satwiko, Ph.D. (Victoria University of Wellington)
Sushardjanti Felasari, Ph.D. (University of Sheffield)
Mutiaru Cininta, M.Arch. (University of Sydney)

Daftar Isi

Prakata	v
Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xxi
1. Pendahuluan	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Maksud dan tujuan.....	3
1.3. Permasalahan yang ingin diungkap.....	5
2. Otak Manusia	7
2.1. Otak dan cara kerjanya.....	8
2.2. Usia	16
3. Sensasi, Persepsi, dan Ilusi	19
3.1. Indra manusia	19
3.1.1. Indra penglihat (<i>sight, vision</i>)	22
3.1.2. Indra pendengar (<i>hearing, audition</i>)	30
3.1.3. Indra pencium (<i>smell, olfaction</i>).....	40
3.1.4. Indra peraba (<i>touch, tactition,</i> <i>somatosensory perception</i>)	42
3.1.5. Indra pengecap (<i>taste, gustation</i>)	44
3.2. Suasana hati.....	46

3.3. Irama Sirkadian (<i>Circadian Rhythms</i>).....	49
3.4. Kesadaran.....	52
3.5. Persepsi.....	57
3.6. Ilusi	59
3.7. Elemen arsitektur dan efeknya terhadap otak.....	60
3.8. Gagasan mahasiswa arsitektur dalam neuroarsitektur	80
3.8.1. Ghina Fitria – Pusat Rehabilitasi Psikososial	81
3.8.2. Farah Febriana Salsabila – <i>Coworking</i> <i>Space</i>	89
3.8.3. Anggi Wismandaru - Ruang Rekreasi	104
3.9. Peralatan qEEG.....	108
Daftar Pustaka.....	113
Penulis	119

Daftar Gambar

- Gambar 1 Singularitas, bertemunya kecerdasan mesin dengan kecerdasan manusia. 1*
- Gambar 2 Pembahasan neuroarsitektur di internet semakin marak dan memberi wawasan baru pada dunia arsitektur..... 2*
- Gambar 3 Kampus digital adaptif. Perkembangan teknologi digital berkembang sangat cepat dan sering harus ditanggapi dengan cepat pula. Kampus dituntut luwes jika tidak mau ketinggalan. (Sumber: penulis) 2*
- Gambar 4 Pendidikan arsitektur berbasis cloud berpotensi untuk luwes mengikuti perkembangan teknologi tanpa harus menguras sumber dana. (Sumber: penulis)..... 3*
- Gambar 5 Transformasi pendidikan arsitektur ke kombinasi psikologi-arsitektur-informatika. Kombinasi tersebut mengarah ke Artificially Intelligent Neuroarchitecture (AINA). (Sumber: penulis) 4*
- Gambar 6 Kombinasi tiga bidang (AINA) membuka beragam wawasan baru di dunia arsitektur. (Sumber: penulis) 4*
- Gambar 7 Perjalanan dari seni-sains-teknologi ke arsitektur-psikologi-informatika yang memunculkan AINA. (Sumber: penulis) 5*
- Gambar 8 Pandangan umum, otak kiri dan kanan bertanggung jawab pada jenis pikiran yang berbeda [1]. Namun,*

	<i>banyak riset yang menemukan bahwa yang terjadi di otak tidak seketat itu. Ke dua belahan otak saling bekerjasama.</i>	7
Gambar 9	<i>Anatomi otak. [4]</i>	10
Gambar 10	<i>Anatomi otak yang menunjukkan bagian-bagian besar otak. [4]</i>	11
Gambar 11	<i>Irama sirkadian tubuh manusia. (wikimedia)</i>	14
Gambar 12	<i>Sel saraf parasimpatik dan simpatik. [5]</i>	15
Gambar 13	<i>Otak dan bagian tubuh lain. [4]</i>	19
Gambar 14	<i>Otak dan kaitannya dengan indra. [7]</i>	21
Gambar 15	<i>Kebun Layar.</i>	22
Gambar 16	<i>Spektrum cahaya. (sumber: wikipedia)</i>	23
Gambar 17	<i>Mata.</i>	27
Gambar 18	<i>Terapi warna [12] . Warna kerap kali dihubungkan dengan suasana hati. Terapi warna digunakan untuk memperbaiki suasana hati. Sebelum ada alat-alat yang dapat mengukur secara objektif, riset di area ini sering didasarkan pada kuesioner yang berpotensi bias. Oleh karena itu sering dikategorikan dalam pseudoscience.....</i>	28
Gambar 19	<i>Otak dan indera penglihatan. [4]</i>	29
Gambar 20	<i>Properti bunyi (http://droualb.faculty.mjc.edu/.....</i>	32
Gambar 21	<i>Telinga. [4]</i>	32
Gambar 22	<i>Jejak bunyi menuju korteks pendengaran. [4]</i>	33
Gambar 23	<i>Otak dan frekuensi. [4]</i>	33
Gambar 24	<i>Sumber bunyi dan rentang frekuensinya. (http://kids.britannica.com)</i>	34
Gambar 25	<i>Diagram yang menunjukkan hubungan tingkat tekanan bunyi objektif (dB) dan tingkat kekuatan bunyi subjektif (phon). (http://www.sengpielaudio.com/).....</i>	34

<i>Gambar 26</i>	<i>Spektogram beberapa bunyi, tebal-tipis garis menunjukkan intensitas, tinggi rendah menunjukkan frekuensi dan arah ke kanan menunjukkan waktu. Gabungan frekuensi menciptakan warna bunyi yang berbeda-beda. (AT&T Lab dalam Everest, 2009). ...</i>	35
<i>Gambar 27</i>	<i>Distribusi intensitas suara manusia yang keluar dari mulut. Di arah belakang kepala, intensitas nada tinggi lebih banyak berkurang daripada nada rendah. Manusia tidak terlalu peka terhadap pergeseran sumber bunyi secara vertikal, dan lebih peka terhadap pergeseran secara horizontal, kiri-kanan.</i>	36
<i>Gambar 28</i>	<i>Zona bunyi yang dapat didengar.</i>	37
<i>Gambar 29</i>	<i>Zona bunyi ucapan.</i>	37
<i>Gambar 30</i>	<i>Zona bunyi musik.</i>	38
<i>Gambar 31</i>	<i>Jika memungkinkan, ruang meditasi yang tenang dapat disediakan seperti di sebuah rumah pribadi di Kelburn, Wellington ini. (Sumber: Satwiko)</i>	38
<i>Gambar 32</i>	<i>Asrama mahasiswa di Wellington, Everton Hall, terletak persis di tepi jalan raya. Jendela harus selalu tertutup karena kebisingan dari jalan raya masuk ke kamar bila jendela dibuka. Diperlukan jendela kedap bunyi untuk mengurangi kebisingan dari jalan raya di bawahnya. (sumber: Satwiko).....</i>	39
<i>Gambar 33</i>	<i>Lanskap dan hewan sumber bunyi.</i>	39
<i>Gambar 34</i>	<i>Reseptor penciuman (digubah dari [14][4]).....</i>	41
<i>Gambar 35</i>	<i>Peta kulit pada korteks somatosensori. [4].....</i>	44
<i>Gambar 36</i>	<i>Alur pencecap. [4].....</i>	45
<i>Gambar 37</i>	<i>Gustatori. [4]</i>	46
<i>Gambar 38</i>	<i>Gelombang otak dan suasana hati [22][23].....</i>	47

<i>Gambar 39</i>	<i>EEG normal. [27]</i>	49
<i>Gambar 40</i>	<i>Sistem limbik. [4]</i>	55
<i>Gambar 41</i>	<i>Penzo illusion. (sumber: Tony Philips, National Aeronautics and Space Adm.)</i>	59
<i>Gambar 42</i>	<i>Necker cube illusion. (Sumber: Fibonacci, wikipedia)</i>	59
<i>Gambar 43</i>	<i>Kansizsa illusion. (Sumber: Fibonacci, wikipedia) ..</i>	60
<i>Gambar 44</i>	<i>Golden mean proportion.</i>	66
<i>Gambar 45</i>	<i>Ionic paling kiri dibuat dengan prinsip golden section, yang dua di sebelah kanan memakai aturan yang dibuat oleh Palladio tapi bukan dengan golden section. Otak manusia lebih suka merespon mahkota paling kiri.</i>	66
<i>Gambar 46</i>	<i>Pola mawar pada jendela gotik yang dirancang dengan memperhatikan aturan golden section dan simetri secara horizontal dan vertikal. Otak manusia merespon lebih baik (sumber gambar: Wikimedia).</i>	67
<i>Gambar 47</i>	<i>Area penglihatan khusus korteks (sumber gambar: [15]).</i>	68
<i>Gambar 48</i>	<i>United States Holocaust Memorial Museum yang dirancang oleh James Ingo Freed dan Pei Cobb Freed & Partners merupakan contoh karya arsitektur yang dirancang hati-hati untuk membangkitkan emosi di dalamnya. Freed merupakan penyintas dari holocaust tersebut di mana saat itu dia masih seorang anak berusia sekitar 9 tahun. Peristiwa holocaust tertanam diingatkannya dan membantu Freed menumpahkan emosinya di desain museum ini (Sumber gambar: ushmm.org)</i>	69

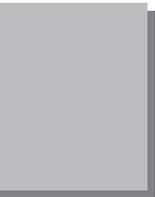
- Gambar 49 Washington monument dirancang oleh arsitek Robert Mills berdasarkan studi terhadap obelisk Mesir. Berdasarkan survei, proporsi monumen yang memiliki tinggi 10x lebarnya ini lebih disukai dari proporsi obelisk lain (sumber gambar: history.com). 70*
- Gambar 50 Lincoln Memorial dirancang oleh Henry Bacon yang terinspirasi candi Yunani. Patung Lincoln hadir secara kuat. Pengunjung dari berbagai negara dapat sama-sama merasakan kesakralan monumen ini, terutama pada malam hari (sumber gambar: washington.org)..... 70*
- Gambar 51 Vietnam Veterans Memorial dirancang oleh Maya Lin. Dinding hitam dengan 58.000 nama tentara yang tewas dirancang sederhana, namun memunculkan emosi pada para pengunjung saat menelusuri jalan di samping dinding tersebut. Interaksi antar pengunjung (kerabat korban, wisatawan) dan dinding hitam dalam keheningan memunculkan kesan hormat. Monumen ini mampu memberikan pesan kuat arti pengorbanan dan penyembuhan. (sumber gambar: <https://www.city-journal.org/>). 71*
- Gambar 52 North Christian Church dirancang oleh Eero Saarinen. Gereja ini mampu membangkitkan pengalaman spesial pada para pengunjung, apa pun latar belakangnya. ‘Tombak’ yang menjulang tinggi dan terlihat dari jauh mengantar pengunjung mendekati tempat spiritual. Perbandingan ‘tombak’ ramping dengan atap di bawahnya yang berbayangan seolah melayang. Desain dibuat sedemikian rupa sehingga ruang luar tidak menggambarkan ruang dalam. Walau pengunjung menyadari sedang mendekati ruang spiritual, sensasi berada di ruang sakral baru terasa saat*

- mereka masuk dan mengikuti jalur sirkulasi yang disediakan. (Sumber gambar: en.wikipedia.org).*
..... 72
- Gambar 53 Interior North Christian Church. Ada studi yang menyimpulkan bahwa gereja ini terinspirasi oleh Angkor Wat dan Borobudur [28] (sumber gambar: www.atlasofplaces.com).* 73
- Gambar 54 Sainsbury Wellcome Centre for Neural Circuits and Behaviour, University College London (UCL), London, rancangan Ian Ritchie (Sumber: www.ucl.ac.uk/news) 80*
- Gambar 55 Pusat Rehabilitasi Psikososial karya Ghina Fitria Utama Sari, mahasiswa Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Bangunan harus memiliki suasana yang dapat mendukung proses pemulihan pasien dengan menghadirkan kesan ramah dan menyebabkan pengguna merasakan perasaan positif dengan menerapkan warna-warna netral, membuat fasad yang indah dan tidak membosankan.* 82
- Gambar 56 Desain ruang konsultasi harus dapat diterima oleh semua kelompok pengguna dengan memperhatikan warna dan material yang digunakan. Persentasi material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek “stress-relieving”. Kesan nyaman harus dihadirkan dengan memperhatikan pemilihan furnitur dengan material lembut.* 83
- Gambar 57 Desain ruang terapi umum/grup harus dapat diterima oleh semua pasien. Warna yang diterapkan merupakan warna terang dengan saturasi rendah. Pada ruangan diberikan pot tanaman dan green wall sebagai distraksi positif. Furnitur yang terpilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar untuk menghindari kekerasan pada petugas/staff.....*
..... 84

<i>Gambar 58</i>	<i>Desain ruang terapi depresi harus menghindari hal-hal yang dapat memicu efek negatif pada pengguna dengan memperhatikan penggunaan material dan warna serta hadirnya alam pada ruangan.....</i>	<i>85</i>
<i>Gambar 59</i>	<i>Desain ruang terapi ansietas dan stress harus menghindari hal-hal yang dapat memicu efek negatif pada kedua pengguna dengan memperhatikan penggunaan material dan warna serta hadirnya alam pada ruangan.</i>	<i>86</i>
<i>Gambar 60</i>	<i>Desain dari kamar harus aman, memiliki privasi, terang, dan tidak terasa “terkekang”. Untuk memberikan efek positif pada pengguna diberikan hanging garden yang dibatasi oleh roster dan jendela geser sebagai respon keamanan dan untuk memasukan penghawaan alami ke ruangan. Terdapat jendela mati yang tidak terhalang oleh roster yang dimaksudkan agar pengguna dapat melihat ke arah luar dengan bebas tanpa merasa terkekang. Gorden yang diberikan hanya gorden semi-transparan diberikan agar cahaya alami tetap masuk dan menghindari ruangan yang gelap namun tetap dapat meningkatkan privasi.</i>	<i>87</i>
<i>Gambar 61</i>	<i>Taman.</i>	<i>88</i>
<i>Gambar 62</i>	<i>Desain taman mengacu pada aspek-aspek healing garden. Untuk memicu interaksi antara pengguna dengan alam pada desain diberikan area duduk yang terintegrasi dengan media tanam, dibuat jalan setapak yang berkelu-liku, serta area berkumpul yang terletak ditengah kolam. Suara gemericik air dapat memberikan efek positif pada pengguna. Untuk memicu interaksi antar pengguna, beberapa area duduk dibuat saling berhadapan dan terdapat area berkumpul yang terletak ditengah kolam.....</i>	<i>88</i>
<i>Gambar 63</i>	<i>.....</i>	<i>90</i>

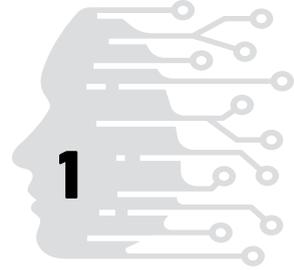
<i>Gambar 64 Coworking space</i>	91
<i>Gambar 65 Mezzanine</i>	92
<i>Gambar 66 Personal space</i>	93
<i>Gambar 67 Personal space</i>	93
<i>Gambar 68 Meeting space type 1</i>	95
<i>Gambar 69 Meeting space type 2</i>	96
<i>Gambar 70 Meeting space type 3</i>	97
<i>Gambar 71 Office space type 1</i>	98
<i>Gambar 72 Office space type 2</i>	99
<i>Gambar 73 Office space type 3</i>	100
<i>Gambar 74 Coffee shop lounge</i>	101
<i>Gambar 75 Area santai</i>	102
<i>Gambar 76 Taman bunga</i>	103
<i>Gambar 77 Bangunan parkir</i>	105
<i>Gambar 78 Ruang komunal</i>	106
<i>Gambar 79 Ruang biofilia holografik</i>	106
<i>Gambar 80 Area meditasi</i>	107
<i>Gambar 81 Area meditasi</i>	108
<i>Gambar 82 EEG untuk kebutuhan diagnosis medis yang memerlukan akurasi tinggi. Jenis ini memakai kabel yang menghubungkan sensor ke mesin. (www.bassmedicalgroup.com)</i>	109
<i>Gambar 83 EEG masa kini, berbentuk menarik, mudah dipasang, ringan dan nirkabel. (www.emotiv.com)</i>	109
<i>Gambar 84 Citra aktivitas otak oleh Emotiv insight dengan Brainviz. Warna menunjukkan gelombang otak yang aktif</i>	110

- Gambar 85 Pengukuran dengan Emotiv Insight. Kita dapat langsung mengetahui proporsi gelombang otak. 110*
- Gambar 86 Analisis real time oleh Emotiv Insight menunjukkan status responden apakah sedang focus, enganged, relax dan lain-lain. 111*



Daftar Tabel

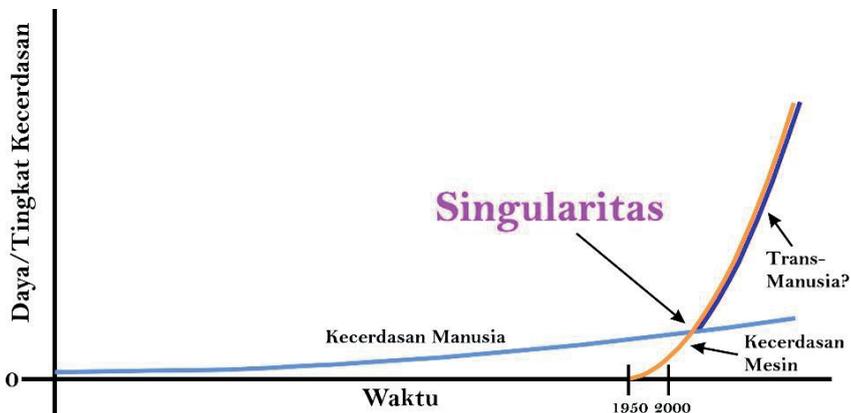
<i>Tabel 1</i>	<i>Macam kecerdasan menurut J.P. Guilford</i>	<i>54</i>
----------------	---	-----------



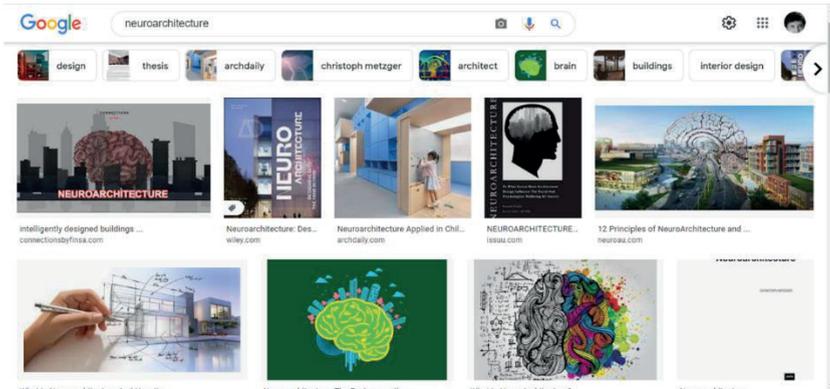
Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Para futuris memperkirakan bahwa tahun 2045 akan menjadi titik singularitas, di mana kecerdasan komputer bertemu dengan kemampuan otak manusia. Saat buku ini ditulis, perkembangan dalam bidang kecerdasan buatan telah memicu perkembangan pesat di bidang lain yaitu neurosains. Bertemunya kecerdasan buatan dan neurosains ternyata membuka pintu bagi pemahaman baru dunia arsitektur. Sejak beberapa tahun lalu, arsitektur memang telah berkolaborasi dengan neurosains yang memunculkan istilah neuroarsitektur. Dalam waktu bersamaan, perkembangan antar muka otak-komputer (*brain-computer interface*) juga mengalami perkembangan pesat. Sebagai contoh yaitu proyek neuralink oleh Elon Musk. Kombinasi ilmu pengetahuan, seni, dan teknologi di bidang Informatika (kecerdasan buatan), Arsitektur (desain), dan Psikologi (neurosains) membentuk irisan yang membuka cakrawala baru: Neuro-Arsitektur Berkecerdasan Buatan (*Artificially Intelligent NeuroArchitecture, AINA*).



Gambar 1 Singularitas, bertemunya kecerdasan mesin dengan kecerdasan manusia.

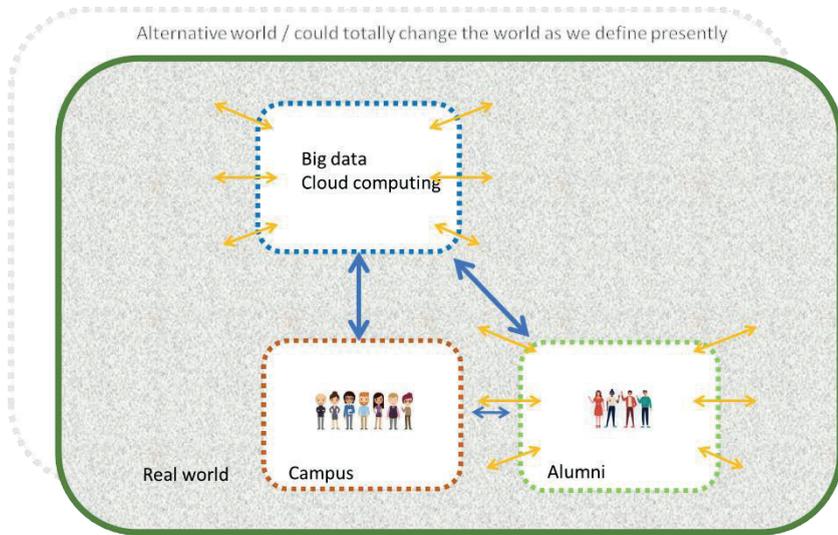


Gambar 2 Pembahasan neuroarsitektur di internet semakin marak dan memberi wawasan baru pada dunia arsitektur.

Kelayakan pengenalan AINA di dunia arsitektur, baik praktik maupun akademik, tidak lepas dari perkembangan pesat di bidang neurosains dan kecerdasan buatan yang menawarkan pendekatan baru dalam dunia desain arsitektur. Teknologi informasi dan komunikasi mengubah pendidikan arsitektur secara terus menerus yang ‘memaksa’ kampus berevolusi menjadi kampus digital adaptif. Efektivitas dan efisiensi sarana prasarana pendidikan arsitektur mendorong pemanfaatan *cloud*.



Gambar 3 Kampus digital adaptif. Perkembangan teknologi digital berkembang sangat cepat dan sering harus ditanggapi dengan cepat pula. Kampus dituntut luwes jika tidak mau ketinggalan. (Sumber: penulis)

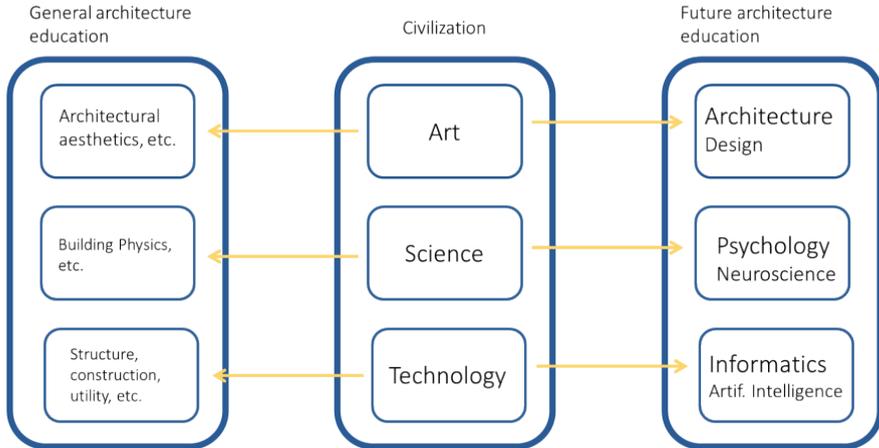


Gambar 4 Pendidikan arsitektur berbasis cloud berpotensi untuk luwes mengikuti perkembangan teknologi tanpa harus mengurus sumber dana. (Sumber: penulis)

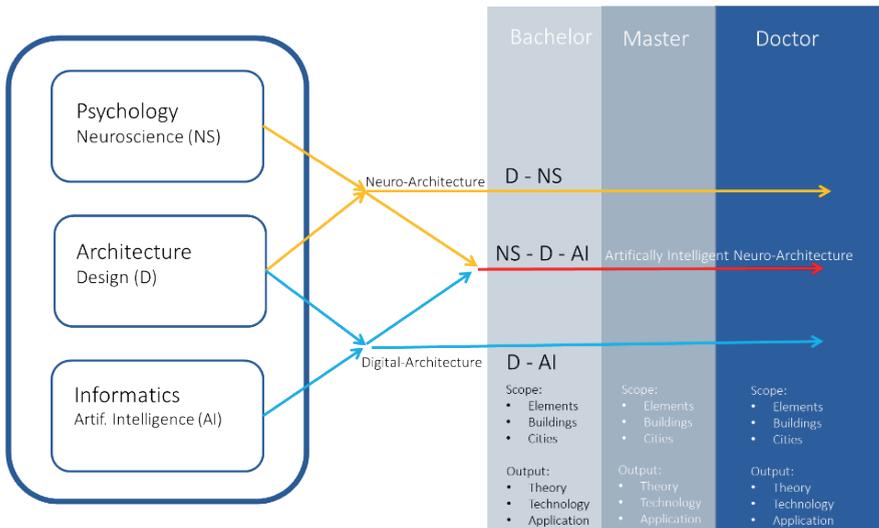
1.2. Maksud dan tujuan

Pembuatan buku ini dimaksudkan agar neuroarsitektur populer dan dapat menjadi alternatif pendekatan dalam merancang arsitektur dan arsitektur berdampak langsung pada otak manusia. Adapun tujuan pembuatan seri buku ini antara lain (tujuan yang belum diperdalam pada buku ini akan disampaikan pada seri berikutnya):

1. Mengenalkan secara singkat asal usul neuroarsitektur,
2. Mengenalkan konsep dasar neuroarsitektur dan neuroarsitektur berkecerdasan buatan.
3. Mengenalkan contoh-contoh kasus desain yang melibatkan neuroarsitektur.
4. Membuka wawasan baru topik riset sebagai dampak kombinasi psikologi-arsitektur-kecerdasan buatan.



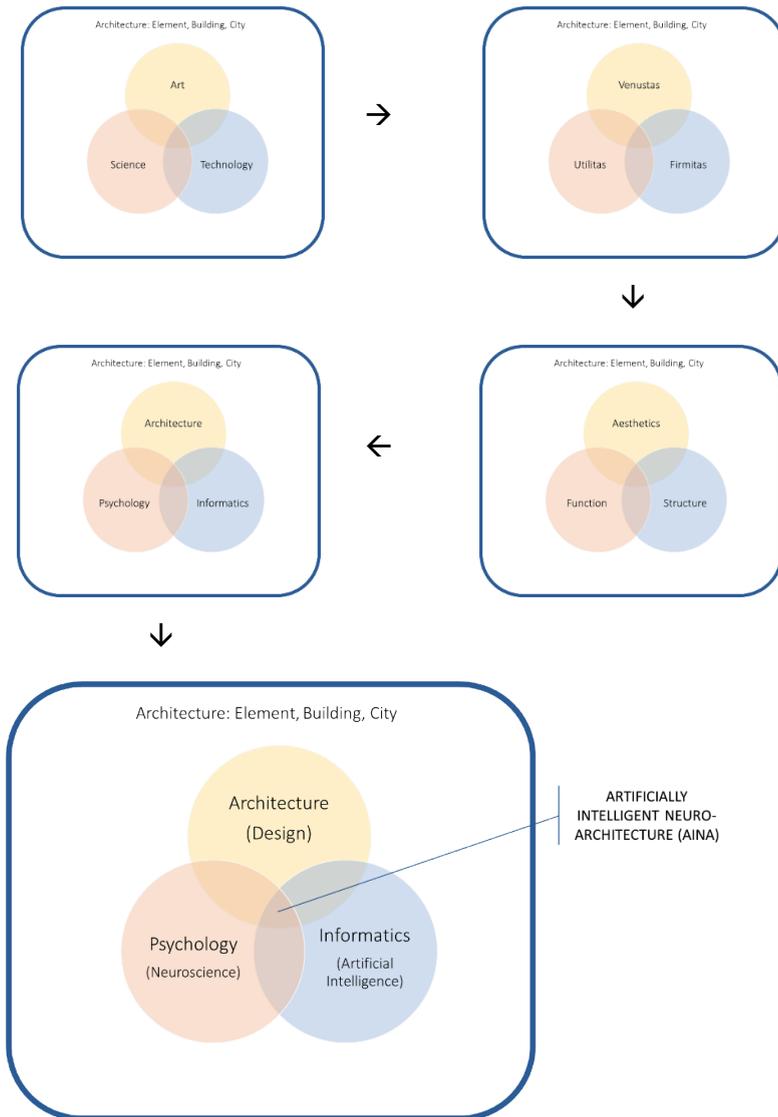
Gambar 5 Transformasi pendidikan arsitektur ke kombinasi psikologi-arsitektur-informatika. Kombinasi tersebut mengarah ke Artificially Intelligent Neuroarchitecture (AINA). (Sumber: penulis)



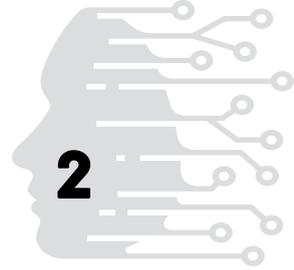
Gambar 6 Kombinasi tiga bidang (AINA) membuka beragam wawasan baru di dunia arsitektur. (Sumber: penulis)

1.3. Permasalahan yang ingin diungkap

Di buku ini, yang merupakan buku pertama dari banyak buku lanjutan, lebih menekankan pada permasalahan umum dan dasar bertemunya tiga disiplin yaitu psikologi (neurosains), arsitektur (desain), dan informatika (kecerdasan buatan).



*Gambar 7 Perjalanan dari seni-sains-teknologi ke arsitektur-psikologi-informatika yang memunculkan AINA.
(Sumber: penulis)*



Otak Manusia

Arsitek merancang arsitektur. Setiap karya arsitektur yang baik dan benar merupakan kombinasi selaras seni (*art*), sains (*science*), dan teknologi (*technology*). Ilmu arsitektur merupakan kombinasi *hardsciences* dan *softsciences*. Pada pendidikan tinggi, ada yang menggolongkannya dalam kategori seni (di Fakultas Seni) maupun teknologi (di Fakultas Teknik). Kombinasi tersebut sering membawa pada pandangan bahwa seorang arsitek yang baik harus dapat mengoptimalkan daya nalar (otak kiri) dan seni (otak kanan). Hingga saat ini, anggapan bahwa otak kiri dan kanan bertanggung jawab secara ketat pada jenis kegiatan tertentu, dan memunculkan istilah *leftbrain-people* dan *rightbrain-people*, masih kontroversial.



Gambar 8 Pandangan umum, otak kiri dan kanan bertanggung jawab pada jenis pikiran yang berbeda [1]. Namun, banyak riset yang menemukan bahwa yang terjadi di otak tidak seketat itu. Ke dua belahan otak saling bekerjasama.

2.1. Otak dan cara kerjanya

Manusia sering disebut *Homo sapiens* atau manusia bijak. Dalam pengertian antroposentris, manusia menganggap bahwa dirinyalah satu-satunya makhluk yang memiliki kesadaran, kecerdasan, dan emosi [2][3]. Salah satu tolok ukur kecerdasan yaitu kemampuan untuk memikirkan masa depan dan membuat alat. Saat ini, kita belum melihat hewan (*non-human animals*) yang dapat memikirkan masa depan dan membuat alat-alat rumit. Sekali lagi, ini merupakan sudut pandang dari sisi manusia, antroposentris. Kita mengabaikan fakta bahwa hewan dapat hidup dan memanfaatkan apa yang tersedia di alam dengan baik. Mereka hidup dengan bahagia dalam ukuran mereka sehingga mereka memang tidak memerlukan hal-hal apa yang dibutuhkan (dikejar dengan susah payah) oleh manusia.

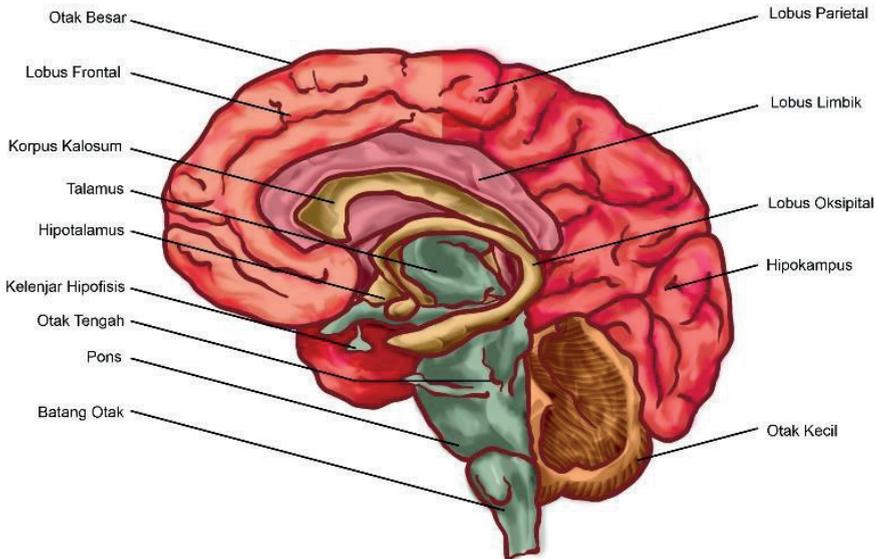
Sumber pembeda utama antara manusia dan hewan yaitu otak. Semua makhluk dilengkapi dengan otak. Gurita bahkan memiliki sembilan otak. Satu otak pusat di antara ke dua matanya dan delapan otak kecil tersebar di kedelapan tangannya. Namun, otak manusia, walau hanya satu, dianggap paling unggul karena dapat mengembangkan logika.

Otak manusia memiliki perbedaan dengan otak hewan lain. Berat otak manusia rata-rata 1,5 kilogram, bervolume 1.355cc, memiliki 100 milyar sel saraf (neuron) dan 1 triliun sel glia. Otak terbentuk dari sel-sel glia (penunjang sel saraf, pemberi nutrisi, pembentuk mielin) dan sel saraf (mengirim/menerima informasi, dalam bentuk pulsa listrik). Sel saraf saling berkomunikasi dengan berbagai bahan kimia (*neurotransmitter*) lewat celah-celah yang disebut sinapsis. Setiap neuron dihubungkan dengan sekitar 10.000 sinapsis dengan sel-sel saraf lain. Jadi, di otak manusia ada sekitar 10^{15} sinapsis (1 dwiyar, 1 kuadriliun, 1000 triliun). Otak manusia telah berevolusi selama tiga milyar tahun dari eukariotik (sel yang memiliki membran inti). Walau beratnya hanya 5% berat tubuh, otak manusia mengkonsumsi 20% energi dari metabolisme!

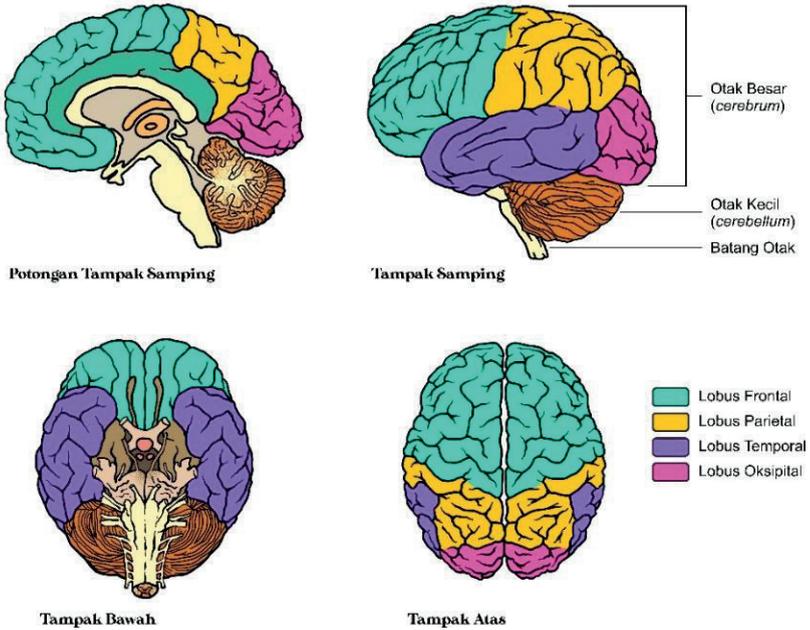
Otak terbagi menjadi otak besar (*cerebrum/serebrum*), otak kecil (*cerebellum/serebelum*), dan batang otak (*brainstem*). Serebrum berfungsi mengatur gerakan (dan koordinasinya), sentuhan, pendengaran, penglihatan, penalaran, penilaian, pemecahan masalah, emosi, dan pembelajaran. Serebrum terdiri atas bagian kiri (mengontrol pergerakan sisi kanan tubuh) dan bagian kanan (mengendalikan pergerakan sisi kiri tubuh). Serebrum memiliki tampilan khas lipatan-lipatan yang disebut korteks serebral (*cerebral cortex*). Masing-masing bagian serebrum dan korteks serebral terdiri atas empat bagian yang disebut lobus otak (lobus frontal, lobus parietal, lobus oksipital, dan lobus temporal). Serebelum berfungsi mengontrol gerakan, menjaga keseimbangan dan posisi tubuh. Serebelum membantu melakukan gerakan-gerakan cepat dan berulang maupun gerakan-gerakan halus. Batang otak terhubung ke sumsum tulang belakang. Batang otak ini berisi serabut saraf yang bertugas mengantar sinyal ke dan dari seluruh tubuh. Batang otak manusia terdiri atas otak tengah, pons, dan medula oblongata. Otak tengah mengatur gerakan mata. Pons mengkoordinasikan gerakan mata dan wajah, sensasi wajah, pendengaran, dan keseimbangan. Medula oblongata mengontrol pernapasan, tekanan darah, irama jantung, dan gerakan menelan.

Manusia sering mengibaratkan prosesor komputer dengan otak manusia. Prosesor komputer tersusun dari transistor sedang otak manusia memakai sel saraf. Namun, komputer dan otak manusia bekerja dengan cara yang berbeda. Transistor digital bekerja dengan *on/off* dan terhubung dengan beberapa transistor lain. Setiap sel saraf berlaku seperti komputer dan terhubung dengan sekitar 1.000 sel saraf lain melalui 10.000 sambungan (sinapsis). Mikroprosesor umumnya bekerja secara seri dan memproses satu instruksi setiap saat. Sel saraf bekerja secara paralel dan memproses milyaran hal dalam satu waktu. Kebanyakan sel saraf merupakan sel khusus untuk komputasi dan komunikasi. Sel saraf memiliki dua cabang: dendrit (*dendrites*) yang menerima input dari sel saraf lain, dan akson (*axons*) untuk output ke sel saraf lain atau target seperti otot.

Sistem saraf pada hewan, termasuk manusia, memiliki empat tipe dasar sel fungsional yaitu sel saraf sensorik, sel saraf motorik, sel saraf proyeksi, dan intersel saraf. Sel saraf sensorik memberi tahu bagian otak lainnya tentang lingkungan eksternal dan internal. Sel saraf motorik (dan output lainnya) mengontraksikan otot dan memediasi perilaku, dan sel saraf output lainnya merangsang kelenjar dan organ. Sel saraf proyeksi (sel saraf komunikasi) mengirimkan sinyal dari satu area otak ke area lain. Sebagian besar sel saraf pada vertebrata merupakan intersel saraf yang terlibat dalam perhitungan lokal. Intersel saraf komputasional mengekstrak dan memproses informasi yang masuk dari indra, membandingkan informasi itu dengan apa yang ada dalam memori, dan menggunakan informasi tersebut untuk merencanakan dan menjalankan perilaku.



Gambar 9 Anatomi otak. [4]



Gambar 10 Anatomi otak yang menunjukkan bagian-bagian besar otak.
[4]

Selain ketiga bagian besar di atas, otak juga memiliki bagian lain beserta fungsi masing-masing:

- | | |
|---------------|--|
| Thalamus | menjaga aliran pesan antara sumsum tulang belakang dan otak. |
| Hipotalamus | mengendalikan fungsi tubuh (makan, perilaku seksual, tidur), suhu tubuh, sekresi hormon, gerakan, dan emosi. |
| Sistem limbik | mengendalikan emosi. Sistem limbik terdiri atas hipotalamus (bagian dari talamus), amigdala (bertanggungjawab pada perilaku agresif), dan hipokampus (mengingat informasi baru). |

Kelenjar pituitari	mengendalikan sekresi hormon. Kelenjar ini berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tubuh, mengelola fungsi organ tubuh (payudara, ginjal, rahim), dan kelenjar lain (adrenal, gonad, kelenjar tiroid).
Ventrikel	Ventrikel adalah rongga otak yang berisi cairan otak (cairan serebrospinal). Ada empat ventrikel yang saling terhubung melalui saluran sempit.
Cairan serebrospinal	Cairan ini mengalir di dalam dan di sekitar empat ventrikel otak, di antara dua selaput lapisan otak (<i>meninges</i>), serta sumsum tulang belakang. Cairan ini melindungi otak dan sumsum tulang belakang dari cedera. Cairan ini juga berfungsi membawa nutrisi ke otak dan membuang limbah dari otak.
Kelenjar pineal	Kelenjar pineal mengisi ventrikel otak dan berperan mematangkan seksual manusia.
Saraf kranial	12 pasang saraf kranial dapat dilihat di permukaan bawah otak, masing-masing memiliki fungsi spesifik, seperti membawa informasi dari organ indra ke otak, mengontrol otot, dan terhubung ke kelenjar atau organ dalam manusia (seperti jantung dan paru-paru).

Sel saraf sensorik mendeteksi energi dan zat dari dalam dan luar tubuh kita. Detektor energi termasuk fotoreseptor di mata yang mendeteksi cahaya, sel rambut pendengaran di koklea yang mendeteksi suara, dan mekanoreseptor di kulit yang mendeteksi tekanan dan getaran. Sel-sel sensorik yang mendeteksi molekul termasuk sel saraf penciuman di hidung dan pengecap di lidah.

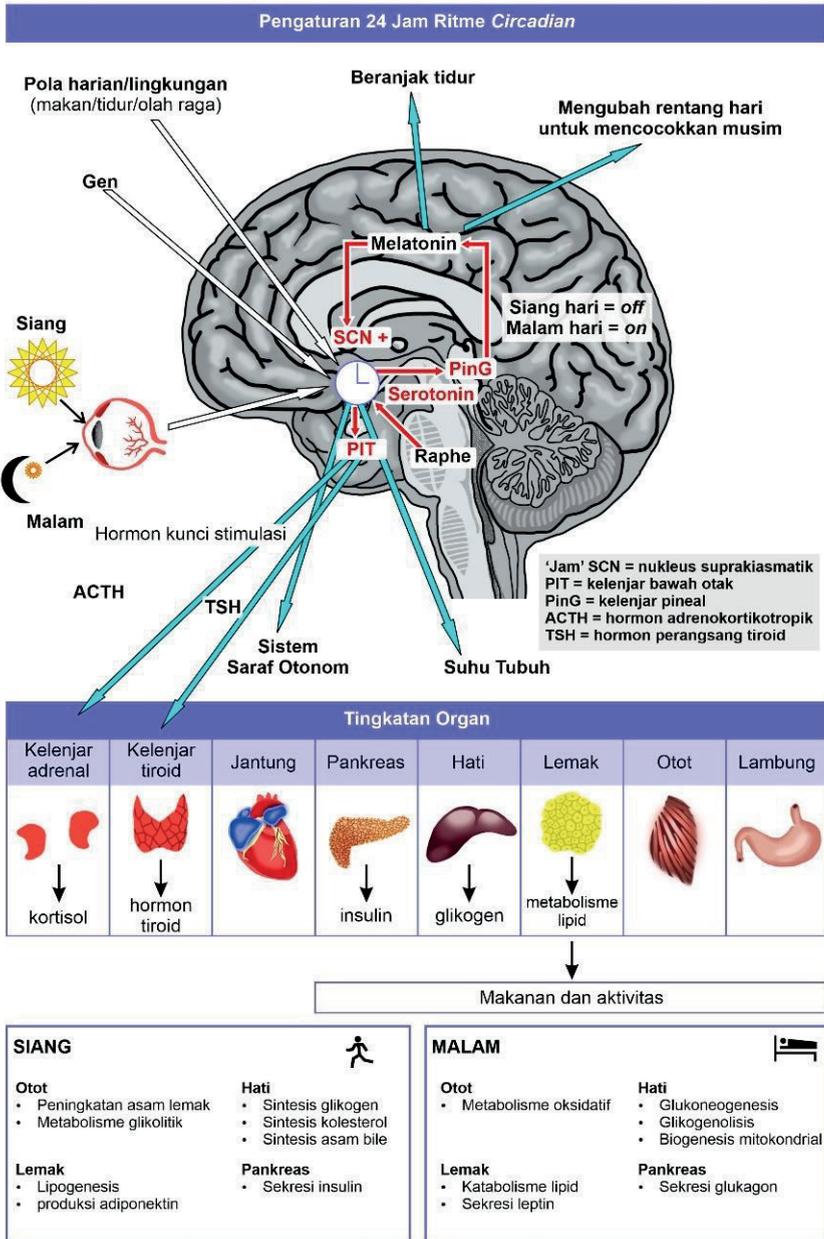
Kita juga memiliki detektor di dalam tubuh kita yang mendeteksi suhu tubuh, kadar CO₂, tekanan darah, dan indikasi lain dari fungsi tubuh. Sistem saraf pusat dan otonom menggunakan output dari sensor internal ini untuk mengatur fungsi tubuh dan menjaganya

dalam kisaran yang dapat diterima (homeostasis). Ini biasanya terjadi tanpa kita sadari.

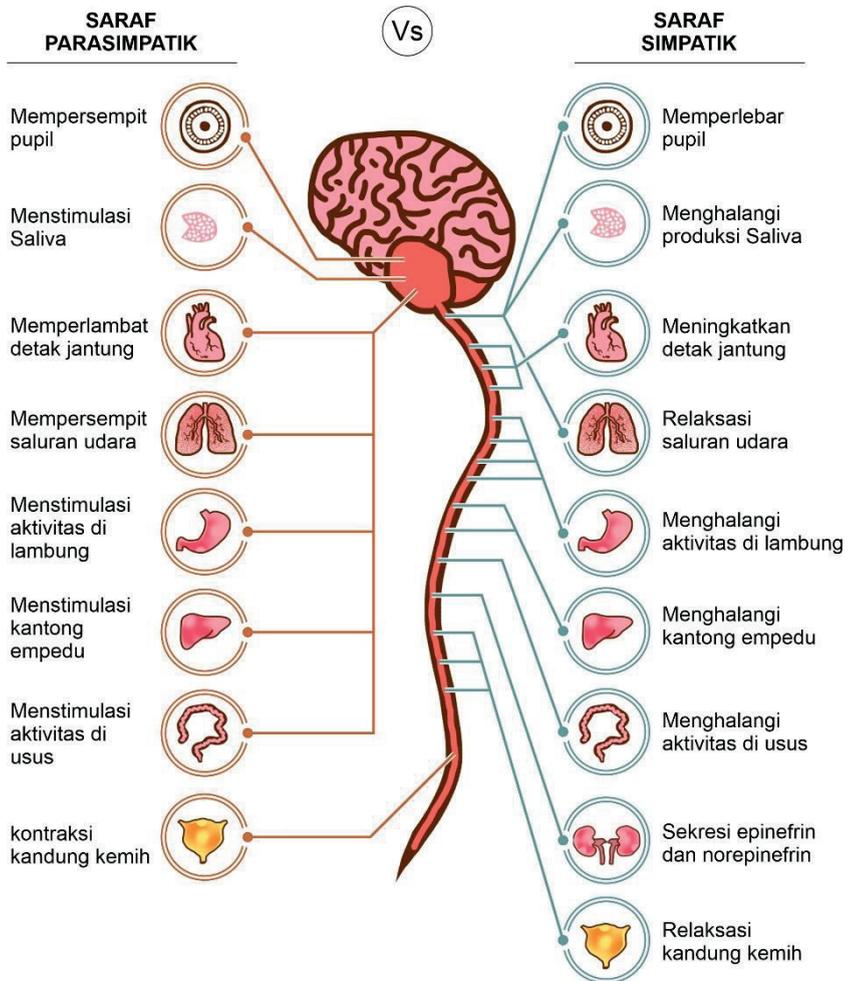
Tubuh manusia memiliki siklus aktivitas atau irama, disebut irama sirkadian (*circadian rhythm*). Irama tersebut menggambarkan pola harian aktivitas seluruh bagian tubuh kita.

Homeostatis adalah kemampuan makhluk hidup untuk mengatur kondisi dan proses fisiologisnya agar tetap seimbang. Dengan kata lain, homeostatis adalah kondisi di mana makhluk hidup mempertahankan kondisi yang stabil.

Neokorteks merupakan bagian lipatan-lipatan otak yang tersusun dari bagian kanan dan kiri yang masing-masing dibagi menjadi empat bagian dinamakan lobus. Neokorteks memberi perbedaan besar antara otak mamalia dan non-mamalia. Struktur neokorteks meliputi lobus frontal, lobus parietal, lobus occipital, dan lobus temporal.



Gambar 11 Irama sirkadian tubuh manusia. (wikimedia)



Gambar 12 Sel saraf parasimpatik dan simpatik. [5]

Peran masing-masing lobus yaitu:

- Lobus frontal mengendalikan gerakan tubuh, menilai, dan merencanakan sesuatu, memecahkan masalah, serta mengatur emosi dan pengendalian diri.
- Lobus parietal menafsirkan sentuhan, gerakan tubuh, perbedaan suhu, dan sensasi nyeri.

- Lobus oksipital membantu kita mengenali objek lewat indra penglihatan dan memahami arti kata-kata tertulis.
- Lobus temporal bertanggung jawab terhadap fungsi pendengaran, memori, dan emosi.

Otak meliputi materi berwarna abu-abu (*gray matter*) dan yang berwarna putih (*white matter*). Materi abu-abu terutama terdiri atas badan sel saraf, atau soma yaitu struktur bola yang menampung nukleus neuron. Soma juga mengandung sitoplasma sel, di mana organel penting lainnya, seperti mitokondria, dapat ditemukan. Soma neuron, dan organel serta nukleus di dalamnya, adalah pusat kendali neuron. Secara fisik, itu adalah titik neuron tempat koneksi lain, seperti akson dan dendrit, menyebar. Input sinaptik dari neuron tetangga dapat memberi makan ke soma. Area otak yang kaya materi putih terutama terdiri atas akson bermielin, yang merupakan relai panjang yang memanjang keluar dari soma. Akson adalah struktur yang memungkinkan sinyal saraf ditransmisikan dengan kecepatan tinggi. Mielin adalah kunci komunikasi ini. Protein bertindak sebagai bentuk isolasi dan memaksa saluran ion untuk berkelompok bersama dalam celah pendek tanpa mielin.

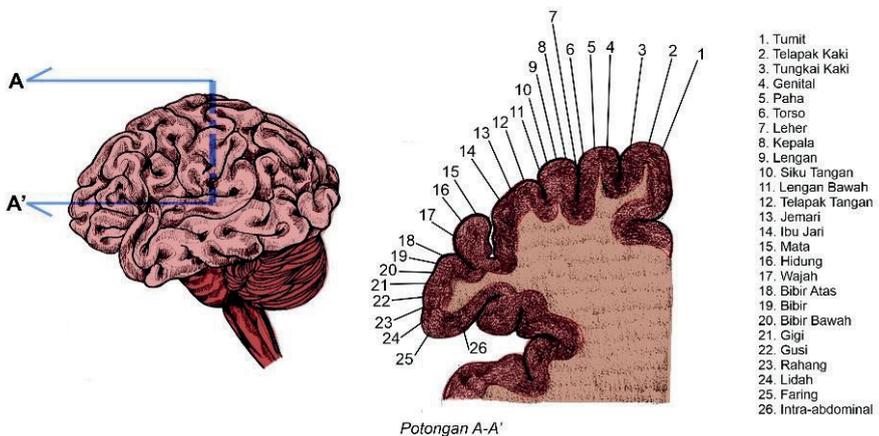
2.2. Usia

Ada yang mengatakan bahwa arsitektur adalah seni menata ruang untuk mendukung kehidupan manusia yang sejahtera. Bagaimana arsitektur dirancang harus mempertimbangkan bagaimana manusia (penghuni) akan menanggapi. Setiap manusia memiliki kondisi fisik dan non-fisik yang unik (berbeda-beda). Hal itu menyebabkan perbedaan manusia dalam menanggapi satu lingkungan arsitektur yang sama. Dalam kaitannya dengan perkembangan otak, usia manusia memegang peran penting yang perlu diketahui oleh para arsitek.

Bayi	Sejak lahir, otak bayi yang bervolume seperempat otak manusia dewasa, sudah memiliki hampir seluruh jumlah sel saraf yang akan dibawanya hingga tua. Berat otak bayi yang baru lahir sekitar 0,5 kg dan berganda selama masa kanak-kanak. Volume otak bayi menjadi setengah otak manusia dewasa dalam setahun.
Kanak-kanak	Usia 3 tahun, otak kanak-kanak menjadi 80% otak orang dewasa. Usia 5 tahun, ukurannya mencapai 90% otak orang dewasa. Perkembangan otak menjadi tajam. Setiap pengalaman baru akan membentuk sinapsis.
Remaja	Ukuran dan berat otak tidak berbeda jauh dengan otak orang dewasa.
Dewasa	Ukuran sudah mencapai maksimal. Rata-rata berat otak perempuan dan laki-laki yaitu 1,2 kg dan 1,3 kg. Usia 20 tahun perkembangan lobus frontal selesai.
Lanjut usia	Usia 50 tahun, ingatan menjadi lebih pendek karena kematian sel saraf dan sinapsis. Ukuran otak menyusut.



Sensasi, Petsepsi, dan Ilusi



Gambar 13 Otak dan bagian tubuh lain.[4]

Dulu nomer telepon di Amerika terdiri atas tujuh angka (digit). Hal tersebut berdasarkan studi seorang psikolog, George Miller, yang menemukan bahwa rata-rata otak manusia dapat mengingat hingga tujuh angka yang dilihatnya di buku telpon atau mendengar dari operator telepon.

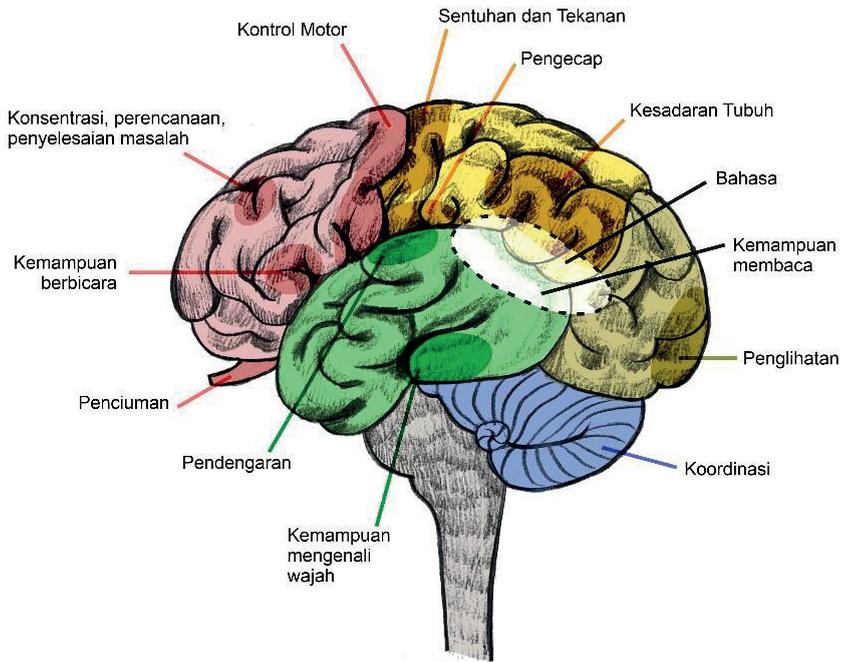
Bayi yang baru lahir memiliki jumlah sel saraf hampir sama dengan orang dewasa, namun baru 25% isi otaknya yang berkembang. Di usia 3 tahun jumlah sinapsis 1000 triliun, setelah itu dieliminasi secara selektif. Pada usia 15 tahun tinggal 500 triliun sinapsis.

3.1. Indra manusia

Manusia memiliki lima indra yaitu indra penglihat, pendengar, pencium, peraba, pencecap. Selain itu, dua indera digunakan untuk memastikan rangsangan internal; ini termasuk vestibular (gerakan) dan proprioception (posisi tubuh) [6].

Pada umumnya perhatian manusia terhadap arsitektur didominasi oleh penampilan visual arsitektur tersebut. Indra penglihat, mata, menjadi indra pertama yang dipakai manusia untuk mengenali arsitektur. Indra lain bisa digunakan maupun tidak. Padahal, indra lain dapat menentukan penilaian seseorang terhadap lingkungan arsitektur. Sebagai contoh, mungkin kita pernah mendengar jemaat gereja yang berkomentar terhadap interior gerejanya yang indah namun akustiknya sangat buruk. Pada akhirnya dia akan kecewa dengan arsitektur gereja tersebut karena bukankah orang ke gereja untuk mendengarkan khotbah atau bersama-sama menyanyi. Demikian juga dapat terjadi seorang tamu hotel yang awalnya kagum terhadap kecantikan desain hotel tetapi ternyata bau busuk. Atau, pengunjung café yang dengan antusias datang ke suatu café yang didesain indah namun ternyata di dalamnya sangat gerah. Ilustrasi-ilustrasi tersebut menunjukkan bahwa sebenarnya untuk menilai suatu karya arsitektur diperlukan peran indra-indra lain selain penglihat.

Manusia menginginkan kenyamanan (*comfort*). Kenyamanan merupakan respons otak terhadap stimuli secara terpadu dan menyeluruh. Ini memberi kemampuan otak untuk mengkompensasi ketidaknyamanan terhadap suatu stimulus dengan stimulus lain. Di siang hari yang panas, misalnya, orang lebih suka dengan musik yang lembut agar suasana tidak bertambah panas. Sebaliknya, di saat orang merasa dingin di musim dingin, mereka mungkin akan mendengarkan musik-musik yang menghangatkan, berdansa, dan minum minuman hangat.



Gambar 14 Otak dan kaitannya dengan indra. [7]

Perlu selalu diingat bahwa dalam mengolah data stimuli, otak bekerja secara menyeluruh (*comprehensive*). Ini sangat menentukan tanggapan seseorang saat berada di suatu tempat (bangunan, taman, kota). Pertanian perkotaan yang menjadi trend saat ini, dengan berbagai latarbelakang pengadaannya, dapat menjadi contoh menarik. Pertanian perkotaan sering disebut sebagai pemecahan berbagai masalah sekaligus antar lain: pemenuhan kebutuhan nutrisi yang dekat dengan kota, penurunan *urban heat island*, penyegaran kota, tempat edukasi, dan tempat rekreasi [8]. Kebun Layar/ Dare Layar (karya I Made Ray Agus Supriatna, Baharuddin Yasin, Erwin dari Universitas Halu Oleo) merupakan contoh pertanian perkotaan yang memiliki banyak fungsi [9]. Demikian pula, kebun di dalam ruangan juga menghadirkan stimuli visual dan aroma [10].



Gambar 15 Kebun Layar.

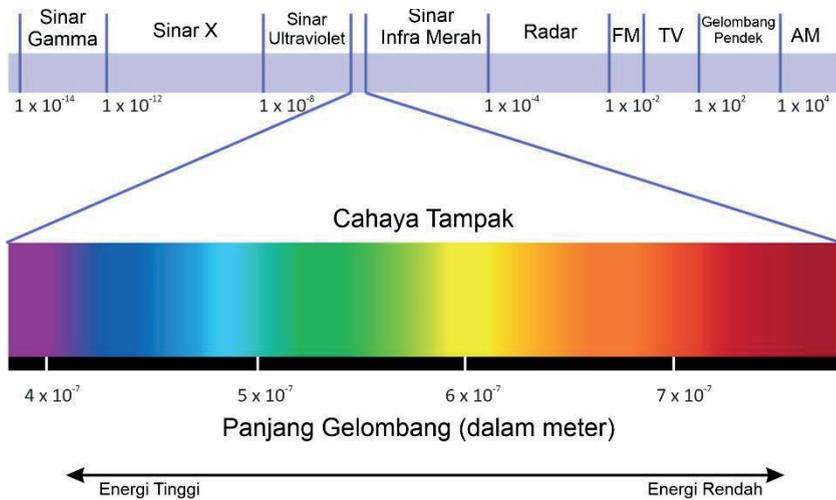
3.1.1. Indra penglihat (*sight, vision*)

Seperti telah disinggung di atas, indra penglihat sering dipakai secara tidak seimbang, berlebihan, saat seseorang berada dalam suatu lingkungan bangunan atau kota. Begitu dominannya indra penglihat, sehingga sering menenggelamkan peran indra lain. Cara menikmati arsitektur yang benar, melibatkan semua indra, komprehensif [11]. Indra penglihat manusia bergantung pada keberadaan cahaya terlihat atau tampak (*visible light*).

Ada dua definisi cahaya, sebagai pancaran foton dan sebagai gelombang elektromagnet. Gelombang cahaya serumpun dengan gelombang radio dan rontgen. Cahaya dikatakan sebagai gelombang elektromagnet yang terlihat (*visible light*) yaitu antara 400 nm hingga 700 nm (nanometer, 10^{-9}). Setiap panjang gelombang di antara rentang itu menentukan warna. Semakin panjang gelombang, semakin ke arah warna merah. Semakin pendek gelombang, semakin ke arah warna ungu. Setelah warna merah, ada inframerah (*infra red*). Setelah warna ungu ada ultraungu (*ultra violet*). Baik inframerah maupun ultraungu tidak dapat dilihat oleh mata telanjang manusia. Setiap benda bersuhu lebih besar dari 0 Kelvin akan memancarkan gelombang inframerah. Semakin tinggi suhu objek, panjang gelombang radiasinya semakin

pendek. Manusia tidak dapat melihat cahaya inframerah kecuali memakai bantuan alat.

Spektrum cahaya lengkap mengandung gelombang elektromagnet yang mewakili warna merah hingga ungu. Jika gelombang cahaya berspektrum lengkap mengenai suatu objek dan kebetulan permukaan objek tersebut memantulkan gelombang elektromagnet warna merah, maka kita melihat benda tersebut berwarna merah. Kalau semua gelombang diserap maka kita akan melihat benda tersebut berwarna hitam. Sebaliknya, jika semua gelombang dipantulkan, kita akan melihat benda tersebut berwarna putih.



Gambar 16 Spektrum cahaya. (sumber: wikipedia)

Saat cahaya masuk ke mata melalui kornea (*cornea*, lapisan terluar mata) maka mata akan mengatur fokus (sekitar 70%) kemudian fokus dilanjutkan oleh lensa (30% sisanya) yang kita namai akomodasi. Lensa mengatur fokus dengan cara mengubah bentuknya. Antara kornea dan lensa terletak orang-orangan mata (*pupil*) yang mengatur banyaknya cahaya yang masuk. Gambar objek yang telah melewati kornea, orang-orangan mata, dan lensa akan diproeksikan ke retina. Unit terkecil cahaya, foton, akan mengenai retina dan diserap oleh fotoreseptor untuk diubah dari cahaya ke arus listrik untuk memicu neurotransmitter (*glutamate*). Proses itu disebut fototransduksi. Fotoreseptor terdiri atas sel batang (*rod cells*) untuk menangkap cahaya, terutama malam hari dan sel kerucut (*cone cells*) yang berfungsi siang hari untuk memperoleh informasi gelombang elektromagnetik terlihat (*visible electromagnetic waves*). Manusia memiliki tiga sel kerucut (merah, hijau, biru) untuk menangkap warna. Hal ini menjelaskan, mengapa pada umumnya monitor komputer dan televisi berbasis tiga warna tersebut. Hewan bisa memiliki dua maupun empat sel kerucut. Jika salah satu sel kerucut absen dari retina maka orang bersangkutan akan mengalami buta warna. 1 dari 20 pria dan 1 dari 400 perempuan tidak memiliki kerucut merah (kondisi ini dinamakan *protanopia*) atau kerucut hijau (dinamakan *deuteranopia*). Orang-orang tersebut tidak dapat membedakan warna merah dari hijau. Kehilangan kerucut biru (dinamakan *tritanopia*) paling jarang ditemui. Orang bersangkutan tidak dapat membedakan warna biru-hijau.

Fotoreseptor tidak mengirim gambar langsung ke otak. Sebaliknya, mereka berkomunikasi dengan sel saraf retina lain yang mengekstrak informasi spesifik gambar untuk dikirim ke pusat otak yang lebih tinggi. Mata kita tidak mengirim sinyal listrik langsung dari fotoreseptor (sel batang dan sel kerucut) langsung ke otak. Alasannya, ada lebih dari 100 juta sel batang dan kerucut tetapi hanya tersedia 1 juta jaringan transmisi akson ke otak. Retina memproses gambar dan mengirimkan informasi yang diambil dari gambar ke setidaknya 15 area otak yang berbeda lewat setidaknya 20 jalur paralel.

Bagian retina yang paling banyak memiliki reseptor yaitu fovea. Kita bisa mengenali adanya gambar di sekitar kita. Namun, untuk melihatnya secara rinci, kita perlu mengatur mata agar gambar tepat di fovea yang beresolusi tinggi.

Retina beradaptasi terhadap perubahan cahaya. Dalam proses tersebut fotoreseptor secara singkat merespon perubahan intensitas cahaya kemudian kembali tenang dan dalam beberapa detik mengurangi *output* informasi. Adaptasi menghemat energi (dan lonjakannya). Fotoreseptor mengatur dinamikanya sedemikian rupa sehingga neurotransmitter menyesuaikan responnya dengan intensitas cahaya rata-rata.

Adaptasi terjadi dengan cara lain di retina (dan otak) melalui interaksi sirkuit saraf. Adaptasi tersebut meminimalkan informasi antar ruang melalui proses yang disebut penghambatan lateral (*lateral inhibition*). Proses penghambatan lateral tersebut mengurangi seberapa banyak informasi yang dikirim ke otak. Fotoreseptor dan sel saraf retina menimbang perbedaan antara cahaya di mana dia berada dan cahaya di sekitarnya daripada intensitas cahaya absolut yang diterimanya. Proses ini mengurangi terjadinya masalah *underexposure* (*underlighting*) atau *overexposure* (*overlighting*) seperti yang terjadi pada bagian fotografi (jika kita menerangkan sisi gelap, bagian yang terang menjadi terlalu terang hingga tidak terlihat detailnya).

Fotoreseptor tersambung ke dua sel saraf retina. Sel horisontal (*horizontal cells*) mengatur penghambatan lateral dan sel bipolar (*bipolar cells*) meneruskan sinyal fotoreseptor ke lapisan retina selanjutnya untuk diteruskan ke otak. Sel horisontal mengurangi sinyal yang berlebihan (mubazir). Sebagai contoh, saat kita melihat buah apel berwarna merah, maka tidak semua sel merespon cahaya di setiap titik pada apel untuk diinformasikan ke otak dengan presisi tinggi. Proses penghambatan lateral oleh sel horisontal di retina mencegah pengiriman informasi yang tidak perlu. Sel horisontal menerima rangsangan dari fotoreseptor di sekelilingnya dan mengurangkan sebagian rangsangan tersebut dari output fotoreseptor pusat. Hal ini memungkinkan setiap fotoreseptor

melaporkan perbedaan antara intensitas cahaya dan warna yang diterimanya dengan rata-rata intensitas cahaya dan warna di dekatnya. Sinyal informasi presisi ini kemudian dikirimkan ke sel bipolar yang meneruskan ke lapisan proses retina berikutnya. Sel bipolar memiliki dua variasi yaitu sel bipolar depolarisasi (*depolarizing bipolar cells*) dan sel bipolar hiperpolarisasi (*hyperpolarizing bipolar cells*). Sel bipolar depolarisasi dirangsang oleh bagian gambar yang terang, sedang sel bipolar hiperpolarisasi dirangsang oleh bagian gelap.

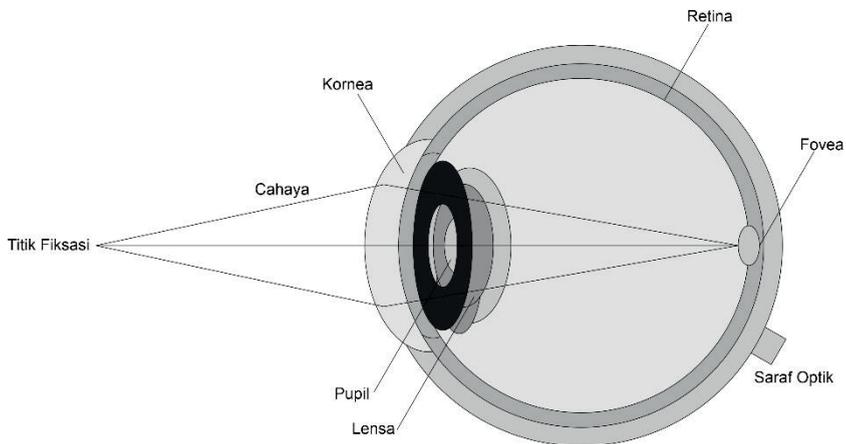
Sel bipolar membawa sinyal ke proses lapisan retina berikutnya sebelum ke otak. Di lapisan retina sinaptik ke dua ini sel bipolar terhubung ke dua sel pasca-sinaptik yaitu sel ganglion retina (*retinal ganglion cells*) dan sel amakrin (*amacrine cells*). Sel ganglion retina mengirim output akhir retina ke otak. Sel amakrin memediasi interaksi lateral, seperti yang dilakukan sel horisontal dengan fotoreseptor. Jadi, sel ganglion boleh dikatakan sebagai output retina yang mengirim informasi (lewat akson) ke setidaknya 15 zona penerima retina di otak. Di akson ini, sel ganglion mengubah input analog dari sel bipolar menjadi kode denyutan digital untuk pengiriman ke otak. Sel bipolar depolarisasi yang dirangsang cahaya terhubung ke sel ganglion yang sesuai bernama sel ganglion *oncenter*. Sel bipolar hiperpolarisasi yang dihambat cahaya, tapi dirangsang oleh gelap, terhubung ke sel ganglion *off-center*.

Dua sel ganglion penting yaitu parvoseluler (*parvocellular*, sel-sel kecil) dan magnoseluler (*magnocellular*, sel-sel besar). Parvocellular khusus untuk warna dan detail halus. Magnocellular untuk gerakan dan kontras rendah.

Output utama retina ke area otak yang dinamakan thalamus. Sub-bagian visual thalamus bernama *dorsal lateral geniculate nucleus* (dLGN). Parvoseluler dan magnoseluler memproyeksikan gambar ke dLGN.

Mata memiliki kemampuan untuk menyimpan gambar beberapa saat. Fenomena ini dimanfaatkan dalam film kartun untuk menghasilkan ilusi gerak. Beberapa gambar yang berubah sedikit-

sedikit ditampilkan secara cepat. Saat gambar berganti, citra gambar sebelumnya masih ada saat citra gambar berikutnya menimpa, begitu seterusnya, yang menciptakan efek gerak. Jika citra gambar sempat menghilang sebelum citra gambar baru menimpanya, akan terjadi efek kedip-kedip (atau patah-patah), bukan gerakan yang lembut. Di dunia animasi, dikenal istilah *frame per second* (fps) atau jumlah gambar per detik untuk menentukan kelembutan gerakan. Setidaknya diperlukan 30 fps agar gerakan gambar tampak halus.



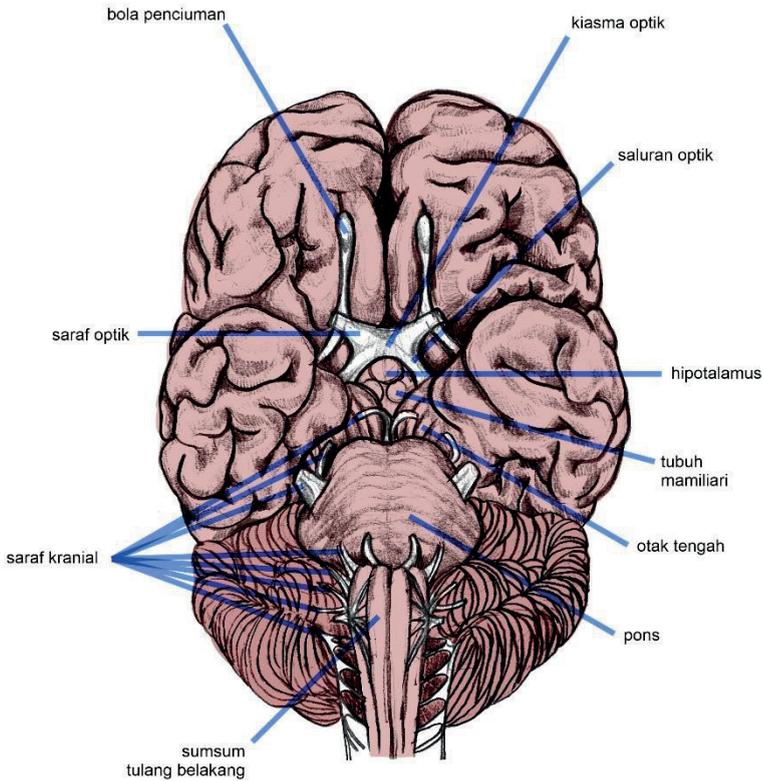
Gambar 17 Mata.

Indra penglihat membantu kita untuk:

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 transparansi (*transparency*),
10. mengenali gerakan,
dan masih banyak lagi.



Gambar 18 Terapi warna [12]. Warna kerap kali dihubungkan dengan suasana hati. Terapi warna digunakan untuk memperbaiki suasana hati. Sebelum ada alat-alat yang dapat mengukur secara objektif, riset di area ini sering didasarkan pada kuesioner yang berpotensi bias. Oleh karena itu sering dikategorikan dalam pseudoscience.



Gambar 19 Otak dan indera penglihatam.[4]

Ringkasan [13][14][15][16][17][18][19][4]

- Otak manusia bereaksi lebih kuat saat melihat wajah manusia dibanding saat melihat objek lain. Ada neuron khusus mengenali objek.
- Kita melihat kesan 3D (meruang) karena objek yang sama diterima oleh mata kiri dan kanan dengan sedikit berbeda. Makin dekat suatu objek terhadap mata, semakin besar perbedaan gambar tersebut.

Saat lahir, otak bayi sepertinya sudah dilengkapi dengan informasi untuk mengenali wajah. Bayi akan memperhatikan gambar wajah yang sempurna lebih lama daripada gambar wajah yang diacak-acak. Dalam beberapa hari, bayi akan menatap wajah ibunya lebih

lama daripada wajah orang lain dan wajah hewan. Setelah enam bulan kemampuan bayi mengenali perbedaan-perbedaan kecil pada wajah terus membaik walau kemampuan awal berkurang. Pengurangan tersebut dikompensasi dengan penambahan kecepatan dan ketepatan mengenali orang lain. Kenangan episodik (waktu) diproses di tempat yang berbeda dengan kenangan semantik (nama, nomer).

Cahaya alami dan buatan ditanggapi secara berbeda oleh otak. Penelitian menemukan bahwa siswa-siswa yang mengerjakan tes di ruang berpencahayaan alami memperoleh nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan teman-temannya yang mengerjakan tes di ruang berpencahayaan buatan. Mekanisme otak dalam membedakan cahaya ini belum benar-benar dimengerti. Namun, otak merespon cahaya alami sedemikian rupa sehingga meningkatkan pembelajaran.

3.1.2. Indra pendengar (*hearing, audition*)

Indra pendengar memungkinkan kita menikmati bunyi di sekitar kita (*soundscape*). Bunyi (*sound*) dan suara (*voice*) merupakan bagian dari indikator kualitas arsitektur.

Bunyi adalah gelombang mekanik. Telinga manusia yang sehat dapat mendengar bunyi berfrekuensi 20 – 20.000 Hz (20 kHz). Frekuensi 20 kHz memiliki panjang gelombang 0,017 m dan frekuensi 20 Hz memiliki panjang gelombang 17 m. Di bawah 20 Hz dinamakan infrasonik. Telinga manusia tidak dapat mendengar bunyi ini, namun fisik dapat merasakannya. Di atas 20 kHz disebut ultrasonik dan tidak dapat didengar oleh manusia. Beberapa hewan seperti kelelawar dan paus berkomunikasi dengan nada ultrasonik. Pada umumnya, semakin lanjut usia seseorang, kepekaan terhadap nada tinggi (di atas 16 kHz) semakin berkurang.

Gelombang bunyi memerlukan media untuk merambat berupa zat padat, cair atau gas. Jika sebuah benda bergetar, molekul udara yang mengenai benda tersebut akan ikut bergetar. Getaran tersebut dirambatkan oleh molekul udara dalam bentuk renggang rapat. Jika

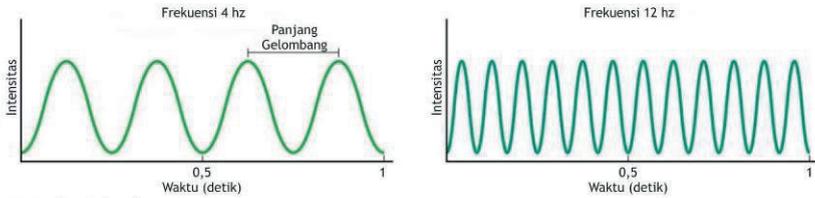
rambatan tersebut mengenai gendang telinga, maka gendang telinga akan bergetar. Jika getaran tersebut berada pada rentang frekuensi bunyi, maka orang tersebut akan mendengar bunyi benda tadi.

Telinga terdiri atas tiga bagian yaitu bagian luar, tengah dan dalam. Bagian luar memiliki tiga bagian yaitu daun telinga (*pinna*), saluran telinga (*auditory canal*) dan gendang telinga atau membran timpani (*eardrum*). Bagian tengah terdiri atas tiga tulang sangat kecil yaitu tulang pendengaran yang disebut osikel. Di sisi dalam gendang telinga melekat tulang kecil yang disebut palu (*malleus*), disambung landasan (*incus*), dan sanggurdi (*stapes*). Ketiga tulang kecil tersebut mengubah tekanan bunyi dari luar 100 kali lebih kuat namun dengan gerakan yang lebih kecil. Tulang-tulang tersebut mengubah getaran menjadi gelombang tekanan untuk diteruskan ke bagian dalam yaitu bagian yang berbentuk oval dari koklea (*cochlea*, berbentuk spiral) tempat reseptor bunyi (*hair cells*) berada. Getaran frekuensi tinggi dikonsentrasikan di dekat jendela oval, sedang frekuensi rendah lanjut ke akhir spiral. Sel rambut melengkung sesuai dengan gelombang tekanan yang menggerakkan saraf pendengar. Di sini proses pengubahan mekanik berhenti dan diambil alih oleh sel saraf.

Daun telinga memiliki dua manfaat. Manfaat pertama, mengarahkan gelombang bunyi ke lubang pendengaran. Kedua, dengan bentuknya yang rumit, daun telinga mengubah isi frekuensi bunyi yang datang berdasarkan elevasi dari mana bunyi tersebut datang. Ini membantu kita mengetahui dari mana bunyi datang. Udara di saluran telinga beresonansi di nada menengah yaitu rentang nada yang penting dalam suara manusia.

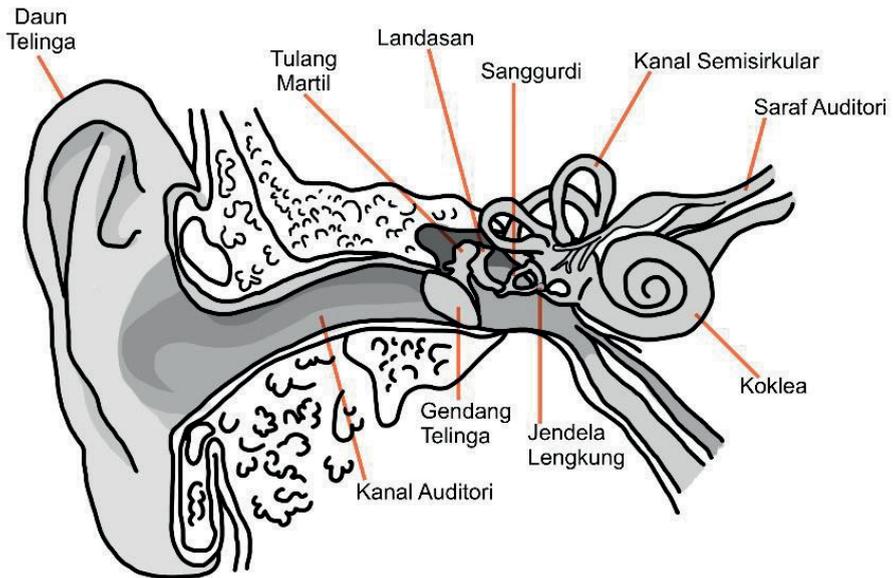


A. Tahapan Munculnya Gelombang Suara

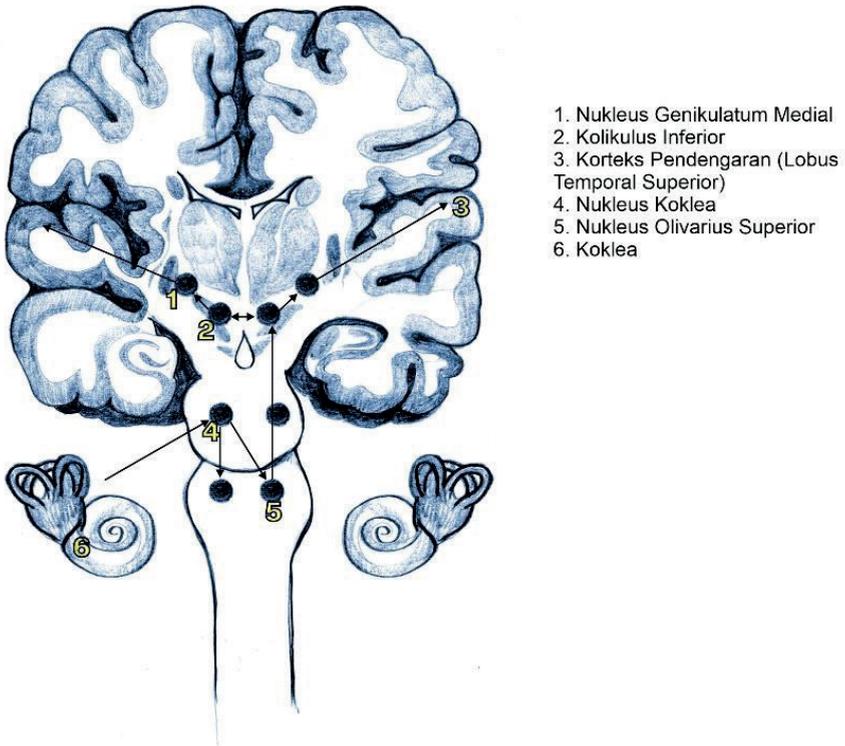


B. Bagian Gelombang Suara

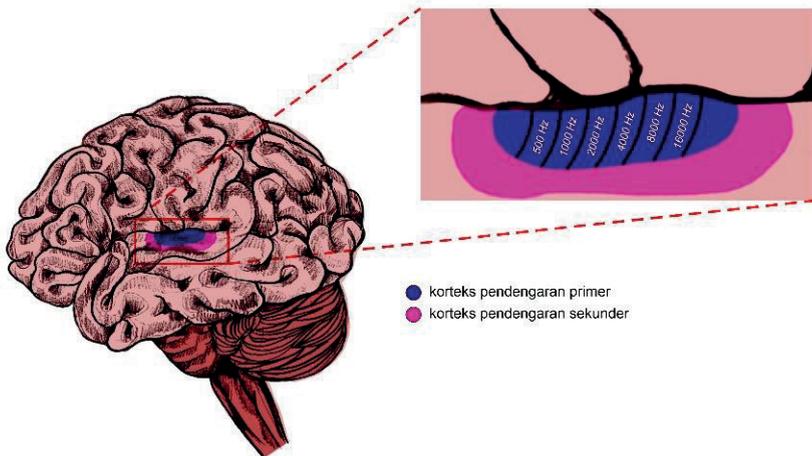
Gambar 20 Properti bunyi (<http://droualb.faculty.mjc.edu/>)



Gambar 21 Telinga. [4]

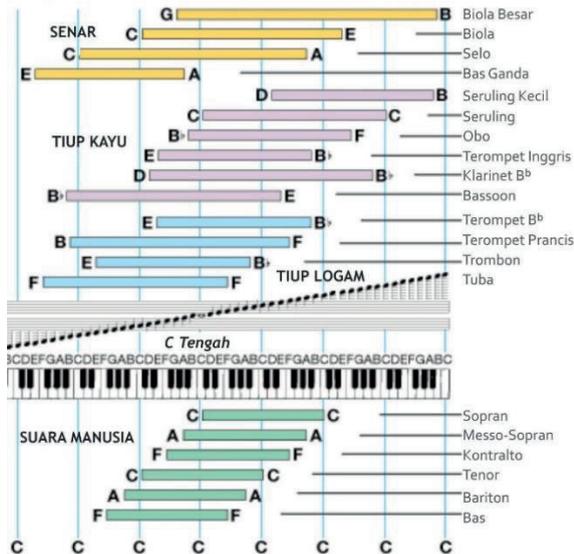


Gambar 22 Jejak bunyi menuju korteks pendengaran. [4]

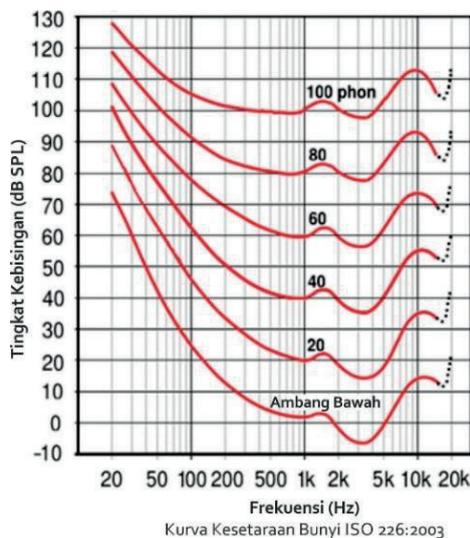


Gambar 23 Otak dan frekuensi. [4]

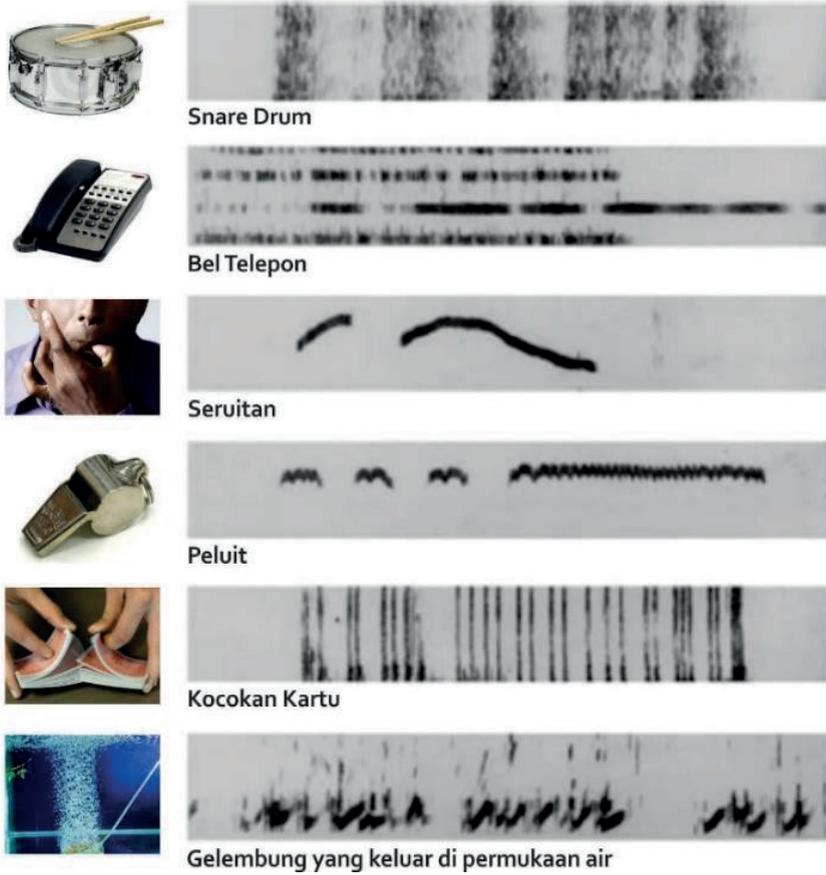
Di retina lokasi ruang ditunjukkan secara eksplisit. Tidak demikian dengan bunyi. Otak melakukan kalkulasi untuk mengetahui posisi bunyi dalam ruang. Kohlea memiliki 30.000 serabut pendengaran.



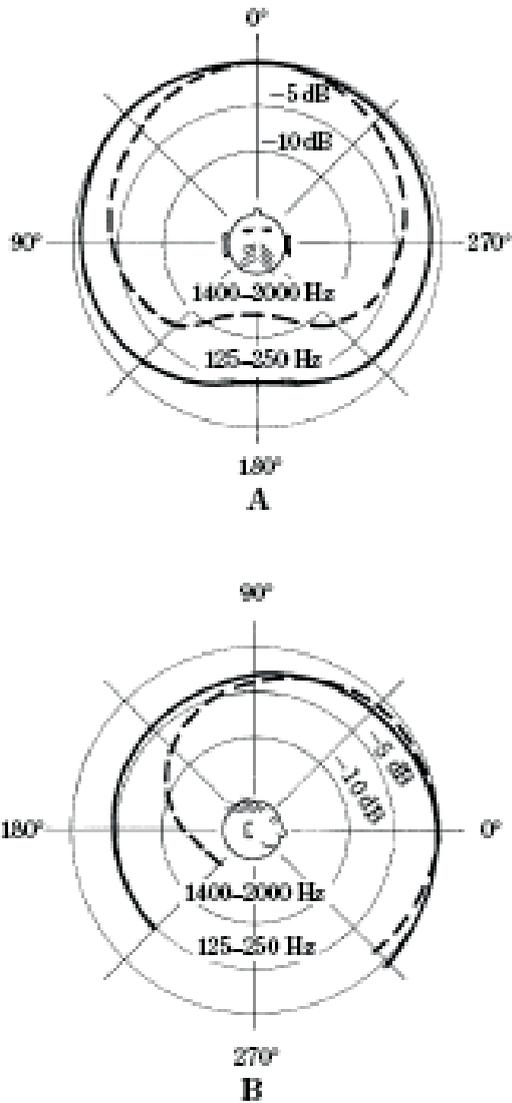
Gambar 24 Sumber bunyi dan rentang frekuensinya. (<http://kids.britannica.com>)



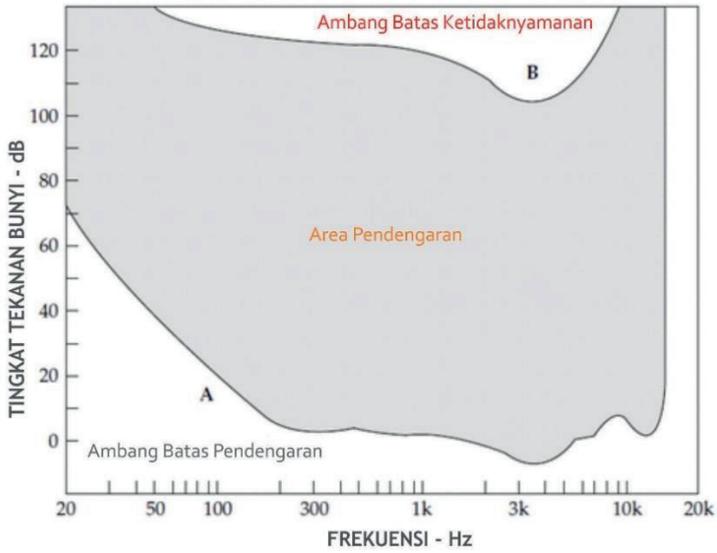
Gambar 25 Diagram yang menunjukkan hubungan tingkat tekanan bunyi objektif (dB) dan tingkat kekuatan bunyi subjektif (phon). (<http://www.sengpielaudio.com/>)



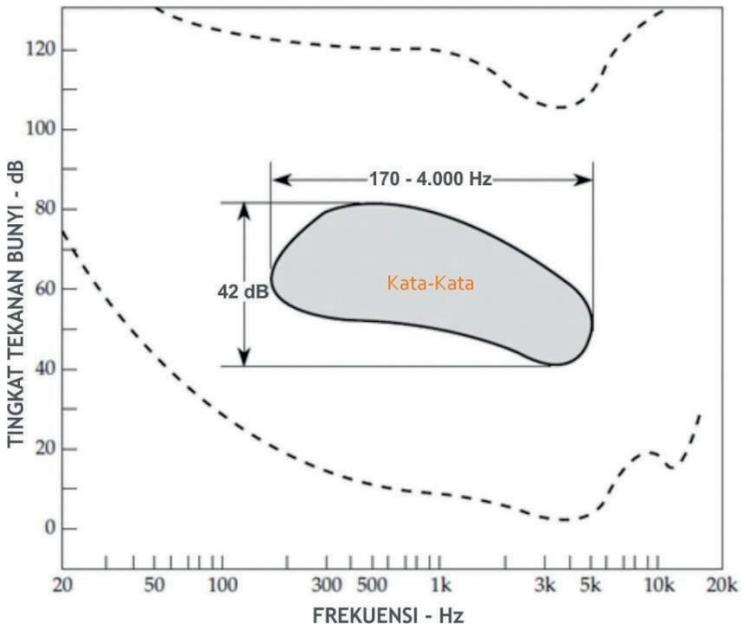
Gambar 26 Spektogram beberapa bunyi, tebal-tipis garis menunjukkan intensitas, tinggi rendah menunjukkan frekuensi dan arah ke kanan menunjukkan waktu. Gabungan frekuensi menciptakan warna bunyi yang berbeda-beda. (AT&T Lab dalam Everest, 2009).



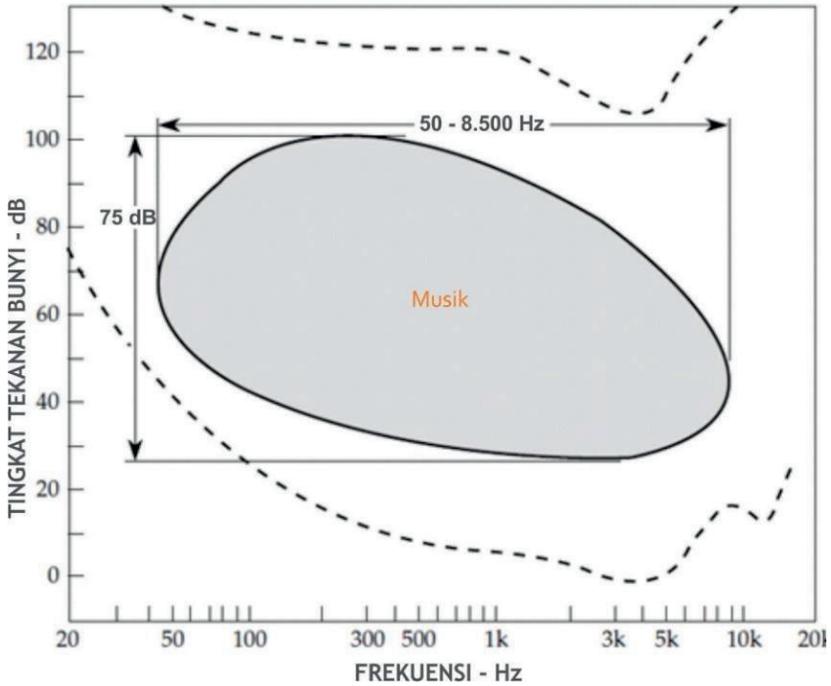
Gambar 27 Distribusi intensitas suara manusia yang keluar dari mulut. Di arah belakang kepala, intensitas nada tinggi lebih banyak berkurang daripada nada rendah. Manusia tidak terlalu peka terhadap pergeseran sumber bunyi secara vertikal, dan lebih peka terhadap pergeseran secara horizontal, kiri-kanan.



Gambar 28 Zona bunyi yang dapat didengar.



Gambar 29 Zona bunyi ucapan.



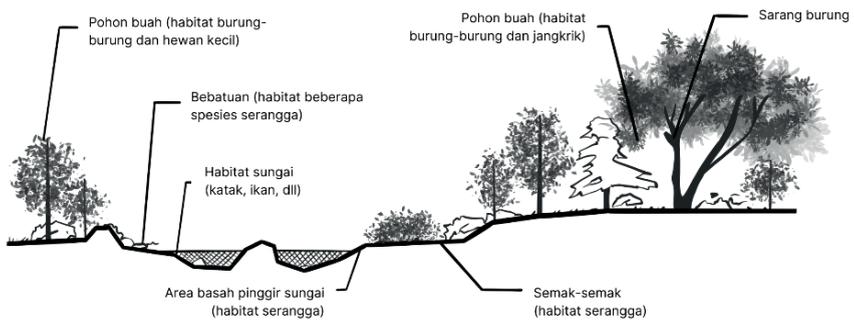
Gambar 30 Zona bunyi musik.



Gambar 31 Jika memungkinkan, ruang meditasi yang tenang dapat disediakan seperti di sebuah rumah pribadi di Kelburn, Wellington ini. (Sumber: Satwiko)



Gambar 32 Asrama mahasiswa di Wellington, Everton Hall, terletak persis di tepi jalan raya. Jendela harus selalu tertutup karena kebisingan dari jalan raya masuk ke kamar bila jendela dibuka. Diperlukan jendela kedap bunyi untuk mengurangi kebisingan dari jalan raya di bawahnya. (sumber: Satwiko)



Gambar 33 Lanskap dan hewan sumber bunyi.

Urban oasis juga dapat menjadi sarana untuk mengurangi stres di perkotaan [20]. Perlu diketahui bahwa pola jalan pada perkotaan juga mempengaruhi panas kota .

Indra pendengar memampukan kita:

1. mengetahui keras-pelannya (amplitudo) bunyi,
2. mengenali letak sumber bunyi,
3. mengenali tinggi-rendah (frekuensi) bunyi,
4. mengenali sumber bunyi,
5. mengenali warna bunyi.
6. mengenali efek meruang bunyi.

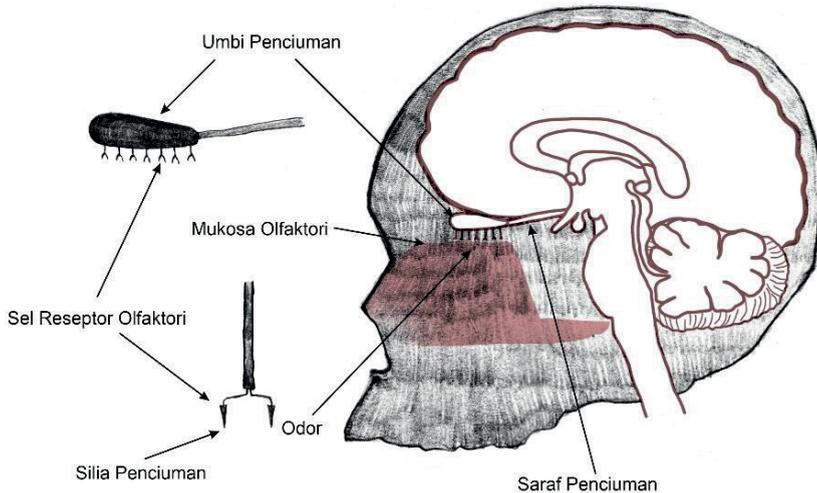
Penelitian menemukan bahwa bunyi latar belakang dapat menghambat ketrampilan membaca pada anak-anak sekolah. Tipe bunyi sangat penting diperhatikan. Anak-anak dengan masalah pendengaran dan memiliki bahasa ibu yang berbeda dengan guru, akan lebih mengalami masalah. Murid tersebut sangat memerlukan kejelasan suara guru dan berusaha mengisolasi suara tersebut dari bunyi latar belakang. Bunyi latar belakang yang mengganggu, memecah konsentrasi, akan menyulitkan anak-anak tadi. Sebaliknya, untuk anak-anak normal dan berbahasa sama dengan guru, lebih mudah mengerti apa yang diucapkan guru karena memiliki kemampuan untuk memprediksi atau mengenali ucapan yang tidak sempurna.

3.1.3. Indra pencium (*smell, olfaction*)

Indra pencium jarang dibahas dalam arsitektur walau perannya dalam membentuk suasana tak terbantahkan. Manusia memiliki sepuluh juta reseptor penciuman, dibandingkan dengan anjing yang memiliki satu miliar reseptor penciuman. Perempuan cenderung memiliki rasa penciuman lebih baik daripada pria. Indra pencium menangkap kandungan kimia di lingkungan yang menciptakan aroma (bau) menyenangkan (menggairahkan, menggembirakan) atau mengganggu (hingga kita menutup hidung). Di pendidikan arsitektur, *aromascape* jarang dibahas. Tidak jarang kita menemukan ruang tamu, lobby hotel, ruang rapat, kamar tidur hotel dan toilet diberi parfum sama, asal wangi.

Indra pencium memampukan kita:

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



Gambar 34 Reseptor penciuman (digubah dari [14][4])

Indra pencium tidak dapat mengenali beberapa gas berbahaya. Sebagai contoh, gas CO (monoksida) merupakan gas yang berbahaya dan mematikan. Gas CO tidak berbau sehingga terjadi banyak kasus fatal karena orang menghirupnya tanpa menyadarinya. Beberapa gas, seperti LPG, sengaja diberi bau menyengat agar orang menyadari jika terjadi kebocoran gas.

Indra pencium bekerjasama dengan indra pengecap. Kita akan sedikit kesulitan mengenali rasa satu makanan sambil menutup hidung. Ada sekitar 1.000 jenis reseptor penciuman yang merespon aroma berbeda-beda. Di dunia nyata, setiap bau umumnya terdiri atas campuran beragam bau. Penciuman bekerjasama dengan pengecap untuk membentuk memori tertentu. Saat kita mencium bau jeruk nipis

pertama kali yang ternyata berasa asam, maka memori bau jeruk asam akan tersimpan. Suatu saat, jika kita mencium jeruk nipis maka akan terasa lidah seolah bereaksi terhadap rasa masam.

Dalam arsitektur kulineri (restoran, warung), aroma berperan penting dalam membentuk suasana dan membantu memperkuat godaan selera makan. Masakan bakar, panggang, dan tumis yang mengeluarkan asap atau uap beraroma khas, dapat memicu selera pengunjung. Pelanggan yang pernah merasakan masakan enak yang terkait dengan aroma tersebut akan merasakan keinginan lebih kuat untuk menyantap. Hal tersebut karena ingatan pada rasa masakan enak tadi telah tersimpan dalam memorinya. Fenomena ini tentu lebih cocok diterapkan pada rumah makan yang ber dinding terbuka atau bahkan tanpa atap. Untuk ruang tertutup, apalagi berpenyejuk udara, asap dan uap dari masakan akan disedot oleh kipas dan dibuang keluar. Membiarkan asap memenuhi ruang tertutup berisiko membuat pengunjung tidak nyaman dan aroma masakan dapat menempel di pakaian. Selain itu, asap dan uap akan menyebabkan filter pada sistem penyejuk udara cepat kotor.

3.1.4. Indra peraba (*touch, tactition, somatosensory perception*)

Kulit kita memiliki reseptor untuk merasakan sentuhan (*touch*), suhu (*temperature*), dan sakit (*pain*). Kulit menjadi batas antara diri kita dan dunia luar diri kita. Reseptor kulit membuat kita dapat merasakan sentuhan pasif dan aktif. Rasa sentuhan pasif terasa apabila ada sesuatu yang menyentuh kulit kita sebelum kita mengetahui apa/siapa yang menyentuh, misalnya hembusan angin dan sentuhan kucing. Rasa sentuhan aktif biasa kita lakukan dengan tangan atau ujung jari. Kita dapat mengetahui apa yang kita pegang, misalnya besi, kayu, atau kapas, tanpa melihatnya.

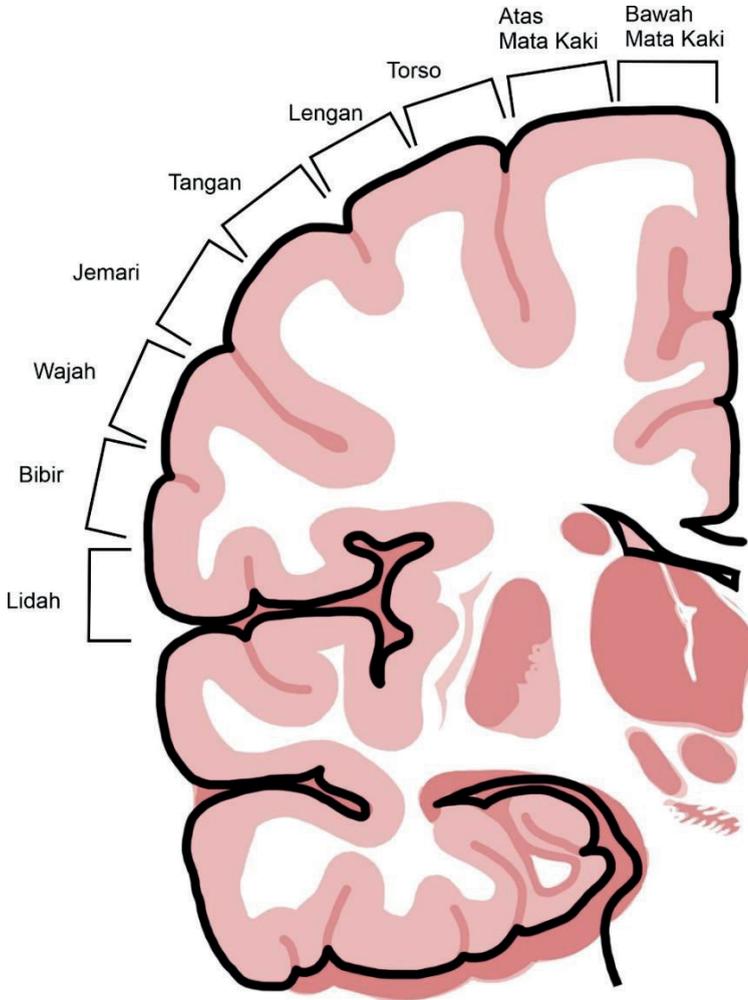
Indra peraba membantu manusia merasakan:

1. keras lembutnya hembusan angin,
2. percikan air, embun,
3. kering lembabnya udara,
4. panas, hangat, sejuk, dinginnya benda (cair, gas, padat),
5. halus kasarnya permukaan benda,
6. keras lembutnya benda,
7. kesat licinnya permukaan,
8. tajam tumpulnya benda,
9. plastis, elastis, kakunya benda,

dan masih banyak lagi. Bahkan, tangan kita bisa merasakan apakah suatu permukaan berlendir, misalnya. Itu semua sangat bermanfaat bagi arsitek saat memilih material sesuai dengan respon yang diharapkan.

Indra peraba ini mampu merasakan sakit yang sangat bermanfaat untuk keamanan. Bayangkan kalau kita tidak dapat merasakan sakit saat memegang besi membara, tentu amat berbahaya. Indra peraba merasakan suhu ruangan.

Salah satu dilema pada penggunaan penghawaan alami dan cahaya alami melalui jendela yaitu konflik dengan kebisingan lingkungan. Penghawaan alami memerlukan bukaan. Lingkungan yang bising memerlukan pengedapan (*sound insulation*), yang berarti bukaan harus ditutup. Oleh karena itu, perlu penanganan khusus [21]

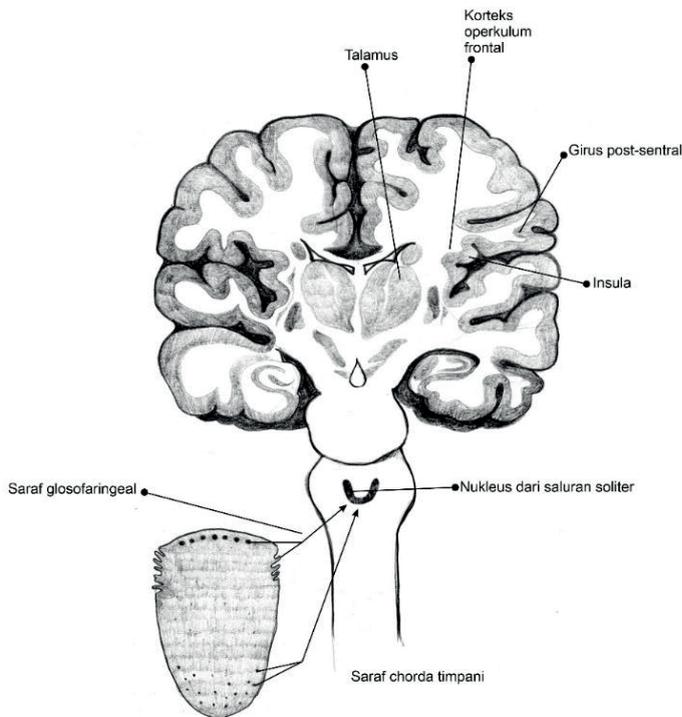


Gambar 35 Peta kulit pada korteks somatosensori. [4]

3.1.5.. Indra pencecap (*taste, gustation*)

Dari ke lima indra utama manusia, indra pencecap paling tidak dianggap berhubungan dengan arsitektur. Kecuali dalam cerita Hansel dan Gretel, di mana mereka mencicipi rumah yang terbuat dari coklat. Kita tidak pernah menghubungkan indra pencecap dengan arsitektur. Namun, jika kita memahami respon komprehensif otak kita dalam

menilai lingkungan, maka indra pengecap andil secara tidak langsung dalam membentuk memori manusia terhadap ruang. Kita merasakan suasana menyenangkan yang lengkap berada di café berdesain cantik yang menghadirkan capucino mantap. Memori tentang café tersebut akan tersimpan lama. Sebaliknya, kita juga dapat merasa nyaman di warung sederhana namun menghadirkan makanan yang enak. Indra pengecap bekerja bersama dengan indra pencium untuk mendeteksi makanan dengan lebih baik. Jika kita menutup hidung, kita tidak mudah membedakan rasa coklat, kopi, vanila, hanya dengan mencecapnya!

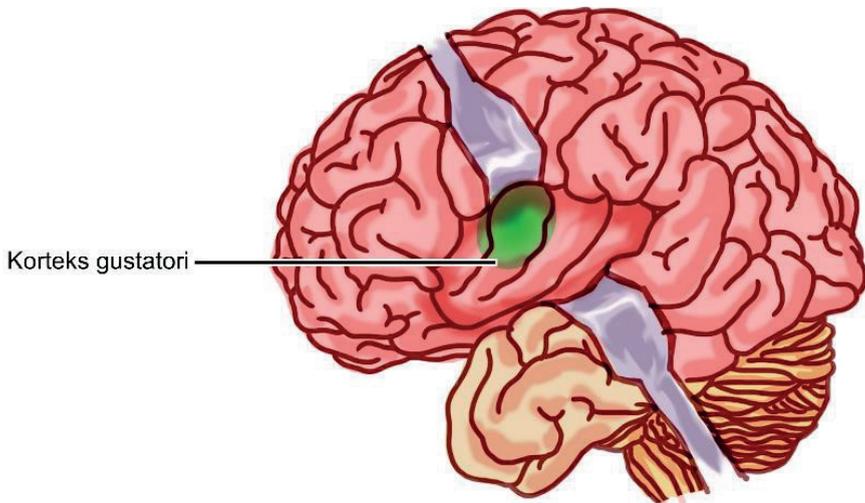


Gambar 36 Alur pengecap. [4]

Indra pengecap memungkinkan kita untuk

1. merasakan empat rasa dasar yaitu asin, manis, pahit, dan masam (kemudian ditambah gurih atau *umami*),
2. mengenali rasa unik suatu bahan dan bumbu makanan,
3. merasakan tekstur makanan.

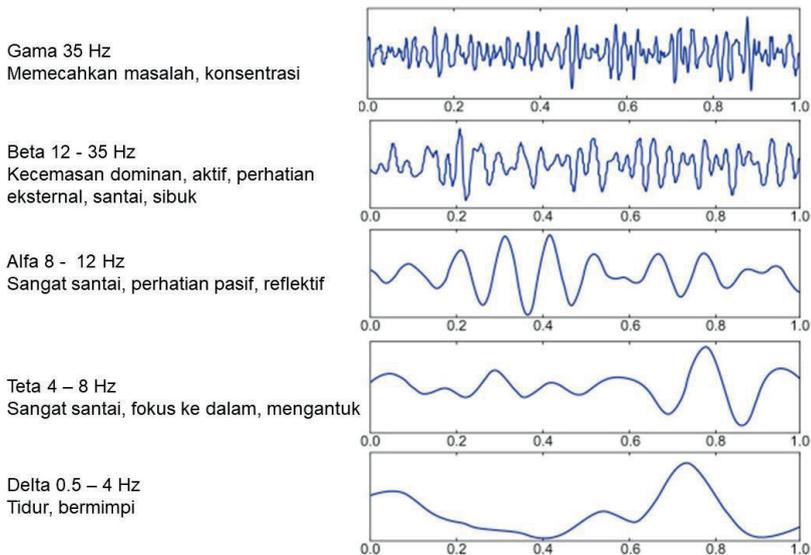
Dalam sejarah evolusinya, manusia membutuhkan energi (dari gula) dan ion (dari garam) sehingga sebagian besar reseptor pengecap secara khusus merasakan ke dua rasa tersebut. Manusia senang dengan rasa manis dan asin. Di masa kini, saat gula dan garam berlimpah, kesukaan pada manis dan asin ini sering menyebabkan asupan berlebihan. Sebaliknya rasa masam dan pahit diasosiasikan pada makanan yang belum matang atau busuk sehingga manusia secara naluriah menghindari ke dua rasa tersebut. Meski demikian, kita dapat juga melatih indra pengecap untuk merasakan rasa masam atau pahit yang menyenangkan seperti pada permen asam dan kopi.



Gambar 37 Gustatori. [4]

3.2. Suasana hati

Suasana hati dibentuk oleh sensasi dan persepsi kita. Otak kita memancarkan gelombang elektromagnetik berfrekuensi 4 – 35 Hz. Para ahli mengelompokkan dalam gelombang delta, alfa, beta, teta, gama. Kombinasi ke limanya menentukan suasana hati.



Gambar 38 Gelombang otak dan suasana hati [22][23]

Gelombang delta membantu memulihkan dan meremajakan pikiran dan tubuh kita saat kita tidur, bersantai, atau bermeditasi.[24] [25]

Gelombang teta membantu kita memproses informasi dan membuat ingatan. Gelombang teta juga membantu kita menciptakan, merasakan, melamun, dan mempercayai intuisi kita. Gelombang ini paling kuat ketika kita fokus secara internal, bermeditasi, dan berdoa.

Gelombang alfa membantu kita fokus untuk hadir, tenang, waspada, dan cerdas secara mental. Gelombang alfa diasosiasikan dengan kondisi otak saat kita bermeditasi, terutama dengan mata tertutup.

Gelombang beta membantu kita berpikir logis dan meningkatkan fokus dan konsentrasi kita. Gelombang beta, terlihat nyata di lobus frontal, sering diasosiasikan dengan keadaan otak saat kita waspada.

Gelombang gama membantu kita memproses informasi dan memecahkan masalah. Gelombang gama paling kuat ketika kita mencapai tingkat konsentrasi puncak.

Gelombang beta dan gama yang rendah di lobus frontal, yang mengatur keterampilan pemecahan masalah kita, dapat memengaruhi kontrol impuls dan hubungan sosial kita.

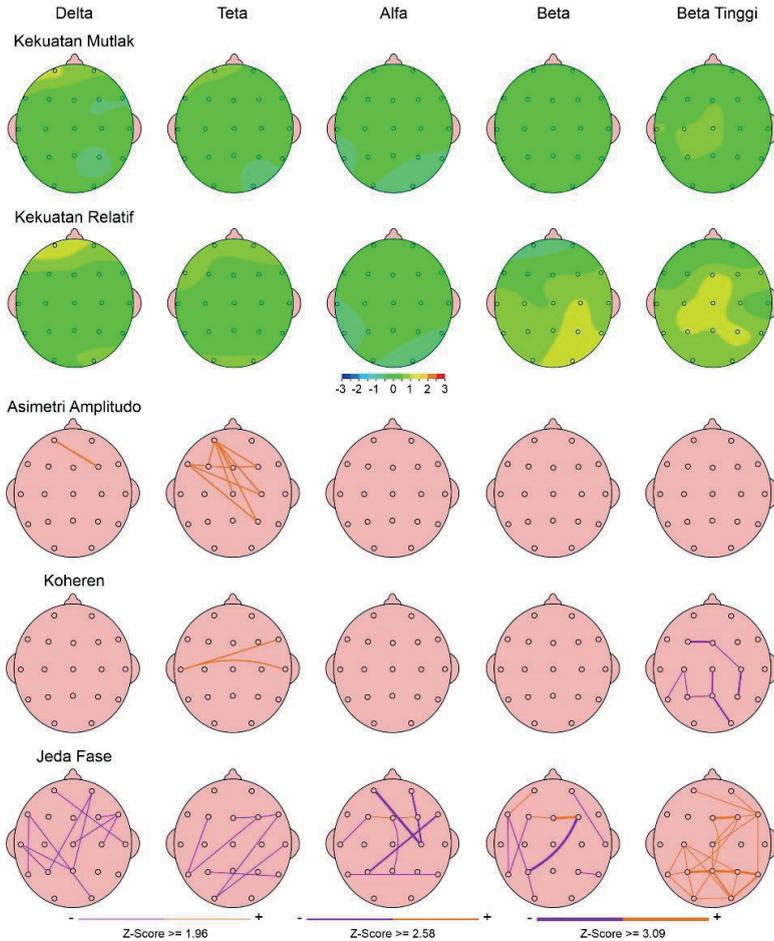
Gelombang beta dan gama yang terlalu aktif di lobus parietal, yang membantu kita memproses input sensorik, dapat membuat kita hiperaktif dan impulsif.

Jumlah gelombang delta dan teta yang tinggi di lobus oksipital dapat menyebabkan masalah memori dan memengaruhi persepsi kedalaman dan kemampuan kita untuk mengenali wajah dan objek. Neurofeedback (EEG biofeedback, neurotherapy) dikenal sebagai metode untuk melatih otak untuk memperbaiki kondisi dan bekerja dengan baik [26].

Montase: Bawaan

EEG ID: Startdate 22-NOV-2013 2.001.01_EC EEG_tech SN:060169

Informasi Ringkasan Z Scored FFT



Gambar 39 EEG normal. [27]

3.3. Irama Sirkadian (*Circadian Rhythms*)

Irama atau ritme sirkadian adalah proses internal dan alami yang mengatur siklus tidur-bangun yang diulangi kira-kira setiap 24 jam. Semua hewan dengan otak maju, seperti semua hewan bertulang belakang, dapat tidur. Tidur merupakan suatu keadaan otak dan tubuh

di mana kesadaran absen atau sangat kurang walau otak tetap aktif. Tidur tidak sama dengan hibernasi atau koma. Kita tidak benar-benar tahu fungsi tidur kecuali dengan penjelasan-penjelasan sederhana seperti untuk menghemat energi dan memulihkan kesegaran tubuh.

Waktu siklus irama sirkadian di *suprachiasmatic nucleus* (nukleus di atas saraf mata) rata-rata sekitar 24 jam. Setiap orang memiliki waktu siklus jam biologisnya sendiri. Namun, sebenarnya kebanyakan orang memiliki waktu siklus 25 jam atau sama dengan waktu yang diperlukan planet Mars untuk berotasi sekali. Jam biologis manusia disinkronkan ke 24 jam oleh kehadiran harian matahari setiap pagi. Penelitian menemukan, relawan yang ditempatkan di ruang terisolasi tanpa mengetahui dunia luar kehilangan patokan untuk jam biologisnya. Hormon tidur, melatonin, hanya diproduksi saat gelap. Dengan demikian, untuk meraih tidur yang berkualitas, salah satunya dapat dengan cara membuat kamar tidur diatur gelap total. Cahaya, apalagi cahaya biru (*blue light*) yang saat ini berlimpah di sekeliling kita, sangat mengganggu produksi melantonin.

Tidur dapat dibagi menjadi empat fase. Kita dapat melihat seseorang saat tidur, apakah matanya bergerak cepat (*rapid eye movement, REM*) atau tidak bergerak (non-REM, NREM). NREM memiliki tempat fase, N1, N2, N3 dan kadang N4. REM merupakan fase di mana mimpi terjadi. Fase REM sekitar seperempat dari waktu tidur. Di EEG, fase ini terlihat sebagai gelombang frekuensi tinggi. Ini menandakan bahwa aktivitas motorik seperti berlari muncul di lobus frontal namun diblok di sumsum tulang belakang (*spinal cord*) sehingga gerak nyata (berlari) tidak terjadi. Pada saat REM ini, ingatan jangka pendek (*short-term memory*) dari aktivitas hari itu dipindah ke ingatan jangka panjang (*long-term memory*).

Beberapa masalah tidur antara lain:

- Insomnia, yaitu ketidakmampuan untuk tidur. Disebut insomnia primer jika kita tidak dapat tidur dan tidak diketahui penyebabnya. Insomnia primer bisa terjadi jika awalnya kita terkena masalah yang memicu kesulitan

tidur seperti stres dan berlarut menjadi kronis. Bahkan jika penyebab stres dihilangkan, insomnia masih terjadi. Insomnia juga ditengarai banyak terjadi pada orang tua karena produksi melatonin (hormon tidur) menurun.

- Narkolepsi (*narcolepsy*), yaitu kecenderungan mengantuk di waktu di siang hari di saat yang tidak tepat.
- Sindrom kaki gelisah (*restless legs syndrome, RLS*), yaitu gerakan kaki yang tidak terkontrol saat tidur, seperti menyepak. SLR dapat ringan maupun berat hingga mengganggu tidur. Beberapa RLS berhubungan dengan genetik.
- Tidur berjalan (*sleepwalking, somnambulisme*), yaitu melakukan aktivitas yang normalnya dilakukan pada saat terjaga, namun ini dilakukan saat tidur. Tidur berjalan banyak terjadi pada anak-anak dan umumnya menghilang sejalan dengan bertambahnya usia.
- Penat terbang (*jet lag*), yaitu gangguan pada irama sirkadian yang dipengaruhi siklus gelap-terang matahari. Saat kita melakukan perjalanan dengan pesawat terbang ke negara dengan zona waktu berbeda, kita dapat mengalami gangguan irama sirkadian sehingga badan merasa tidak bugar. Salah satu pengobatan yaitu dengan melatonin di saat waktu tidur di zona baru. Memaparkan mata dan tubuh pada cahaya cerah di pagi hari di zona waktu baru juga dapat digunakan untuk cepat mensinkronkan irama sirkadian.
- Apnea tidur (*sleep apnea*), yaitu jeda nafas abnormal saat tidur yang seringkali diindikasikan dengan dengkur.

Irama EEG berbeda antara orang tidur dan terjaga. Pada orang tidur non-REM, gelombang delta dan teta mendominasi. Sedang pada orang terjaga, otak berganti-ganti irama dari alfa, beta, gama dan teta. Saat tidur REM (pergerakan mata cepat) irama EEG mirip saat terjaga. Dengan demikian, mimpi lebih mirip suatu kesadaran. Mimpi saat tidur dengan REM dapat kita ingat-ingat.

3.4. Kesadaran

Sejak lama manusia berusaha mendefinisikan apa itu kesadaran, kecerdasan, dan emosi serta kapan kita mulai memilikinya. Dalam definisi saat ini, kesadaran (beserta kecerdasan dan emosi) menjadi pembeda antara manusia (*human animal*) dan hewan (*non-human animal*). Salah satu faktor penting dalam kesadaran yaitu bahasa dan memori episodik (*episodic memory*). Kita mengatakan bahwa hewan itu hidup, mempunyai nyawa, namun tidak memiliki kesadaran. Tentu klaim yang sangat antroposentris tersebut dapat terus diperdebatkan. Kesadaran memerlukan pikiran dan pikiran memerlukan bahasa. Kita tidak dapat membayangkan bagaimana kita dapat memikirkan hal paling sederhana pun dalam hidup kita, tanpa memakai bahasa dalam proses berpikir tersebut. Memori episodik memungkinkan manusia mengingat peristiwa-peristiwa dalam hidupnya. Hewan juga diyakini mampu menyimpan kenangan akan sesuatu yang dapat bertahan lama. Contoh anjing yang bertahun-tahun berpisah dengan tuannya yang sedang bertugas dapat langsung menunjukkan perasaan gembira saat bertemu kembali. Tentu karena anjing tersebut memiliki kenangan yang manis dengan tuannya. Namun, hingga saat ini belum dapat dijelaskan apakah memori episodik pada anjing tersebut juga melibatkan konteks lebih luas pada suatu pengalaman. Pada anjing, hanya kenangan dibelai sayang oleh majikannya mungkin sudah cukup. Pada manusia, ingatan pada suatu peristiwa melibatkan konteks peristiwa tersebut.

Salah satu argumen bahwa bahasa memegang peran penting sering dikaitkan dengan fakta bahwa kita sulit untuk mengingat masa lalu kita saat masih kecil. Sulit bagi kita untuk mengingat peristiwa sebelum kita berusia dua tahun yaitu saat kita mulai bicara dan mengenal bahasa. Tata bahasa, kemampuan untuk menyusun kata menjadi suatu pengertian informasi, menjadi pembeda antara manusia dan hewan. Simpanse diketahui memiliki bahasa, namun mereka belum sampai tahap dapat menyusunnya sesuai tata bahasa.

Selain memori episodik, manusia memiliki empat memori lain. Memori prosedural memungkinkan manusia untuk mengingat urutan atau prosedur suatu aktivitas. Memori semantik berhubungan dengan arti kata-kata. Memori otobiografis berhubungan dengan masa lalu seseorang dan merupakan rekaman perjalanan hidupnya semenjak dia menyadari akan keberadaannya. Memori sensorik berhubungan dengan panca indra. Kita bisa mengingat sesaat aroma melati kemudian terlupakan saat aroma tersebut menghilang. Kita tidak dapat membayangkan aroma melati tadi. Namun, jika suatu saat kita berada di dekat bunga melati yang menebarkan keharumannya, kita dapat segera mengenali bahwa aroma yang kita cium tersebut aroma bunga melati walau kita tidak melihat bunga tersebut.

Pertanyaan berikutnya yaitu dimanakah letak kesadaran kita. Sepertinya kita semua merasakan bahwa pusat kesadaran kita ada di kepala, di belakang mata. Bahkan, kadang-kadang kita merasakan kesadaran ada di mata karena manusia merupakan makhluk yang mengenali lingkungannya terutama dengan indra penglihat. Hal tersebut berbeda dengan hewan seperti anjing yang lebih banyak mengenali lingkungannya dengan indra pencium. Itulah mengapa jika kita melepas anjing kita di taman, dia akan segera berlarian kian-kemari sambil mengendus-endus, dan dalam beberapa menit kemudian dia akan duduk manis. Itu karena dia sudah memperoleh informasi tentang lingkungannya. Namun, apakah dalam mengumpulkan informasi tersebut dia juga menggunakan bahasa? Tentu mereka memakai bahasanya sendiri. Perlu diingat bahwa sesungguhnya kesadaran tidak menempati area khusus pada otak kita. Selain itu, otak juga tidak memiliki reseptor sakit. Jadi bedah otak dapat dilakukan dengan pasien sadar penuh. Anestesi lokal untuk meniadakan rasa sakit saat kulit dibuka.

Petunjuk lain yang sering menjadi argumen orang untuk meyakini bahwa manusia merupakan satu-satunya makhluk yang memiliki kesadaran yaitu kemampuan untuk membuat rencana. Manusia dapat menyusun rencana secara sistematis. Hewan dikatakan

tidak mampu menyusun rencana. Berang-berang yang selama sekian hari bergerak kian kemari, memotong dan merubuhkan pohon dengan perhitungan teliti untuk membentuk bendungan alami, belum mampu memberinya label sebagai makhluk yang berpikir alias memiliki kesadaran. Orang lebih suka menyebutnya memiliki naluri alami atau instink. Berang-berang tidak menyiapkan gambar rancangan bendungan dan peralatan yang dibutuhkan. Mungkin suatu saat nanti, saat alat komunikasi antarspesies (*interspecies communication tools*) ditemukan, kita dapat memahami bahasa hewan.

Manusia sering mengklaim bahwa mereka memiliki kesadaran dan subkesadaran. Di dalam dunia arsitektur, keduanya berperan dan dapat dimanfaatkan.

Tabel 1 Macam kecerdasan menurut J.P. Guilford

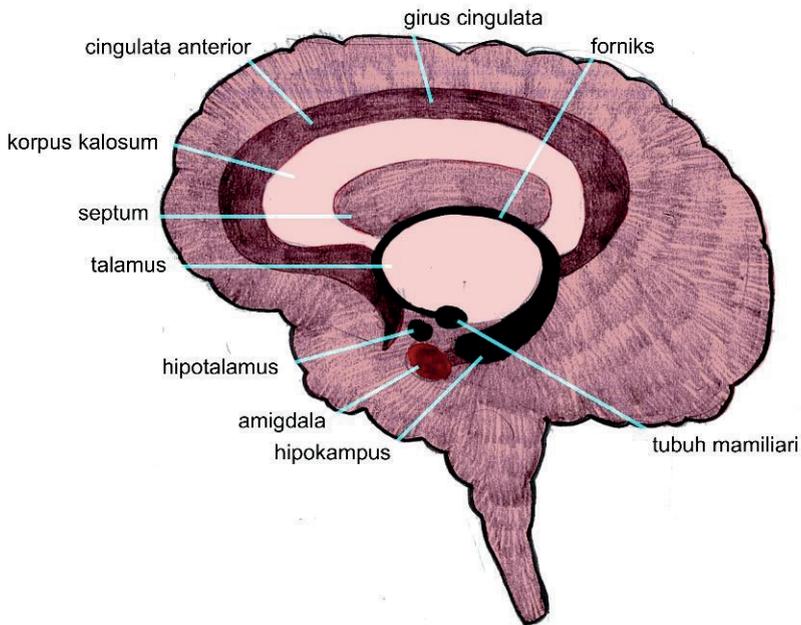
Kecerdasan	Kompetensi
Linguistik	Pemahaman dan penggunaan bahasa
Matematik- logis	Penalaran kuantitatif dan logis
Spasial	Navigasi, geometri, dan pola
Interpersonal	Interaksi sosial
Intrapersonal	Kekuatan dan kelemahan sendiri, kebijaksanaan
Kinestetis - jasmani	Olahraga, menari, atletik, dan kontrol motorik halus
Musikal	Menyanyi, alat musik, komposisi
Naturalistis	Memahami pola di alam dan bertahan hidup di lingkungan alami, bukan buatan manusia

Pada makhluk hidup terdapat beberapa tingkatan ‘kecerdasan’ yang berhubungan dengan kompetensinya. Tingkat ‘kecerdasan’ paling rendah ada di bentuk kehidupan paling rendah, sedang yang tertinggi ada di manusia. Ini tentu saja pandangan antroposentris. Tingkatan tersebut meliputi:

- Homeostatis pada bentuk kehidupan primitif, seperti prokaryot (sel dengan nukleus tidak jelas) yang merupakan batas antara hewan dan tanaman

- Spesialisasi seluler pada eukaryot (sel dengan nukleus)
- Kewaspadaan pada vertebrata dan mungkin celapoda
- Kesadaran pada manusia
- Metakognisi, merupakan kesadaran paling tinggi dan abstrak.

Kita sering membedakan antara kecerdasan dan emosi. Kecerdasan dianggap lebih condong ke rasional, sementara emosi lebih condong ke intuisi, tidak rasional. Emosi bermanfaat saat kita menimbang-nimbang interaksi sosial.



Gambar 40 Sistem limbik. [4]

Sistem limbik (*limbic system*) adalah struktur pada otak yang mengatur emosi, memori dan perilaku, seperti marah, takut, dan dorongan seksual. Sistem ini meliputi:

- Hipokampus, merupakan bagian terpenting dalam memindahkan memori jangka pendek ke memori jangka panjang.

- Amigdala, merupakan bagian dari sirkuit memori berbeda. Struktur amygdala mirip hippocampus, namun input dan outputnya berhubungan dengan stimulus yang memiliki nilai emosional.
- Anterior cingulate cortex
- Orbitofrontal cortex

Salah satu teori pengorganisasian otak yang umum yaitu Triune Brain yang digagas oleh Paul D. MacLean pada tahun 1970. Teori Triune Brain MacLean menyebutkan bahwa otak manusia terdiri atas otak reptil, otak mamalia dan otak neokorteks. Otak reptil (diwakili kadal dan ular) mengatur perilaku instinktif seperti respon fight-or-flight, lapar, mempertahankan teritori dan nafsu seksual. Otak mamalia menambahkan sistem limbik pada otak reptil yang memberi kemampuan untuk mengasuh keturunan dan berpartisipasi pada hirarki sosial. Otak neokorteks memungkinkan manusia mengembangkan kemampuan yang lebih rumit, seperti kecerdasan.

Otak kita setiap saat memproses stimuli yang tertangkap indra. Saat kita berjalan di kaki lima kompleks pertokoan, semua stimuli yang ada akan disalurkan oleh indra ke otak. Otak akan memprosesnya. Dalam sepersekian detik, kita dapat menyadari adanya stimuli tersebut. Misalnya, sambil berjalan kita dapat menyadari dalam sepersekian detik adanya bunyi terompet pengamen, teriakan orang menawarkan dagangan, lampu toko yang unik. Namun, belum tentu semua stimuli tadi kita ingat. Diperlukan perhatian pada saat ada stimulus tersebut agar benar-benar kita rasakan. Mekanisme ini sangat penting untuk menentukan apakah kita akan mengingat stimulus-stimulus (stimuli) tersebut. Jika saja kita menyadari adanya bunyi terompet pengamen, entah karena mengenali lagunya atau keindahan bunyinya, kita akan memproses bunyi tersebut dan menaruhnya dalam konteks. Kalau kemudian kita merasakan bunyi terompet yang terasa pas dengan suasana sejuk, jalan yang mulai lengang, cahaya jingga senja yang meredup, kita dapat menyatukan bunyi terompet tersebut dengan konteks lingkungan dan melabelinya sebagai suasana urban romantis.

Otak akan menyimpannya pada memori jangka panjang dan kita dapat memanggilnya setiap saat.

Salah satu contoh klasik yaitu *cocktail party effect*. Di suatu pesta, kita dapat memusatkan pikiran atau kesadaran kita pada lawan bicara. Kita tidak terganggu dengan pembicaraan orang lain di sekitar kita walau kita mendengar. Jika kita ditanya, kita tidak akan tahu detail perbincangan orang di sekitar kita. Namun, saat kita mendengar nama kita disebut di perbincangan kelompok lain tersebut, kita mendadak menyadari dan mungkin dapat mengingat kembali kalimat yang kita abaikan.

3.5. Persepsi

Sensasi dan persepsi membantu kita mengenali lingkungan di mana kita berada. Sensasi terjadi saat lingkungan fisik di sekeliling kita memberi rangsangan atau stimulus pada indra kita. Secara mudah sensasi yaitu apa yang kita rasakan melalui indra kita. Sensasi yang dirasakan oleh reseptor tersebut dikirim ke otak dan diolah oleh otak untuk menjadi informasi yang bermanfaat. Informasi yang dimengerti itulah persepsi. Jadi, sensasi itu tentang stimulus sedang persepsi itu tentang interpretasi.

Kita tahu bahwa semua elemen (begitu banyak) yang ada di sekeliling kita berpotensi menjadi stimulus. Tentu kita tidak dapat menyadari setiap elemen secara rinci. Oleh karena itu, diperlukan kemampuan untuk fokus pada satu dua elemen lingkungan. Kita mengatakan stimulus yang kita sadari tersebut sebagai stimulus diperhatikan (*attended stimulus*).

Persepsi sangat subjektif. Karya-karya mahasiswa arsitektur dinilai oleh dosen melalui persepsi dosen. Harus diingat bahwa neurosains mengajarkan bahwa persepsi merupakan aktivitas otak total dan terpadu dalam menilai input dari semua indra. Jadi, sangatlah keliru menilai arsitektur hanya dari visual! (Ibarat jatuh cinta pada foto seseorang tanpa bertemu langsung dengan orang bersangkutan!). Setengah korteks serebral otak digunakan untuk memproses visual.

Mata mengirim gambar ke otak dan persepsi baru muncul setelah otak merangkai ingatan yang berhubungan dengan objek yang dilihat. Rekognisi (pengenalan) baru muncul setelah otak menemukan lokasi ingatan yang memberi arti pada persepsi.

Respon kita terhadap arsitektur sebagian besar tidak kita sadari. Saat kita melihat cahaya, sebenarnya bukan hanya intensitas cahaya yang diterima mata tetapi sistem homeostatis tubuh akan ikut bereaksi. Cahaya alami memberi lebih banyak pengaruh psikologis.

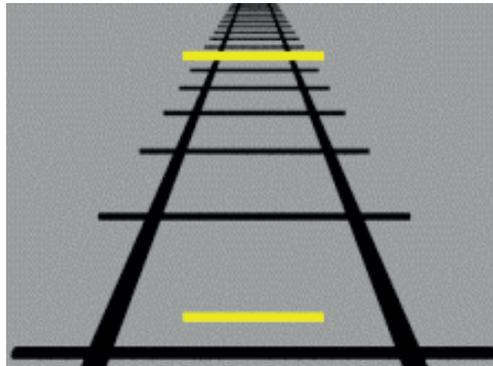
Manusia dilengkapi dengan emosi primer dan sekunder. Emosi primer merupakan emosi pertama saat indra kita merasakan sesuatu. Saat lahir kita sudah diprogram untuk waspada sesuatu (hewan besar, elang, ular yang merayap). Ketakutan ini diproses di sistem limbik, terutama amigdala. Emosi primer ini mengubah bagian tubuh yang sedikit kita kendalikan, misalnya mimik wajah takut. Emosi sekunder muncul setelah kita mengenali objek lebih jauh. Meditasi mengaktifkan otak bagian depan, sama dengan orang yang sedang fokus.

Rangsangan subliminal adalah setiap rangsangan sensorik di bawah ambang batas individu untuk persepsi sadar, berbeda dengan rangsangan supraliminal. Persepsi bawah sadar (*subliminal perception*). Priming adalah fenomena di mana paparan satu stimulus memengaruhi respons terhadap stimulus berikutnya, tanpa bimbingan kesadaran atau niat. Studi yang lebih baru dan teliti telah menemukan persepsi subliminal berefek kecil, dan sekarang disamakan dengan fenomena priming, di mana paparan tidak sadar terhadap stimulus mempengaruhi pilihan berikutnya.

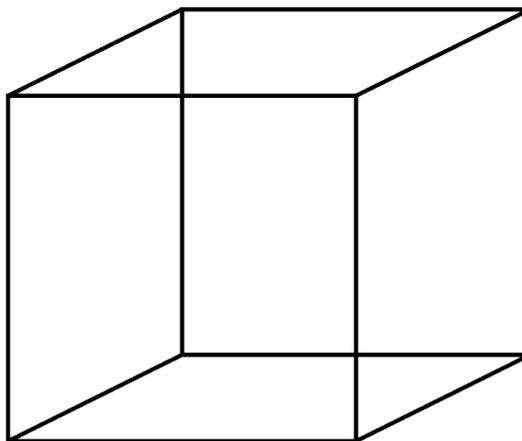
Pengabaian visual lebih umum untuk kerusakan otak belahan kanan yang mempengaruhi bidang visual kiri daripada sebaliknya (ini konsisten dengan kecenderungan umum untuk pemrosesan visual yang lebih kuat di belahan otak kanan daripada kiri).

3.6. Ilusi

Ilusi merupakan citra yang diciptakan oleh otak. Beberapa ilusi optik, seperti fatamorgana dan pelangi, dapat difoto. Sedangkan, ilusi yang dikonstruksi oleh otak tidak dapat difoto. Salah satu contoh yaitu ilusi Ponzo, di mana garis sama panjang akan terlihat berbeda jika diletakkan pada dua garis yang memiliki titik lenyap (perspektif). Ilusi kubus Necker memberi kita pandangan atap kubus atau alas kubus, tergantung bagaimana kita memfokuskan pikiran.

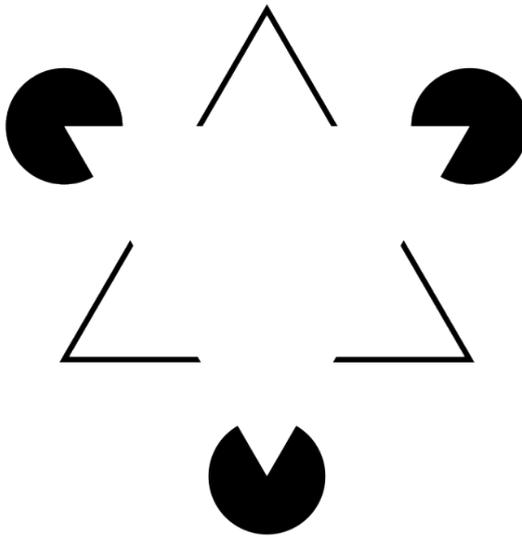


Gambar 41 Ponzo illusion. (sumber: Tony Philips, National Aeronautics and Space Adm.)



Gambar 42 Necker cube illusion. (Sumber: Fibonacci, wikipedia)

Mata dan otak kita (sistem visual) berevolusi untuk memberi arti pada citra yang diproyeksikan ke retina, berdasar rujukan dari dunia nyata tiga dimensi. Kita melihat apa yang ingin kita lihat. Ilusi Kansizsa memberi kemampuan pada mata kita melihat segitiga putih yang sebenarnya tidak ada.



Gambar 43 Kansizsa illusion. (Sumber: Fibonacci, wikipedia)

3.7. Elemen arsitektur dan efeknya terhadap otak

Sub-bab ini akan meringkas pendapat dari beberapa buku yang menjadi pelopor dalam neuroarsitektur. Tiga buku utama yaitu *Brain Landscape* (2009) [15], *The Architect's Brain* (2010) [19], *Architecture and Neuroscience* (2013) [17], *Brain-Grounded Theory of Temporal and Spatial Design* (2016) [13], dan *Neruro Architecture* (2020) [16]. Pembaca dapat membaca buku-buku tersebut untuk versi lengkapnya.

John Paul Eberhard

John Paul Eberhard menulis buku yang mengungkap koeksistensi ilmu saraf (neurosains) dan arsitektur dalam buku yang diterbitkannya pada tahun 2009 berjudul *Brain Landscape* [15] Eberhard menjadi direktur penemuan pada American Architectural Foundation di Washington, D.C., pada tahun 1995. Dia didorong oleh proposal Jonas Salk pada yayasan tersebut yang menyarankan agar seseorang dari dunia arsitektur mengkaji pengalaman seseorang pada arsitektur dari sisi ilmiah. Pada tahun 2003, bagian San Diego pada American Institute of Architects meminta Eberhard membantu membentuk Academy of Neuroscience for Architects (ANFA). Sejak itu, neurosains mulai memberi kita pemahaman tentang bagaimana otak mengontrol semua aktivitas tubuh kita dan pada akhirnya memengaruhi cara kita berpikir, bergerak, memahami, belajar, dan mengingat.

Melalui beberapa pengamatan, perenungan dan riset, Eberhard menemukan beberapa hal yang menghubungkan neurosains dengan arsitektur atau, dengan kata lain, bagaimana otak merespon arsitektur. Dalam bukunya, Eberhard mengungkapkan dengan bahasa yang mudah dimengerti dalam bentuk pertanyaan dan hipotesis, dan apakah jawaban dan konfirmasi atas pertanyaan dan hipotesis tersebut. Hal yang cukup sulit yaitu memadukan pengertian ‘kesadaran’ dari sisi neurosains dan arsitektur. Selama ini ‘kesadaran’ dianggap sebagai bentuk lanjut dari ‘pikiran’, dan merupakan dua hal yang berbeda. Namun, banyak pendapat juga yang menyatakan bahwa ‘kesadaran’ merupakan suatu bentuk ‘pikiran’. Kerumitan tersebut boleh jadi disebabkan manusia tidak hanya berpikir dalam kerangka ilmiah logis namun juga dalam rangka spiritual di mana orang mengenal tubuh (*body*), pikiran (*mind*), dan jiwa (*soul*).

Edelman dan Tononi [15] memperkenalkan tiga konsep pada titik ini: (1) kesadaran primer (*primary consciousness*), (2) masa kini yang diingat (*remembered present*), dan (3) kesadaran tingkat tinggi (*high-ordered consciousness*). Bayangkan saat kita memasuki sebuah katedral. Dalam sepersekian detik terjadi interaksi pada otak

kita yang menghubungkan pada sistem memori (tentang kunjungan di masa lalu atau kunjungan ke objek sejenis). Otak dengan cepat mengkategorisasikan persepsi pandangan yang kita lihat dan mengirimkannya ke korteks visual. Interaksi ini oleh Edelman dan Tononi disebut kesadaran primer (utama). Kelompok saraf yang diaktifkan oleh pengalaman kita menyusun sebuah pemandangan dari objek-objek yang kita lihat, dengar, sentuh, dan bau yang disebarkan pada jaringan-jaringan yang menghubungkan thalamus dan korteks (sistem thalamokortikal).

Objek mana, atau sistem indra mana, yang kita beri perhatian khusus tergantung pada ‘sistem nilai’ setiap individu berdasarkan pengalaman masa lalu. Sebagai contoh seseorang akan teringat oleh bunyi yang keras, cahaya yang berkelebat, dan pengalaman emosional tertentu. Peristiwa-peristiwa tersebut akan memicu pelepasan modulator saraf yang akan mempengaruhi aktivitas dan plastisitas saraf yang mengubah koneksi sinaptis pada kelompok saraf yang akan ‘diingat’. Mekanisme tersebut akan menyusun pemandangan di otak yang disebut masa kini yang diingat (*remembered present*). Jadi, pemandangan saat ini, saat kita ada di katedral, sebenarnya memanggil kembali pengalaman-pengalaman kita. Jika pun kita belum pernah masuk ke katedral tersebut, pengalaman-pengalaman kita di masa lampau tetap ikut membangun pemandangan katedral yang unik bagi kita masing-masing.

Kemampuan otak kita untuk membuat kesinambungan dalam hidup kita, menyatukan masa lampau dan masa kini untuk membentuk persepsi yang unik, disebut oleh Edelman dan Tononi sebagai kesadaran tingkat tinggi. Manusia menambahkan kemampuan ini ke kesadaran utama mereka ketika mereka memperoleh bahasa, karena mereka memiliki mekanisme yang diperlukan untuk berpikir tentang masa lalu, merenungkan masa depan, dan sadar akan masa kini.

Untuk memudahkan, Edelman dan Tononi membagi anatomi otak menjadi tiga. Yang pertama, jala tiga dimensional yang disebut sistem thalamokortikal, dengan talamus sebagai sentralnya. Otak

memiliki ratusan area fungsional yang berbeda di korteks, masing-masing berisi puluhan ribu kelompok saraf yang merespons berbagai rangsangan, mulai dari yang memungkinkan penglihatan hingga yang menyebabkan jantung berdetak lebih cepat saat kita ketakutan. Kelompok-kelompok ini kemudian dihubungkan ke “jaringan” besar dengan koneksi melalui talamus dan kembali lagi ke korteks. Jalinan ini membentuk suatu sistem, sementara setiap kelompok saraf mempertahankan kekhususan fungsional lokalnya. Yang kedua, satu set rantai paralel yang bergerak satu arah, dari korteks ke satu set pelengkap (serebelum, basal ganglia, dan hipokampus). Koneksi sistem ke pelengkap menjalankan beragam kerja rutin dari saraf motor hingga saraf kognitif. Setiap jaringan, dari pelengkap kembali ke korteks terisolasi satu sama lain sehingga memungkinkan kecepatan dan ketepatan eksekusi rutin. Yang ketiga, susunan seperti kipas besar yang koneksinya dibentuk oleh inti yang memproyeksikan secara luas ke sebagian besar otak.

Hal tersulit dalam memahami kesadaran yaitu bagaimana manusia menciptakan pengalaman pribadi (*qualia*). Qualia terhubung ke warna, kehangatan, rasa sakit, atau kebisingan. Merasakan warna merah, misalnya, memerlukan aktivitas terintegrasi dari seluruh kelompok saraf. Otak harus mengolah arti warna merah yang dimaksud dari berbagai (miliaran) referensi. Yang menarik, ternyata pengalaman manusia tidak hanya dibangun atas dasar pengalaman dirinya saat mulai dia menyadari suatu situasi, namun juga ada yang secara genetik diturunkan. Ini dapat dijelaskan saat pertama kali kita melihat gunung di dekat lokasi kita meletus, misalnya. Walau mungkin dalam sepanjang hidup kita belum pernah benar-benar mengalami bahwa lahar atau awan panas gunung meletus berbahaya, namun kita memiliki naluri untuk menjauh (evakuasi).

Antonio Damasio membedakan kesadaran menjadi dua yaitu kesadaran inti (*core consciousness*) dan kesadaran yang diperluas (*extended consciousness*). Kesadaran inti memungkinkan kita mengamati dan mengerti sesuatu dari waktu ke waktu. Kesadaran yang diperluas

melanjutkan apa yang diperoleh pada kesadaran inti untuk dihubungkan ke ingatan dan hal-hal lain. Kesadaran yang diperluas ini kemudian membentuk kesadaran pribadi kita seutuhnya, semacam otobiografi [15]. Kesadaran yang diperluas memberi manusia kemampuan untuk mengingat masa lalu, memahami konteks kekinian dan membuat proyeksi ke masa depan. Setiap ingatan dapat disimpan di banyak lokasi di otak kita dan akan dipanggil saat diperlukan.

Kesadaran merupakan proses yang sangat rumit dan belum dapat sepenuhnya digambarkan. Namun, setidaknya, saat ini ada peralatan-peralatan yang membantu kita untuk membuat peta otak dan melihat secara langsung (*real-time*) bagian mana dari otak kita yang sedang aktif saat berada di suatu situasi (atau lokasi). Otak kita merespon stimuli dari lingkungan. Dari situ kita dapat memperkirakan apa yang sedang terjadi pada otak kita (“yang sedang kita pikirkan” atau “yang sedang kita rasakan”).

Memori menjadi bagian sangat penting dalam membentuk persepsi. Sebenarnya kita dapat memanfaatkan hal tersebut untuk membentuk masyarakat yang melek arsitektur. Bayangkan jika sejak dini, sejak masih di sekolah dasar, anak-anak sudah banyak dipaparkan pada lingkungan arsitektur yang baik. Ingatan akan pengalaman berada di suatu lingkungan (arsitektur) yang oleh banyak orang (para kritisi) dikatakan sebagai ‘baik’ dan memang memberi pengalaman baik, maka lingkungan ‘baik’ tersebut akan tertanam dalam memori anak. Arsitektur yang baik menyangkut kaidah aman, sehat, nyaman, cantik dan lain-lainnya. Saat anak-anak tersebut tumbuh dewasa, mereka telah memiliki bekal cukup dalam sistem memori di otaknya mengenai arsitektur yang baik. Ini akan menjadi semacam kesadaran massal pada apresiasi terhadap arsitektur.

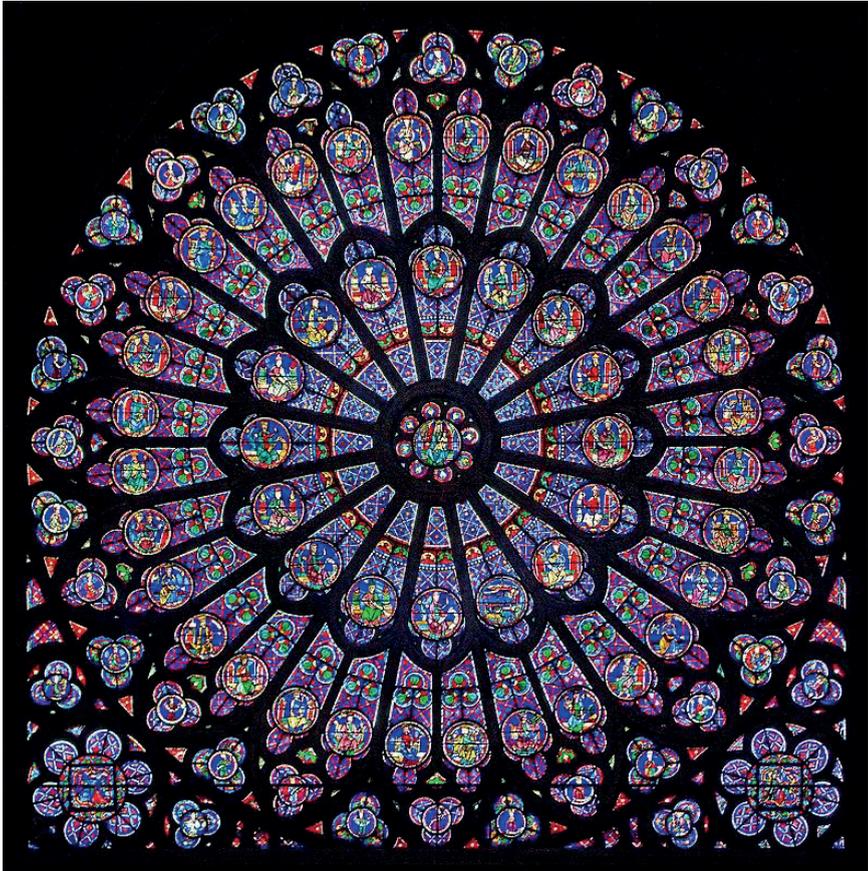
Seorang perancang kemungkinan menyisipkan intuisinya tentang preferensi anak-anak. Selain berhubungan dengan emosi, persepsi seseorang terhadap warna juga meliputi umur, suasana hati, dan kesehatan mental. Orang-orang yang memiliki karakter berbeda dapat memiliki persepsi dan preferensi warna sama. Warna penting

dalam persepsi bawaan kita. Sebagai contoh, warna merah berasosiasi dengan perintah untuk memperhatikan (lampu merah, bendera merah dan sebagainya). Sedangkan, warna-warna biru dan hijau umumnya dianggap menenangkan. Warna yang dirasakan didasarkan pada aktivitas relatif sel ganglion yang pusat bidang reseptifnya menerima input dari sel kerucut merah, hijau, dan biru. Sel ganglion memberikan aliran informasi ke otak yang terlibat dalam perbandingan spasial tiga proses yang berlawanan: terang-gelap, merah-hijau, dan biru-kuning.

Anak-anak mengembangkan kemampuan untuk mengenali lingkungan di mana dia berada. Mengenal dan mengingat objek di perjalanan (bangunan, patung, kolam) akan membantunya mengingat perjalanan dari rumah ke sekolah. Bahkan di dalam sekolah pun mereka menggunakan objek untuk membantu sirkulasi. Itu dilakukan secara sadar dan, saat menjadi rutin, secara tidak sadar. Kemampuan ini berbeda antara satu anak dengan anak lain. Kemampuan anak yang masih terbatas dalam mendefinisikan suatu objek sering menjadi penghalang. Namun, bentuk visual objek, walau anak tidak tahu artinya, akan tetap tersimpan di otak dan akan dipanggil lagi saat dia melihat objek bersangkutan.

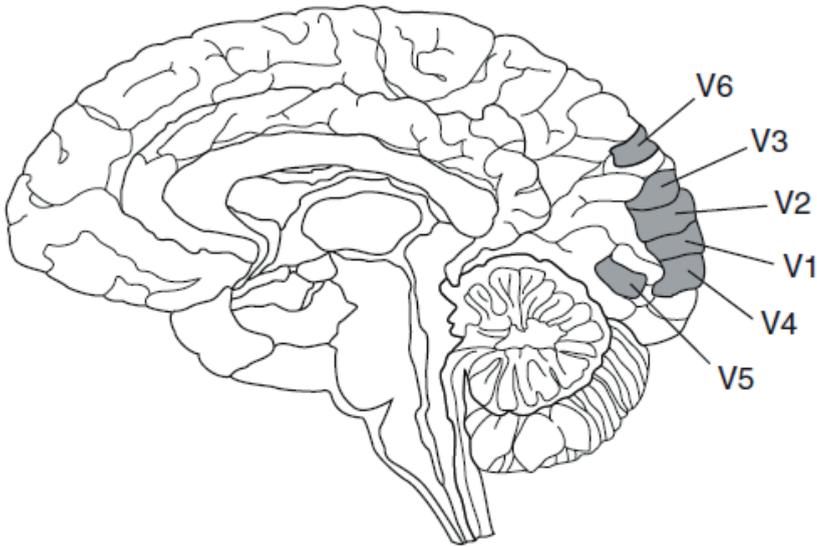
Konsep simetri, harmoni, dan proporsi merupakan atribut objek yang diproses secara luas oleh otak. Otak manusia memakai simetri untuk membedakan benda hidup dan mati. Manusia dapat mengenali simetri dalam 0.05 detik. Harmoni diartikan penyusunan bagian-bagian objek yang konsisten dan teratur serta membuat nyaman.

Golden section (*golden ratio*, rasio emas) adalah perbandingan panjang:pendek = 1,618:1. Rasio ini sepertinya tertanam dalam otak manusia dan sering digunakan secara sadar maupun tidak untuk memperoleh proporsi yang dirasakan nyaman.



Gambar 46 Pola mawar pada jendela gotik yang dirancang dengan memperhatikan aturan golden section dan simetri secara horizontal dan vertikal. Otak manusia merespon lebih baik (sumber gambar: Wikimedia).

Dalam serangkaian percobaan, Epstein dan Kanwisher et al. (1999) menunjukkan bahwa PPA (*parahippocampal place area*) merespon lebih kuat terhadap ruang dan tempat daripada jenis rangsangan visual lainnya. PPA secara signifikan lebih aktif ketika subjek melihat pemandangan yang kompleks, seperti ruangan, lanskap, dan jalan-jalan kota, daripada ketika mereka melihat foto-foto objek, wajah, dan jenis rangsangan visual lainnya. Voxel yang aktif dalam PPA berada di sulkus lingual berjalan hampir sejajar dengan voxel yang digunakan untuk pengenalan wajah, *fusiform face area* (FFA). [15]



Gambar 47 Area penglihatan khusus korteks (sumber gambar: [15]).

- V1 : Area utama, tempat semua input dirakit.
- V2 : Menghasilkan penglihatan stereo (gambar di setiap belahan otak terdiri dari piksel— seperti foto koran).
- V3 : Kedalaman dan jarak ditambahkan (semacam proses topografi).
- V4 : Warna ditumpangkan (namun tidak eksklusif di area ini).
- V5 : Gerakan “dibekukan” selama sepersekian detik untuk pengenalan berlangsung.
- V6 : Menunjuk posisi tertentu dari objek yang sedang dilihat.

Output dari V1 hingga V6 memberi input ke bermacam area otak. Bagian parietal terutama untuk memberi input di mana posisi objek di ruang, sedang bagian kortikal temporal memberi input tentang bentuk objek.



Gambar 48 United States Holocaust Memorial Museum yang dirancang oleh James Ingo Freed dan Pei Cobb Freed & Partners merupakan contoh karya arsitektur yang dirancang hati-hati untuk membangkitkan emosi di dalamnya. Freed merupakan penyintas dari holocaust tersebut di mana saat itu dia masih seorang anak berusia sekitar 9 tahun.

Peristiwa holocaust tertanam diingatannya dan membantu Freed menumpahkan emosinya di desain museum ini (Sumber gambar: ushmm.org).



Gambar 49 Washington monument dirancang oleh arsitek Robert Mills berdasarkan studi terhadap obelisk Mesir. Berdasarkan survei, proporsi monumen yang memiliki tinggi 10x lebarnya ini lebih disukai dari proporsi obelisk lain (sumber gambar: history.com).



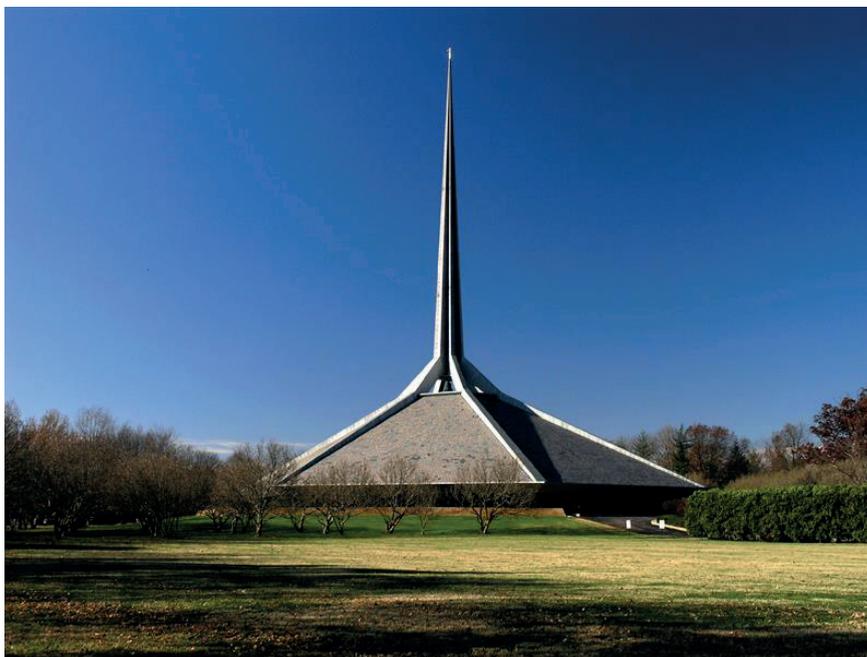
Gambar 50 Lincoln Memorial dirancang oleh Henry Bacon yang terinspirasi candi Yunani. Patung Lincoln hadir secara kuat. Pengunjung dari berbagai negara dapat sama-sama merasakan kesakralan monumen ini, terutama pada malam hari (sumber gambar: washington.org).

Serangkaian aktivitas otak yang tersebar di seluruh otak— termasuk korteks serebral, otak kecil, ganglia basil, amigdala, dan otak tengah, bekerja sama untuk menghasilkan rasa takjub yang istimewa. (Meskipun qualia yang terkait dengan “kagum” sulit dipahami, kita semua sepertinya tahu apa artinya.)



Gambar 51 Vietnam Veterans Memorial dirancang oleh Maya Lin. Dinding hitam dengan 58.000 nama tentara yang tewas dirancang sederhana, namun memunculkan emosi pada para pengunjung saat menelusuri jalan di samping dinding tersebut. Interaksi antar pengunjung (kerabat korban, wisatawan) dan dinding hitam dalam keheningan memunculkan kesan hormat. Monumen ini mampu memberikan pesan kuat arti pengorbanan dan penyembuhan. (sumber gambar: <https://www.city-journal.org/>).

Perlu dibedakan antara pengertian spiritual dan *sacred places*. Tempat spiritual merupakan suatu tempat yang sengaja dirancang untuk kegunaan spiritual. Ruang sakral (*sacred*) merupakan ruang yang memicu emosi bawah sadar seseorang, merasa terhubung pada sesuatu yang lebih besar dan lebih dalam dari dirinya.



Gambar 52 North Christian Church dirancang oleh Eero Saarinen. Gereja ini mampu membangkitkan pengalaman spesial pada para pengunjung, apa pun latar belakangnya. 'Tombak' yang menjulang tinggi dan terlihat dari jauh mengantar pengunjung mendekati tempat spiritual. Perbandingan 'tombak' ramping dengan atap di bawahnya yang berbayangan seolah melayang. Desain dibuat sedemikian rupa sehingga ruang luar tidak menggambarkan ruang dalam. Walau pengunjung menyadari sedang mendekati ruang spiritual, sensasi berada di ruang sakral baru terasa saat mereka masuk dan mengikuti jalur sirkulasi yang disediakan. (Sumber gambar: en.wikipedia.org).



Gambar 53 Interior North Christian Church. Ada studi yang menyimpulkan bahwa gereja ini terinspirasi oleh Angkor Wat dan Borobudur [28] (sumber gambar: www.atlasofplaces.com).

Harry Francis Mallgrave

Harry Francis Mallgrave menulis buku yang menghubungkan neurosains, kreativitas, dan arsitektur [29]. Sebelum secara khusus membahas neurosains dan arsitektur, Mallgrave mengawali dengan menyusun tahapan arsitektur dalam sembilan esai historis. Esai tersebut meliputi: Otak humanis (*humanist brain*), otak yang tercerahkan (*enlightened brain*), otak sensional (*sensational brain*), otak transedental (*transcendental brain*), otak bernyawa (*animate brain*), otak empati (*empathetic brain*), otak gestal (*gestalt brain*), otak neurologis (*neurological brain*), dan otak fenomenal (*phenomenal brain*). Otak humanis terlihat pada sosok Alberti, Vitruvius, dan Leonardo, di mana arsitektur sering direfleksikan sebagai metafor tubuh manusia. Buku Mallgrave sangat cocok bagi mereka yang ingin memahami peran neurosains dalam arsitektur secara filosofis.

Walaupun neurosains baru mulai bersentuhan dengan dunia arsitektur belum lama, namun sebenarnya banyak arsitek yang memiliki bakat alami "menerapkan" prinsip-prinsip arsitektur dalam desain. Para arsitek tersebut dapat membuat rancangan sesuai dengan yang dirasakannya tentang keindahan dan lain-lain. Tanpa disadari, para arsitek dengan bakat alami tersebut dapat membuat rancangan yang memicu reaksi otak orang yang melihat rancangan mereka sesuai dengan reaksi penciptanya. Para arsitek dengan bakat alami tersebut dapat menghadirkan karya arsitektur yang diapresiasi oleh orang lain, sesuai dengan yang diharapkannya. Proses apresiasi melibatkan mekanisme rumit di otak karena kemungkinan otak manusia telah memiliki kecenderungan untuk menyukai bentuk-bentuk tertentu (proporsi, geometri) selain ingatan yang disimpan kemudian.

Otak manusia menyimpan ingatan dalam banyak lokasi. Saat otak memperoleh stimulus, otak akan mencari ingatan-ingatan yang tersimpan untuk membangun persepsi. Proses tersebut akan melalui cara yang paling efisien. Otak dapat membuat terkaan yang terbaik dan ini sering memicu ambiguitas (kemenduaan) persepsi. Ambiguitas ini ternyata ada di banyak karya-karya seni terkemuka.

Juhani Pallasma

Juhani Pallasma (bersama Harry Francis Mallgrave dan Michael Arbin) menulis buku yang mengarah pada neuroarsitektur [30]. Pallasma mengajak arsitek merenung apakah kita perlu peduli pada neurosains dan jika iya, mengapa. Arsitektur merupakan disiplin yang tidak murni. Arsitektur telah diamati dari berbagai disiplin lain seperti psikologi dan antropologi. Sisi ilmiah arsitektur terutama diterapkan pada aspek teknis, fisik, dan material. Ranah mental diserahkan pada intuisi artistik individual. Sementara itu kemajuan teknologi komputer telah membuka cakrawala baru pada pembuatan karya arsitektur. Kita belum benar-benar dapat memahami interaksi antara teknologi tersebut dengan persepsi, pengalaman dan realitas kehidupan biologis manusia.

Temuan terbaru dalam kompleksitas dan plastisitas otak manusia dan sistem saraf menekankan sifat bawaan multi-indra (*multi-sensory*) dari pengalaman eksistensial dan arsitektural kita. Pandangan ini menantang pemahaman visual arsitektur tradisional yang masih berlaku dan menunjukkan bahwa pengalaman arsitektur yang paling signifikan muncul dari pertemuan eksistensial daripada persepsi retina, kecerdasan dan estetika yang baru. Dalam perjumpaan ini, dunia dan orang yang mempersepsikannya menyatu. Saat mereka menyatu, batas antara dunia mental luar dan dalam menjadi kabur. Yang terpenting, penemuan neuron cermin baru-baru ini mulai membantu kita memahami asal muasal empati dan emosi, dan bagaimana kita dapat mengalami emosi dan perasaan dalam fenomena material dan spasial. Bagaimana sebuah lukisan, yang terdiri dari cat di atas kanvas, dan sebuah bangunan yang terbuat dari benda mati, membuat kita merasa sedih atau bahagia, bosan atau terangsang, mengakar atau terasing?

Lanskap, rumah, dan lingkungan terbangun di sekeliling kita merupakan bagian integral dari lanskap kesadaran dan mental kita. Melalui penyusunan dan artikulasi ruang eksistensial yang hidup serta situasi kehidupan, arsitektur menjadi sistem paling penting dari aturan, hirarki dan ingatan eksternal. Kita tahu dan mengingat siapakah kita sebagai makhluk historis melalui aturan yang kita bangun.

Arsitek merupakan neurologis intuitif. Sepertinya halnya pelukis dan seniman lainnya, arsitek tanpa sadar telah bereksperimen dan memahami sesuatu tentang bagaimana otak bekerja dalam konteks visual. Mereka melakukan dengan cara uniknya. Sebenarnya arsitek, sebagaimana para seniman, adalah fenomenolog dalam arti “berpenampilan murni”, menghadapi sesuatu secara naif dan tidak bias.

Yoichi Ando

Yoichi Ando menulis buku tentang desain temporal (berhubungan dengan waktu) dan spatial berhubungan dengan ruang) berdasar teori-teori tentang otak. Konteks bukunya untuk arsitektur dan lingkungan [13]. Secara bebas, Ando mencoba menjelaskan desain

waktu dan ruang di konteks arsitektur menurut teori kerja otak.

Bunyi dan cahaya yang ditangkap oleh indra pendengar dan pelihat terdiri atas elemen temporal dan spasial. Pada bunyi, faktor temporal menyangkut waktu dengung dan perbedaan waktu bunyi langsung dan bunyi pantulan. Sedangkan faktor spasialnya menyangkut lokasi dan kesan meruang bunyi. Pada cahaya, faktor temporal menyangkut gerak suatu objek. Sedang faktor spasialnya menyangkut tingkat cahaya dan sebaran refleksi. Faktor temporal dan spasial ini akan tersimpan dalam memori dan dipanggil saat seseorang memerlukan referensi untuk membangun persepsi. Faktor temporal (baik bunyi mau cahaya) diolah di belahan otak kiri. Faktor spasial diolah di belahan otak kanan.

Ando memberikan pandangan-pandangan yang menarik. Dia mengatakan bahwa percepatan perkembangan tubuh manusia dimulai dari kepala. Hal tersebut dapat dilihat dari perkembangan janin, di mana proporsi kepala lebih besar daripada bagian tubuh lain. Otak sebagai pusat pengetahuan disiapkan lebih awal ketimbang bagian tubuh lain yang digunakan untuk kerja motorik seperti tangan dan kaki. Saat anak mulai masuk sekolah, sistem saraf di otak sudah hampir berkembang sepenuhnya dengan lingkungan (alami) terdekat tertanam di otaknya.

Segera setelah bayi dilahirkan, dia akan belajar banyak menangkap stimuli dari lingkungan untuk belajar. Suara dan wajah ibu serta orang-orang di sekitarnya menjadi pengetahuan awal. Lingkungan rumah, akan menjadi 'guru bisu' baginya untuk belajar. Oleh karena itu sangat penting untuk menyediakan ruang di dalam rumah di mana anak-anak bisa bermain sambil belajar. Ruang-ruang untuk bermain tanah liat, melukis, sangat penting untuk berkembangnya otak kanan. Anak-anak cepat mempelajari lingkungan fisik temporal dan spasial baik di dalam maupun di luar rumah. Mereka suka bertanya tentang segala hal.

Fasilitas kota seperti museum, gedung konser, gereja, perpustakaan, dan sejenisnya berpengaruh pada pengembangan kehidupan lanjut manusia. Seperti anggota tubuh di janin yang

berkembang setelah kepala, jalan raya dan sistem komunikasi dapat dikembangkan lebih lanjut belakangan. Seperti gambaran tentang pemukiman baru yang didatangi keluarga-keluarga muda namun setelah 30 tahun menjadi kuno dan tidak menarik lagi bagi pemukim baru karena kurangnya fasilitas budaya.

Ando meringkas lingkungan yang menarik bagi bayi yang baru lahir:

1. Suara ibu saat berbicara dan bernyanyi merangsang otak kiri, walau bayi tidak menatap ibu.
2. Preferensi personal orang terhadap musik, misalnya musik klasik dan jazz, yang membentuk kepribadian diketahui terhubung dengan kebiasaan mendengarkan musik saat masih anak-anak yang mengaktifkan otak kiri.
3. Bunyi detak jam setiap 1,0 detik menandakan ruang yang tidak mati tetapi sangat hidup, sekaligus mengaktifkan otak kiri.
4. Hembusan angin segar membuat bunyi-bunyian lembut dari dedaunan yang mengaktifkan otak kiri.
5. Perabotan, dinding, langit-langit, lantai, benda-benda seni yang tertata dengan baik mendukung tumbuhnya kepribadian yang muncul dari otak kiri dan kanan.
6. Jendela menghadap ke luar, cahaya alami, taman dengan bunga, matahari, bulan, bintang, awan, butiran hujan, dan pergerakan orang membentuk lingkungan yang indah di mana otak kiri dan kanan berkembang.
7. Kamar mandi dengan air dingin dan hangat untuk bermain merangsang otak kiri dan kanan sambil menjaga kebersihan tubuh.
8. Di iklim dingin, api dari perapian di ruang keluarga memberi pemandangan yang indah selain kehangatan.

Lingkungan akustik dan visual sangat penting diperhatikan dalam menata lingkungan. Lingkungan tersebut memberi pesan temporal dan spasial pada manusia. Orang yang berada di lingkungan

bising cenderung merasa waktu berjalan cepat walau dia tidak melakukan aktivitas cepat. Anak-anak yang tumbuh di lingkungan bising akan membawa dampaknya hingga dewasa. Kalau pun orang harus hidup dalam kebisingan, harus ada waktu di mana dia bisa beristirahat di lingkungan yang tenang. Bunyi-bunyian dan pemandangan yang menyenangkan, baik alami maupun buatan, akan membantu perkembangan otak yang baik. Itu dapat diterapkan dalam skala kecil (perabot, rumah) hingga skala luas (kota).

Beberapa catatan dari Ando:

1. Lingkungan sebaiknya dirancang sesuai tiga tahapan kehidupan manusia: kehidupan pertama (tubuh), kehidupan kedua (pikiran), kehidupan ketiga (penciptaan berdasar personalitas). Kehidupan ketiga dianggap sebagai kehidupan unik manusia (membedakan dengan hewan). Di kehidupan ketiga ini manusia memerlukan lingkungan yang dapat memicu aktivitas otak kiri dan kanan. Belahan otak kiri menangani proses temporal (seperti menulis, membaca, mendengarkan ceramah). Belahan otak kanan menangani proses spasial (seperti pengenalan pola, pembentukan ruang, menggambar). Lingkungan kerja dapat dibuat sebagai ruang kerja kreatif (*creative work space*). Sebaiknya ruang kerja memberi keleluasaan untuk mengubah posisi sesuai tugas yang akan dikerjakan. Banyak ide segar muncul saat berubah posisi.
2. Sistem penglihatan dan pendengaran merupakan bagian dominan dalam mengumpulkan informasi lingkungan kita. Sebagai contoh, bunyi dedaunan yang bergoyang-goyang memberikan satu persepsi kuat dan utuh tentang irama bunyi dan irama gerak daun. Gabungan dari berbagai tanaman dengan frekuensi gerak daun yang berbeda bisa menciptakan orkestra “musik visual”.
3. Anak-anak suka bermain dengan aliran air kecil di tanah di mana mereka bisa mengubah besar-kecil aliran, cepat

lambat, dan bentuk aliran. Aliran air tadi menjadi mainan yang menarik, menyatukan anak-anak dengan air dalam perjalanan waktu. Anak-anak suka bermain air, lumpur, dan pohon. Mungkin karena manusia berasal dari tanah, air dan hutan. Anak-anak juga suka bermain api jika diperkenankan. Mereka mengagumi objek angkasa seperti matahari, bulan dan bintang. Anak-anak suka mendengar pantulan suara mereka dari lingkungan karena mereka merasa mempengaruhi lingkungan. Sangat baik memberikan anak-anak objek-objek yang fleksibel untuk diubah-ubah sesuai keinginan mereka karena dari situ mereka menyerap arti waktu.

4. Tanda-tanda peringatan pada bangunan perlu memicu reaksi cepat. Gambar pertunjukan disertai lampu berkelap-kelip lebih efektif daripada suara manusia memberi peringatan. Otak kanan memproses informasi spasial lebih cepat yang sangat diperlukan dalam keadaan darurat. Otak kiri menangkap informasi yang berkonteks waktu seperti ucapan peringatan, di mana diperlukan waktu untuk mencerna kemudian bereaksi.

Ian Ritchie

Ian Ritchie menjadi editor tamu pada buku yang secara khusus berjudul *Neuroarchitecture* [16]. Ritchie berpendapat bahwa arsitektur merupakan suatu disiplin multifaset (memiliki banyak sisi) yang menyatukan persepsi, imajinasi serta ekspresi artistik dengan dunia fisik ruang, cahaya, dan bentuk untuk menciptakan bangunan tempat manusia hidup dan berkembang. Ritchie mengutip pidato Fred Rusty, Presiden Salk Institut pada Konvensi American Institute for Architects di San Diego tahun 2003 yang menjadi premis dari neurosains dalam arsitektur: (1) Otak mengendalikan perilaku kita; (2) Gen mengendalikan cetak biru rancangan dan struktur otak; (3) Lingkungan dapat memodulasi fungsi gen dan, pada akhirnya, struktur

otak; (4) Perubahan lingkungan mengubah otak; (5) Akibatnya, perubahan lingkungan mengubah perilaku kita; dan (6) Oleh karena itu, desain arsitektur dapat mengubah otak dan perilaku kita.



Gambar 54 Sainsbury Wellcome Centre for Neural Circuits and Behaviour, University College London (UCL), London, rancangan Ian Ritchie (Sumber: www.ucl.ac.uk/news)

3.8. Gagasan mahasiswa arsitektur dalam neuroarsitektur

Di Indonesia, neuroarsitektur belum banyak diperbincangkan. Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, memiliki kluster riset bernama Artificially Intelligent Neuroarchitecture (AINA) yang fokus pada penggabungan arsitektur, neurosains, dan kecerdasan buatan. Sejak tahun 2021, neurosains telah diperkenalkan. Beberapa contoh berikut ini merupakan gagasan mahasiswa untuk merancang dengan pendekatan neurosains. Masih banyak yang perlu dipelajari, namun usaha tersebut dapat diapresiasi. Tulisan di sub bab ini dibuat oleh para mahasiswa sendiri mengenai apa yang mereka pikirkan dalam pendekatan desain karya mereka.

3.8.1. Ghina Fitria – Pusat Rehabilitasi Psikososial

Seiring meningkatnya kesadaran akan kesehatan mental, tidak sesuai dengan menurunnya kualitas kesehatan mental yang diakibatkan pandemi. Pandemi COVID-19 tidak hanya mengancam kesehatan fisik namun juga kesehatan mental seseorang. Hal ini dapat diakibatkan oleh rasa takut akan pandemi, *stress*, kehilangan pekerjaan, atau kehilangan orang terdekat. Masalah yang memicu penurunan kondisi mental yang umum terjadi antara lain stres, kecemasan, depresi, frustrasi, ketidakpastian selama wabah COVID-19 yang muncul secara progresif. Sedangkan reaksi psikologis terhadap pandemi COVID-19 dapat bervariasi dari perilaku panik atau histeria kolektif hingga perasaan putus asa hingga keinginan untuk bunuh diri. Berdasarkan data dari Perhimpunan Dokter Spesialis Kedokteran Jiwa Indonesia, setelah lima bulan terjadinya pandemi, lebih dari 60% masyarakat Indonesia mengalami masalah psikologis seperti rasa cemas, depresi, hingga trauma. Fasilitas rehabilitasi psikologi di Indonesia hanya berjumlah sedikit dengan kondisi yang tidak mendukung proses rehabilitasi. Fasilitas rehabilitasi psikologi di Indonesia umumnya berpusat di Rumah Sakit Jiwa (RSJ) yang berjumlah kurang lebih sekitar 48 buah. Secara psikologis, lingkungan sekitar dapat banyak berperan dalam proses penyembuhan. Namun, desain tempat rehabilitasi di Indonesia masih mengabaikan faktor ini serta dampak yang ditimbulkan terhadap kondisi psikologi pengguna. Desain tempat rehabilitasi di Indonesia berfokus pada aspek fungsional sehingga terkesan kaku dan pasif yang menyebabkan desain tidak dapat membantu dalam proses rehabilitasi. Metode yang digunakan dalam studi ini yaitu metode perancangan. Pendekatan yang akan digunakan pada bangunan menggunakan pendekatan *healing environment*. *Healing environment* adalah konsep desain yang bertujuan untuk menciptakan desain dan lingkungan yang dapat mendukung kesembuhan pasien. Hasil yang diharapkan dari studi perancangan ini yaitu merancang *Psychosocial Rehabilitation Center* atau Pusat Rehabilitasi Psikososial yang dapat berkontribusi

secara aktif dalam proses penyembuhan atau rehabilitasi pasien. *Psychosocial Rehabilitation Center* akan dirancang di Kota Bekasi. Hal ini dikarenakan resiko gangguan kesehatan mental kaum urban lebih tinggi 40% dibandingkan orang yang tinggal di pedesaan. Ini juga diperkuat dengan belum adanya pusat rehabilitasi yang besar dan baik di daerah tersebut.



Gambar 55 Pusat Rehabilitasi Psikososial karya Ghina Fitria Utama Sari, mahasiswa Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Bangunan harus memiliki suasana yang dapat mendukung proses pemulihan pasien dengan menghadirkan kesan ramah dan menyebabkan pengguna merasakan perasaan positif dengan menerapkan warna-warna netral, membuat fasad yang indah dan tidak membosankan.

Bangunan harus memiliki suasana yang dapat mendukung proses pemulihan pasien dengan menghadirkan kesan ramah dengan menerapkan warna-warna netral dan natural seperti warna coklat, putih, abu-abu, dan hitam. Selain itu, lingkungan positif dapat memberikan stimulus yang menyebabkan pengguna merasakan perasaan positif. Hal ini diaplikasikan dengan membuat fasad yang indah dan tidak membosankan. Untuk itu, pada fasad menggunakan berbagai macam material serta diaplikasikan kinetic shading device agar fasad tidak

membosankan. Curtain wall diterapkan bertujuan tidak hanya sebagai media untuk memasukan cahaya alami namun juga sebagai elemen estetika.



Gambar 56 Desain ruang konsultasi harus dapat diterima oleh semua kelompok pengguna dengan memperhatikan warna dan material yang digunakan. Persentasi material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek “stress-relieving”. Kesan nyaman harus dihadirkan dengan memperhatikan pemilihan furnitur dengan material lembut.

Persentasi penggunaan material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek stress-relieving. Warna biru-kehijauan diaplikasikan pada ruang karena warna ini dapat diterima oleh seluruh kelompok pasien. Pada ruangan, terdapat pot tanaman dan lukisan sebagai elemen alam dan distraksi positif bagi pengguna. Perabot yang digunakan memiliki material lembut dengan bentuk yang melengkung. Perabot khususnya kursi dan meja yang dipilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar guna menghindari kekerasan pada pengguna khususnya staff.



Gambar 57 Desain ruang terapi umum/grup harus dapat diterima oleh semua pasien. Warna yang diterapkan merupakan warna terang dengan saturasi rendah. Pada ruangan diberikan pot tanaman dan green wall sebagai distraksi positif. Furnitur yang terpilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar untuk menghindari kekerasan pada petugas/staff.

Ruang terapi grup dapat digunakan oleh seluruh pasien. Desain dari ruang terapi grup didominasi oleh warna putih dan material kayu. Persentasi penggunaan material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek stress-relieving. Warna yang digunakan merupakan warna terang dan memiliki saturasi rendah dikarenakan warna-warna tersebut tidak memberikan efek negatif pada seluruh pengguna. Selain itu, untuk memberikan kesan terang pada ruangan. Pada ruangan, terdapat pot tanaman dan green wall sebagai elemen alam dan distraksi positif bagi pengguna. Perabot yang digunakan memiliki material lembut dengan bentuk yang melengkung. Perabot khususnya kursi dan meja yang terpilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar untuk menghindari kekerasan pada pengguna khususnya staff.



Gambar 58 Desain ruang terapi depresi harus menghindari hal-hal yang dapat memicu efek negatif pada pengguna dengan memperhatikan penggunaan material dan warna serta hadirnya alam pada ruangan.

Persentasi penggunaan material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek stress-relieving. Warna rubi diaplikasikan pada ruang karena kelompok pasien memberikan respon positif terhadap warna merah khususnya warna ruby. Pada ruangan, terdapat pot tanaman dan lukisan sebagai elemen alam dan distraksi positif bagi pengguna. Furnitur yang digunakan memiliki material lembut dengan bentuk yang melengkung. Furnitur khususnya kursi dan meja yang terpilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar untuk menghindari kekerasan pada pengguna khususnya staff.



Gambar 59 Desain ruang terapi ansietas dan stress harus menghindari hal-hal yang dapat memicu efek negatif pada kedua pengguna dengan memperhatikan penggunaan material dan warna serta hadirnya alam pada ruangan.

Pasien ansietas dan stres memiliki respon yang hampir sama terhadap desain. Untuk itu kedua desain ruangan disamakan. Desain dari ruang terapi ansietas dan ruang terapi stres didominasi oleh warna biru-kehijauan dan material kayu. Persentasi penggunaan material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek stress-relieving. Warna biru-kehijauan diaplikasikan pada ruang karena kedua kelompok pasien memberikan respon positif terhadap warna biru dan hijau. Pada ruangan, terdapat pot tanaman dan lukisan sebagai elemen alam dan distraksi positif bagi pengguna. Perabot yang digunakan memiliki material lembut dengan bentuk yang melengkung. Perabot khususnya kursi dan meja yang terpilih cukup ringan untuk dipindahkan namun tidak cukup ringan untuk diangkat ataupun dilempar untuk menghindari kekerasan pada pengguna khususnya staff.



Gambar 60 Desain dari kamar harus aman, memiliki privasi, terang, dan tidak terasa “terkekang”. Untuk memberikan efek positif pada pengguna diberikan hanging garden yang dibatasi oleh roster dan jendela geser sebagai respon keamanan dan untuk memasukan penghawaan alami ke ruangan. Terdapat jendela mati yang tidak terhalang oleh roster yang dimaksudkan agar pengguna dapat melihat ke arah luar dengan bebas tanpa merasa terkekang. Gorden yang diberikan hanya gorden semi-transparan diberikan agar cahaya alami tetap masuk dan menghindari ruangan yang gelap namun tetap dapat meningkatkan privasi.

Desain dari kamar rawat inap didominasi oleh warna putih dan material kayu. Persentasi penggunaan material kayu tidak lebih dari 45% agar tidak mengurangi efek stress-relieving. Warna yang digunakan merupakan warna terang dan memiliki saturasi rendah dikarenakan warna-warna tersebut tidak memberikan efek negatif pada seluruh pengguna. Selain itu, penggunaan warna bertujuan untuk menciptakan ruangan menjadi terang.

Untuk menghadirkan elemen alam pada ruangan, diberikan hanging garden di luar kamar rawat inap. Elemen alam khususnya taman/bunga memberikan efek positif pada pengguna. Hanging garden dibatasi oleh roster dan jendela geser sebagai respon keamanan dan untuk memasukan penghawaan alami ke ruangan. Terdapat jendela mati yang tidak terhalang oleh roster yang dimaksudkan agar pengguna dapat

melihat ke arah luar dengan bebas tanpa merasa terkekang. Gorden yang diberikan hanya gorden semi-transparan diberikan agar cahaya alami tetap masuk dan menghindari ruangan yang gelap namun tetap dapat meningkatkan privasi.



Gambar 61 Taman.



Gambar 62 Desain taman mengacu pada aspek-aspek healing garden. Untuk memicu interaksi antara pengguna dengan alam pada desain diberikan area duduk yang terintegrasi dengan media tanam, dibuat jalan setapak yang berliku-liku, serta area berkumpul yang terletak ditengah kolam. Suara gemericik air dapat memberikan efek positif pada pengguna. Untuk memicu interaksi antar pengguna, beberapa area duduk dibuat saling berhadapan dan terdapat area berkumpul yang terletak ditengah kolam..

3.8.2. Farah Febriana Salsabila – *Coworking Space*

Daerah Istimewa Yogyakarta atau yang biasa disingkat menjadi D.I.Y merupakan salah satu dari 34 provinsi yang ada di wilayah Indonesia. Provinsi ini terletak di pulau jawa bagian tengah. Menurut Badan Pertanahan Nasional, D.I.Y memiliki luas 3.185,80 km² yang terbagi menjadi empat kabupaten dan satu kota, yaitu Kabupaten Kulonprogo, Kabupaten Bantul, Kabupaten Gunungkidul, Kabupaten Sleman, dan Kota Yogyakarta. D.I.Y juga diberi julukan sebagai kota pelajar karena merupakan salah satu kota yang pendidikannya terbaik di Indonesia. Sehingga, tidak sedikit juga penduduk dari luar D.I.Y, khususnya berusia produktif, pergi merantau ke kota pelajar tersebut. Dengan adanya penduduk usia produktif, dapat membantu mengembangkan pertumbuhan kota, akan tetapi pada awal tahun 2020 kasus COVID-19 mulai masuk ke Indonesia. Hal ini memberi perubahan pada kehidupan penduduk Indonesia, salah satunya yaitu WFH (*Work From Home*).

Akan tetapi adanya WFH ini juga memberi dampak dalam penurunan tempat publik sehingga menurunkan okupansi dari tempat publik tersebut, salah satunya yaitu *Coworking Space*. Itu merupakan tempat kerja yang bersifat fleksibel yang di mana tempat ini cukup populer khususnya di kalangan milenial karena setiap *Coworking Space* memiliki karakter masing-masing dari segi desain arsitekturalnya. Selain dari segi estetika, kenyamanan pengguna juga sangat penting untuk diperhatikan karena kenyamanan merupakan kunci dari tingkat produktivitas seseorang dalam bekerja. *Coworking Space* menjadi tempat kerja bagi publik yang memberikan kenyamanan secara psikologis, kemudian dapat meningkatkan produktivitas bagi masyarakat dalam menjalani *Back to Normal*.



Gambar 63

Coworking Space merupakan tempat yang digunakan dalam kegiatan bekerja secara fleksibel dengan suasana yang kondusif dan kreatif. Pendekatan neuroarsitektur pada *Coworking Space* bertujuan dalam meningkatkan performa produktivitas bagi kaum milenial, yaitu dengan menciptakan lingkungan kerja yang mampu merangsang panca indera manusia dari segi visual maupun non visual berdasarkan karakter kaum milenial itu sendiri dari masing-masing ruang yang ada pada *Coworking Space* tersebut.

Pada Gambar 63, dapat dilihat penggunaan warna dan tekstur yang berbeda dari material yang digunakan pada fasad bangunan *Coworking Space*. Material yang digunakan merupakan material dari alam seperti batu alam dan kayu yang di mana memiliki tone warna yang hangat. Menurut Dr. Devita Retno, *tone* warna hangat dapat memberikan rangsangan yang lebih daripada *tone* warna dingin dan netral. Terdapat perbedaan yang kontras antara warna dari material batu alam (gelap) dan warna material kayu (terang), sehingga fasad bangunan lebih seimbang tetapi tetap serasi. Selain itu juga terdapat permainan dari segi geometri pada elemen material, yaitu geometri pada pola batu alam berbentuk lingkaran dengan ukuran yang berbeda, sedangkan pola pada fasad kayu yang digunakan bergaris vertikal dapat memberikan

kesan bangunan menjadi tinggi. Hal tersebut dapat memicu rangsangan panca indera manusia dari segi visual. Kemudian terdapat permainan dari pemilihan tekstur material fasad, di mana perbedaan antara tekstur kayu yang licin sedangkan tekstur batu alam yang lebih kasar. Permainan tekstur ini dapat memicu rangsangan panca indera manusia dari segi non visual.

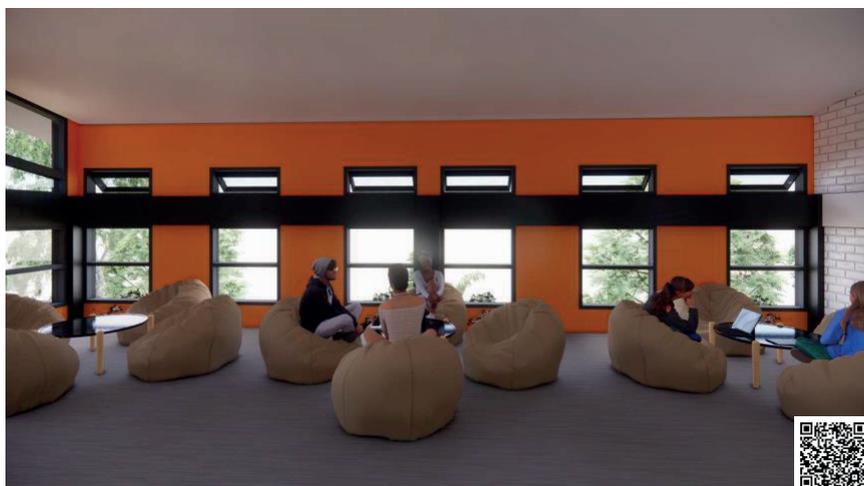
Selain itu, interior dari setiap ruang kerja memiliki sifat masing-masing dengan tujuan menciptakan ruang yang tenang, nyaman, menarik, dan menyenangkan bagi penggunaannya. Hal ini disebabkan di setiap ruang diterapkan warna beserta dengan sifat yang beragam. Selain itu ruang-ruang tersebut menghadirkan nuansa alami yang berasal dari material, bentuk, maupun elemen yang berkaitan dengan lingkungan alam. Menghubungkan ruang dengan lingkungan alam dapat memberi kenyamanan dan atraktif bagi seseorang ketika berada di ruangan tersebut. Ruangan pada bangunan *Coworking Space* dapat membantu terangsangnya panca indera dan mempengaruhi psikologi seseorang agar mampu bekerja secara efisien.



Gambar 64 Coworking space.

Perhatian:

Untuk melihat ruang secara 360°, buka *google chrome* di *smart phone* anda, klik gambar kamera, arahkan *smart phone* pada QR di pojok kanan bawah, jika alamat URL sudah tampil, klik tombol *search*, maka ruang akan muncul secara 3D. Putar-putar *smart phone* anda untuk menikmati situasi ruang. Jika *smart phone* kesulitan menangkap alamat URL dari QR, coba QR diperbesar.



Gambar 65 Mezzanine

Gambar 64 merupakan ruang *Coworking Space* yang memiliki sifat terbuka dan santai. Hal ini berdasarkan dari salah satu karakter kaum milenial yang terbuka dalam berkomunikasi dan cenderung menikmati ruang bebas yang aktif dalam berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya (ekstrovert) serta memiliki sifat percaya diri. Ruang bebas yang aktif memiliki sifat yang semangat, sehingga pemilihan warna jingga merupakan warna yang tepat untuk ruang tersebut. Hal ini dikarenakan warna jingga dapat memberikan kesan semangat dan gembira pada ruang. Warna jingga yang diberi perpaduan

warna hitam, putih, maupun coklat dapat menjadikan warna ruang menjadi seimbang dan tidak merusak mata.

Gambar 65 menunjukkan *interior* dari *mezzanine* bagian ruang *Coworking Space*. Perabot yang digunakan cenderung bersifat lebih santai daripada ruang kerja lainnya, yaitu dengan menggunakan *bean bag sofa* untuk menciptakan suasana ruang kerja fleksibel dengan kegiatan yang lebih bebas dan santai berdasar karakter pengguna ruang.



Gambar 66 Personal space



Gambar 67 Personal space

Gambar 66 dan 67 adalah ruang *Personal Space*, di mana ruang ini memiliki sifat yang berbeda dibandingkan dengan ruang *Coworking Space*. Ruang ini diperuntukkan bagi seseorang yang cenderung lebih nyaman beraktivitas tanpa ada interaksi dengan sekitarnya (*introvert*) atau membutuhkan ruang kerja individu yang bersifat lebih *private*. Sifat introvert seseorang memiliki ciri mudah terdistraksi, sehingga mereka cenderung kesulitan untuk fokus jika terdapat interaksi lain di sekitarnya. Hal tersebut dapat mengakibatkan kelelahan karena energinya berkurang ketika berada di keramaian.

Maka dari itu, ruang *Personal Space* perlu menciptakan suasana yang tenang dan mengurangi interaksi yang ada pada ruang tersebut dengan tujuan untuk menghindari rasa kelelahan karena berkurangnya energi seseorang. Warna yang diterapkan pada ruang tersebut yaitu warna hangat dari material kayu dengan perpaduan warna putih untuk memberi kesan rapi dan lantai keramik yang memiliki tekstur licin agar terkesan menyegarkan secara visual.

Gambar 67 menunjukkan inkubator di mana seseorang dapat melakukan pekerjaannya secara individu dan privasi yang terjaga. Setiap inkubator menggunakan warna dinding yang berbeda, warna di setiap inkubator merupakan warna pastel yang memiliki sifat menenangkan. Tujuan dari penggunaan warna pastel yaitu agar menciptakan suasana kondusif dan tidak mengurangi energi bagi penggunanya. Bagian dinding menggunakan panel akustik untuk mengurangi suara bising dari luar ruangan, sehingga pengguna inkubator dapat lebih fokus mengerjakan pekerjaannya.



Gambar 68 Meeting space type 1

Gambar 68 menunjukkan interior *Meeting Space* tipe kecil. Ruangan ini digunakan sebagai tempat pertemuan kelompok komunitas ataupun organisasi dengan kapasitas delapan orang. Warna yang digunakan pada ruang rapat ini terdiri atas warna hangat material kayu dengan pola horisontal yang memberi ruang terkesan luas. Warna hangat dapat membuat rileks penggunanya. Terdapat perpaduan warna putih panel akustika dan kursi putih yang memiliki sifat bersih dan rapi dan warna hitam yang memiliki sifat formal. Untuk menambahkan suasana alami, bagian langit-langit ruang diberi material papan kayu dan hiasan tumbuh-tumbuhan. Warna hijau tumbuhan efektif membuat santai secara visual saat seseorang kelelahan oleh pekerjaan. *Meeting Space* merupakan ruang lebih formal dibandingkan ruangan lainnya, sehingga perlunya dihadirkan suasana bersih, formal, tetapi tetap santai saat melakukan rapat atau pertemuan. Bukaan jendela ruang tepat mengarah ke luar bangunan, ke arah taman. Tanaman hijau menciptakan suasana dekat dengan alam dan efektif dalam mengatasi rasa jenuh pada mata.



Gambar 69 Meeting space type 2

Meeting Space tipe sedang yang ditunjukkan pada Gambar 69 merupakan ruang rapat yang memiliki kapasitas 10 orang. Berbeda dengan *Meeting Space* tipe kecil, warna yang diterapkan pada ruang ini perpaduan warna hangat coklat muda, warna putih, warna hitam, dan warna biru. Warna biru memiliki sifat yang tekun dan damai. Warna biru juga memberikan kesan ruang menjadi lebih sejuk dan luas. Warna biru juga dapat menstimuli pengguna ruang meningkatkan semangat dan atraktif. Pola beragam pada dinding terlihat lebih menarik dan tidak membuat pengguna ruang jenuh saat melakukan kegiatan di ruang tersebut. Garis vertikal pada dinding membuat ruang terlihat lebih tinggi, sehingga tidak membuat pengguna merasa sempit. Selain itu, pemandangan melalui bukaan mengarah ke taman hijau yang efektif dalam mengatasi mata lelah dan menyantakan pikiran.



Gambar 70 Meeting space type 3

Gambar 70 adalah gambaran *Meeting Space* tipe besar berkapasitas 18 orang. Berbeda dengan ruang rapat tipe lainnya, ruang rapat ini lebih besar dan tinggi sehingga memberikan kesan luas bagi penggunanya. Warna yang menjadi *highlight* yaitu warna merah muda, kemudian ditambahi warna hitam, coklat muda, dan putih agar memberi ketenangan serta berkesan atraktif dengan paduan warna netral. Penggunaan warna merah muda pada ruang rapat memberi keseimbangan tubuh, pikiran, dan emosi serta menghindari suasana yang menegangkan saat melakukan aktivitas. Pola melengkung memiliki kelembutan karena bersudut tajam. Hal tersebut mengurangi rasa terancam dibandingkan dengan melihat pola yang bersudut tajam. Sama seperti *Meeting Space* lainnya, pemandangan melalui bukaan jendela mengarah ke taman hijau yang berfungsi untuk menyantakan penglihatan dan pikiran seseorang saat kelelahan.



Gambar 71 Office space type 1

Gambar 71 merupakan *Office Space* tipe kecil bagi pekerja *freelancer* ataupun perusahaan yang tidak mempunyai tempat kerja yang tetap. Warna yang diterapkan yaitu warna biru muda yang terlihat lembut, memberi efek ketenangan, sejuk, serta membuat ruangan lebih luas. Warna putih batu marmer dengan tekstur licin memberi efek menyegarkan bagi penglihatan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja pengguna. Kemudian di beberapa sisi terdapat panel akustika berbentuk segi enam seperti bentuk sarang lebah dengan warna biru, kuning, dan putih yang selain sebagai peredam kebisingan dari ruang yang ada di sebelahnya, juga memberi efek suasana yang menarik dan menyenangkan. Jenis kaca yang digunakan pada jendela ruang ini yaitu *smart glass*, yang dapat di atur dengan menggunakan *controller* pengatur keburaman. Hal ini bertujuan untuk menjaga privasi. Selain itu ketika kaca tidak buram dapat membantu pencahayaan alami masuk ke dalam ruangan.



Gambar 72 Office space type 2

Office Space tipe sedang yang ditunjukkan pada Gambar 72 menerapkan warna kuning pada bagian dinding dan plafon. Warna kuning memiliki sifat menyenangkan dan kreatif. Akan tetapi, warna kuning yang terlalu dominan mengakibatkan tidak nyaman pada penglihatan, sehingga dinding pada ruangan ditambahi warna hitam, putih, dan coklat muda dari lapisan kayu dinding. Hal ini bertujuan agar warna pada ruang tetap seimbang tetapi dapat memberi kesan gembira dan dapat meningkatkan suasana hati bagi seseorang ketika sedang bekerja. Pada bagian plafon terdapat tanaman hijau palsu yang tidak hanya berfungsi sebagai hiasan, tetapi dapat membantu menyantakan indera penglihatan ketika seseorang merasa kelelahan dan jenuh bekerja. Sama seperti *Office Space* tipe kecil (Gambar 71), kaca jendela yang digunakan adalah kaca jenis *smart glass*. Dengan ini, suasana yang diciptakan pada ruang tersebut merupakan ruang yang menyenangkan dan memberi kenyamanan bagi penggunanya.



Gambar 73 Office space type 3

Gambar 73 menunjukkan *Office Space* tipe besar yang lebih besar daripada *Office Space* lainnya untuk menyesuaikan kebutuhan jumlah pengguna. Ruang ini menggunakan warna *lilac* sebagai warna dasar. Warna *lilac* merupakan warna terang yang lembut, memberi efek ketenangan pada ruang. Sama seperti ruang lainnya, terdapat penambahan warna lain dengan tujuan agar warna pada ruang lebih seimbang dan menarik sehingga membuat pengguna menjadi lebih nyaman saat bekerja di ruang tersebut. Setiap meja kerja disusun berdekatan dan tidak terpisah. Hal tersebut bertujuan mempermudah komunikasi antar sesama pekerja. Tumbuhan palsu hijau disisipkan agar menghadirkan nuansa alam pada ruang dan santai. Jendela pembatas ruang ini dengan ruang lainnya menggunakan *smart glass* agar tetap dapat menjaga privasi ruang.



Gambar 74 Coffee shop lounge

Coffe Shop Lounge pada Gambar 74 menerapkan material alami seperti pada dinding bermaterial batu marmer warna putih yang bertekstur licin sehingga terkesan menyegarkan, kayu warna coklat tua dengan pola vertikal memberi efek ruangan menjadi lebih tinggi dan balok dan kolom beton yang dilapisi dengan HPL berwarna hitam. Selain itu, lantai yang digunakan yaitu keramik batu marmer berwarna hitam serta perabot berwarna hitam dan coklat muda. Perpaduan warna yang kontras antara warna gelap dan terang pada ruang tersebut terkesan seimbang, menarik dan elegan. Terdapat tanaman-tanaman di dalam ruangan untuk menciptakan suasana yang nyaman dan menghubungkan ruang dengan lingkungan. Ruang ini memakai pencahayaan alami di siang hari yang memberikan efek positif bagi tubuh maupun mental. Saat pencahayaan ruang terlalu terang ada tirai penutup jendela yang dapat diatur secara otomatis melalui *remote* ketika. Plafon ruang miring mengikuti bidang atap bangunan agar ruang terkesan lebih tinggi karena kapasitas *Coffe Shop Lounge* lebih padat dengan kegiatan yang lebih fleksibel daripada ruang kerja. Ruang ini dibuat terlihat tinggi dan luas agar tidak membuat pengguna ruang merasa sempit dan terlalu padat.



Gambar 75 Area santai

Area santai yang ditunjukkan pada Gambar 75 diperuntukkan sebagai tempat seseorang atau kelompok orang melakukan kegiatan yang santai seperti berbincang, menikmati taman yang ada di sekitar bangunan. Area ini terbuka dan meminimalisir penggunaan dinding. Kegiatan bersifat santai dan tidak memerlukan fasilitas khusus. Warna yang diterapkan pada area santai ini warna hangat. Perabot bermaterial lapisan kayu, dinding berlapis batu alam, kolom bertanaman rambut. Partisi kayu berwarna coklat tua. Tanaman-tanaman bambu diletakkan dekat dinding. Penutup atas area santai menggunakan atap pergola kayu dan kaca agar tetap dapat melihat langit serta tidak menimbulkan rasa jenuh karena terbuka. Pengguna area dapat bersantai dan menikmati pemandangan di luar bangunan. Area ini berhubungan dengan lingkungan luar bangunan yang hangat dan nyaman.



Gambar 76 Taman bunga

Seperti terlihat pada Gambar 76, terdapat taman bunga di luar bangunan *Coworking Space*. Taman bunga berfungsi sebagai taman visual dengan warna bunga yang beragam seperti warna merah muda, ungu, dan kuning. Warna-warna tersebut memberikan efek menyenangkan dan menyenangkan. Permainan warna membuat taman bunga menjadi lebih menarik tetapi juga membantu seseorang dalam merangsang panca inderanya. Jenis bunga yang digunakan yaitu *bougenville*, krisan, krokot, dan *marigold*. Tanaman bunga tersebut memiliki warna yang lembut dan menimbulkan rasa senang. Selain itu, terdapat permainan tekstur dari berbagai elemen pada taman bunga seperti tekstur batu paving yang kasar, tekstur halus dari lantai kayu sebagai *walkway*, tekstur rumput, dan sensasi air kolam. Hal ini bertujuan untuk merangsang panca indera yang tidak hanya dari segi penglihatan, tetapi juga dari segi sentuhan yang berasal dari tekstur alami yang beragam. Tatanan taman dibentuk melengkung membuat seseorang menjadi lebih aman.

3.8.3. Anggi Wismandaru - Ruang Rekreasi

Perkembangan kota telah memicu terjadinya kepadatan dinamika masyarakat yang hidup di dalamnya. Alienasi sosial, kohesi sosial yang rendah, diikuti dengan fenomena gangguan mental emosional kemudian menjadi bagian dari konsekuensi bagi masyarakat yang hidup dalam konteks perkotaan. Hal itu beriringan dengan semakin minimnya akses masyarakat terhadap ruang publik dan interaksi terhadap komponen alam, serta terputusnya koneksi pada nilai-nilai luhur yang tersimpan dalam kearifan lokal. Anggi berfokus pada bagaimana perhatian mengenai isu kurangnya ruang publik dan interaksi terhadap komponen alam serta terkikisnya kearifan lokal yang dipadukan dalam tipologi ruang rekreasi, dapat menawarkan jalan keluar bagi permasalahan kesehatan mental bagi masyarakat yang hidup dalam konteks perkotaan. Usulan rancangan ruang rekreasi dengan pendekatan biofilik dan konteks budaya Jawa sejalan dengan rencana perangkat daerah Kecamatan Kotagede untuk menambahkan ruang terbuka hijau publik dan menciptakan ruang-ruang kota yang mendukung nilai-nilai sejarah, budaya, maupun tradisi kehidupan masyarakat Yogyakarta.

Menurut Browning et al [31], prinsip desain biofilik diorganisasikan dalam tiga bagian yaitu alam di dalam ruang, analogus alam, dan alam dari suatu ruang. Ketiga bagian tersebut memiliki keterkaitan dengan aspek reduksi stres, performa kognitif, dan preferensi emosional yang kemudian penulis hubungkan dengan tujuan perancangan ruang rekreasi publik sebagai ruang restorasi mental. Praktik kebudayaan Jawa memiliki riwayat tentang bagaimana masyarakatnya menangani fenomena mental, yaitu melalui aktivitas meditasi yang secara konseptual terkait dengan prinsip Hamemayu Hayuning Bawana.

Anggi mengatur komposisi zonasi tapak dengan mengacu pada prinsip Hamemayu Hayuning Bawana yaitu zona publik (relasi individu dengan sesamanya), zona biofilia (relasi individu dengan alam), dan zona

intrapersonal (relasi individu dengan dirinya sendiri). Konsep zonasi yang Anggi munculkan memandangkan relasi individu dengan dirinya sendiri sebagai relasi puncak untuk menjalin hubungan harmonis antara manusia dengan alam sebagai strategi restorasi mental. Fasilitas yang terdapat dalam zona publik antara lain kantor pengelola, ruang komunal, dan *community center*. Fasilitas yang terdapat dalam zona biofilia antara lain ruang eksplorasi alam dan ruang *display* flora fauna holografik. Fasilitas yang terdapat dalam zona intrapersonal yaitu area meditasi. Semua fasilitas dalam masing-masing zona, Anggi arahkan agar memiliki suasana ruang yang sesuai dengan syarat pendekatan desain biofilik dengan konteks budaya Jawa.



Gambar 77 Bangunan parkir.

Bangunan parkir menggunakan bentuk lengkung sebagai salah satu prinsip *biophilic design*, yaitu “*Biomorphic Forms and Patterns*” dalam bab “*Natural Analogues*”; dengan efek yang diharapkan adalah berdampak positif pada sikap eksploratif [32]. Terdapat tumbuhan-tumbuhan berbunga di sekitar ruang sosial yang terletak di atas atap bangunan, sebagai penerapan prinsip *biophilic design*, yaitu “*Connection with Natural Systems*” dalam bab “*Nature in the Space*”; dengan efek

yang diharapkan adalah peningkatan respon positif pada kesehatan dan berdampak positif pada persepsi tentang lingkungan [33]



Gambar 78 Ruang komunal.

Bentuk *the three-holes gate*, mengadaptasi sifat bentuk akar pohon beringin dan gayam (sebagai jenis pohon khas menurut Serat Salokapatra) dengan meneruskan bentuk dinding pembatas area meditatif, kemudian menerus sampai area ruang komunal.



Gambar 79 Ruang biofilia holografik.

Ruang biofilia holografik terletak di dalam zona biofilia. Zona biofilia menerapkan prinsip “*Mystery*” dalam bab “*Nature of the Space*” yang secara emosional berdampak positif pada respon kenikmatan [34] [35] [36]. Bentuk bangunan ruang biofilia holografik berbentuk setengah bola dengan diselimuti rerumputan yang menerus dari lantai sekitarnya, sebagai penerapan prinsip “*Material Connection with Nature*” dalam bab “*Natural Analogues*” yang dapat berefek menurunkan tekanan diastolik darah [37] dan mempengaruhi perkembangan performa kognitif [38].



Gambar 80 Area meditasi.

Fitur air yang diletakkan di sekitar area meditasi adalah penerapan prinsip yang terdapat dalam bab “*Nature in the Space*” yaitu “*Presence of Water*” yang berpotensi mereduksi stres, memicu ketenangan batin, penurunan detak jantung dan tekanan darah [39] mengembangkan daya konsentrasi dan restorasi memori, dan peningkatan responsivitas psikologis [40] dan berdampak positif pada respon emosional [41] [42][43][44].



Gambar 81 Area meditasi.

3.9. Peralatan qEEG

Saat ini teknologi untuk mengukur gelombang otak sudah sangat maju. Pada awal ditemukannya dulu electroencephalography (EEG) merupakan alat yang rumit, penuh kabel, dan berkesan *mengerikan*. EEG adalah alat yang berfungsi untuk mempelajari gambar dari rekaman aktivitas listrik di otak, termasuk teknik perekaman EEG dan interpretasinya. Alat tersebut umumnya dipakai di bidang kedokteran untuk keperluan medis. EEG bekerja dengan cara menangkap gelombang otak yang sangat lemah, lalu diperkuat sehingga dapat dibaca. Jaman dulu teknologi sensor belum berkembang jauh seperti sekarang sehingga untuk mengukur gelombang otak diperlukan cara khusus. Bahkan, untuk kasus tertentu, seperti epilepsi, memerlukan pembedahan kulit kepala yang harus dilakukan atau diawasi dokter. Ahli fisiologi dan psikiater Jerman Hans Berger (1873–1941) merekam EEG manusia pertama pada tahun 1924.

Saat ini, kemajuan teknologi EEG menjadikan alat tersebut populer dan dipakai di banyak bidang seperti *marketing* dan *game*. EEG saat ini berbentuk menarik, dan mudah pemasangan serta pengoperasiannya. Hasil pengukuran langsung disajikan dalam bentuk yang mudah dipahami karena sudah diinterpretasi. Bahkan aktivitas otak dapat ditunjukkan secara *realtime*. Hasil pembacaan

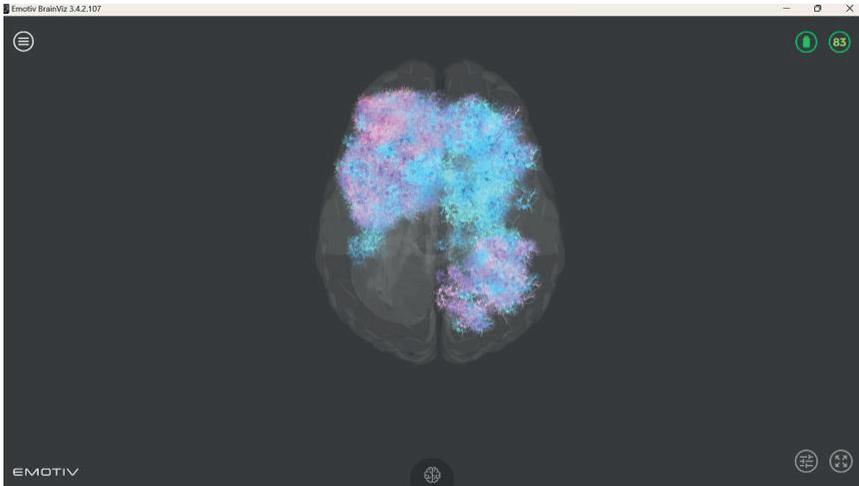
gelombang otak oleh EEG berupa data numerik yang dapat diolah untuk berbagai keperluan. Hal itu memunculkan istilah *kuantitatif electroencephalography* (qEEG).



Gambar 82 EEG untuk kebutuhan diagnosis medis yang memerlukan akurasi tinggi. Jenis ini memakai kabel yang menghubungkan sensor ke mesin. (www.bassmedicalgroup.com)



Gambar 83 EEG masa kini, berbentuk menarik, mudah dipasang, ringan dan nirkabel. (www.emotiv.com)



Gambar 84 Citra aktivitas otak oleh Emotiv insight dengan Brainviz. Warna menunjukkan gelombang otak yang aktif.



Gambar 85 Pengukuran dengan Emotiv Insight. Kita dapat langsung mengetahui proporsi gelombang otak.



Gambar 86 Analisis real time oleh Emotiv Insight menunjukkan status responden apakah sedang focus, engaged, relax dan lain-lain.

Daftar Pustaka

- [1] “Debunking myth of right-brain and left-brain personality traits | Human World | EarthSky.” [Online]. Available: <https://earthsky.org/science-wire/researchers-debunk-myth-of-right-brain-and-left-brain-personality-traits/>. [Accessed: 06-May-2022].
- [2] A. . Fallis, “Neuroscience for Dummies,” *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2013.
- [3] F. Amthor, *Neurobiology For Dummies*. 2014.
- [4] M. F. Bear, B. W. Connors, and M. A. Paradiso, *Neuroscience: Exploring the brain: Fourth edition*. 2015.
- [5] “Sympathetic vs. Parasympathetic State: Chronic Stress / Adrenaline Rush Affects Health Tampa, FL — Collaborative Therapeutic Services.” [Online]. Available: <https://www.therapycts.com/blog/2021/6/18/sympathetic-vs-parasympathetic-state-how-chronic-stress-and-adrenaline-rush-affects-your-health>. [Accessed: 18-Apr-2023].
- [6] T. Mergner, F. Hlavacka, and G. Schweigart, “Interaction of vestibular and proprioceptive inputs,” *J. Vestib. Res. Equilib. Orientat.*, vol. 3, no. 1, pp. 41–57, 1993.
- [7] “Brain Regions and Functions | Ask A Biologist.” [Online]. Available: <https://askabiologist.asu.edu/brain-regions>. [Accessed: 24-Aug-2022].
- [8] P. Satwiko, *Arsitektur Pertanian Perkotaan*. Yogyakarta: Cahaya Atma Pustaka, 2021.
- [9] P. Satwiko, *Gagasan Mahasiswa Arsitektur untuk Pertanian Perkotaan*. Yogyakarta: Departemen Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2021.

- [10] P. Satwiko, N. Sekarlangit, A. D. Istiadji, and A. Prasetya, *Arsitektur Kebun di dalam Ruangan*. Yogyakarta: Cahaya Atma Pustaka, 2020.
- [11] P. Satwiko, *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2008.
- [12] “color therapy chart - Google Search.” [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=color+therapy+chart&sxsrf=ALiCzsaC-Q3uQMWJ40E-RuPAK-fgZSu4nHw:1652226677170&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiOmLmBkNb3AhWvS2wGHT-VIA4wQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=714&dpr=1.25#imgrc=yhJiJQp7RSDmbM. [Accessed: 11-May-2022].
- [13] Y. Ando, *Brain-grounded theory of temporal and spatial design: In architecture and the environment*. 2016.
- [14] B. L. Schwartz and J. H. Krantz, *Sensation and Perception*. Thousand Oaks,: SAGE Publications, Inc., 2019.
- [15] J. P. Eberhard, *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture*. 2009.
- [16] I. Ritchie, *NeuroArchitecture*. Oxford: John Wiley & Sons, 2020.
- [17] J. Pallasmaa, H. F. Mallgrave, and M. Arbib, *Architecture and Neuroscience*. Espoo: Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation, 2013.
- [18] E. B. Goldstein and L. Cacciamani, *Sensation & Perception*. Boston: Cengage, 2022.
- [19] H. F. Mallgrave, *The Architect’s Brain*. 2010.
- [20] D. Pansela, N. Sekarlangit, P. Satwiko, and S. Felasari, “Developing a virtual urban oasis design to reduce urban stress in warm-humid climate,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021.
- [21] P. Satwiko, A. Prasetya, and F. Suhedi, “Noise-reducing vents for windows in warm, humid, tropical countries,” *Archit. Eng. Des. Manag.*, vol. 15, no. 2, 2019.

- [22] “Modulating Brain Waves • Crystal Healing Techniques.” [Online]. Available: <https://crystalhealingtechniques.com/lesson/modulating-brain-waves/>. [Accessed: 11-May-2022].
- [23] P. A. Abhang, B. W. Gawali, and S. C. Mehrotra, “Technological Basics of EEG Recording and Operation of Apparatus,” in *Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition*, 2016.
- [24] “qEEG Brain Mapping: What It Can Show Us About Our Brains.” [Online]. Available: <https://pronghornpsych.com/what-can-qeeg-brain-mapping-show-us/>. [Accessed: 19-May-2022].
- [25] “What is QEEG Brain Mapping & how to interpret it | Bitbrain.” [Online]. Available: <https://www.bitbrain.com/blog/qeeg-brain-mapping>. [Accessed: 19-May-2022].
- [26] “Neurofeedback for Anxiety and Depression - How it Works.” [Online]. Available: <https://pronghornpsych.com/neurofeedback-for-anxiety-and-depression/>. [Accessed: 19-May-2022].
- [27] “qEEG & Brain Mapping: How It Should Look | Leigh Brain & Spine.” [Online]. Available: <https://leighbrainandspine.com/what-a-normal-qeeg-brain-map-looks-like/>. [Accessed: 19-May-2022].
- [28] “North Christian Church by Eero Saarinen: Church inspired from Angkor Wat and Borobudur - RTF | Rethinking The Future.” [Online]. Available: <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a2648-north-christian-church-by-eero-saarinen-church-inspired-from-angkor-wat-and-borobudur/>. [Accessed: 17-Nov-2022].
- [29] H. F. Mallgrave, *The Architect’s Brain: Neuroscience, Creativity, and Architecture*. 2009.
- [30] J. Pallasmaa, H. F. Mallgrave, and M. Arbib, *Architecture and Neuroscience*. 2015.

- [31] W. Browning, C. Ryan, and J. Clancy, “14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health & Well-Being in the Built Environment,” *Terrapin Bright Green, LLC*, 2014.
- [32] Y. Joye, “Architectural Lessons From Environmental Psychology: The Case of Biophilic Architecture,” *Rev. Gen. Psychol.*, 2007.
- [33] M. Mehaffy, “Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life,” *Proc. Inst. Civ. Eng. - Urban Des. Plan.*, 2012.
- [34] V. N. Salimpoor, M. Benovoy, K. Larcher, A. Dagher, and R. J. Zatorre, “Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music,” in *Nature Neuroscience*, 2011.
- [35] M. Ikemi, “The effects of mystery on preference for residential façades,” *J. Environ. Psychol.*, 2005.
- [36] A. J. Blood and R. J. Zatorre, “Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 2001.
- [37] Y. Tsunetsugu, J. Lee, B. J. Park, L. Tyrväinen, T. Kagawa, and Y. Miyazaki, “Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements,” *Landsc. Urban Plan.*, 2013.
- [38] S. Lichtenfeld, A. J. Elliot, M. A. Maier, and R. Pekrun, “Fertile Green: Green Facilitates Creative Performance,” *Personal. Soc. Psychol. Bull.*, 2012.
- [39] J. J. Alvarsson, S. Wiens, and M. E. Nilsson, “Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010.
- [40] M. D. Hunter *et al.*, “The state of tranquility: Subjective perception is shaped by contextual modulation of auditory connectivity,” *Neuroimage*, 2010.

- [41] S. Windhager, K. Atzwanger, F. L. Bookstein, and K. Schaefer, "Fish in a mall aquarium-An ethological investigation of biophilia," *Landsch. Urban Plan.*, 2011.
- [42] J. Barton and J. Pretty, "What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health- A multi-study analysis," *Environ. Sci. Technol.*, 2010.
- [43] M. White, A. Smith, K. Humphryes, S. Pahl, D. Snelling, and M. Depledge, "Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes," *J. Environ. Psychol.*, 2010.
- [44] D. Karmanov and R. Hamel, "Assessing the restorative potential of contemporary urban environment(s): Beyond the nature versus urban dichotomy," *Landsch. Urban Plan.*, 2008.

Penulis

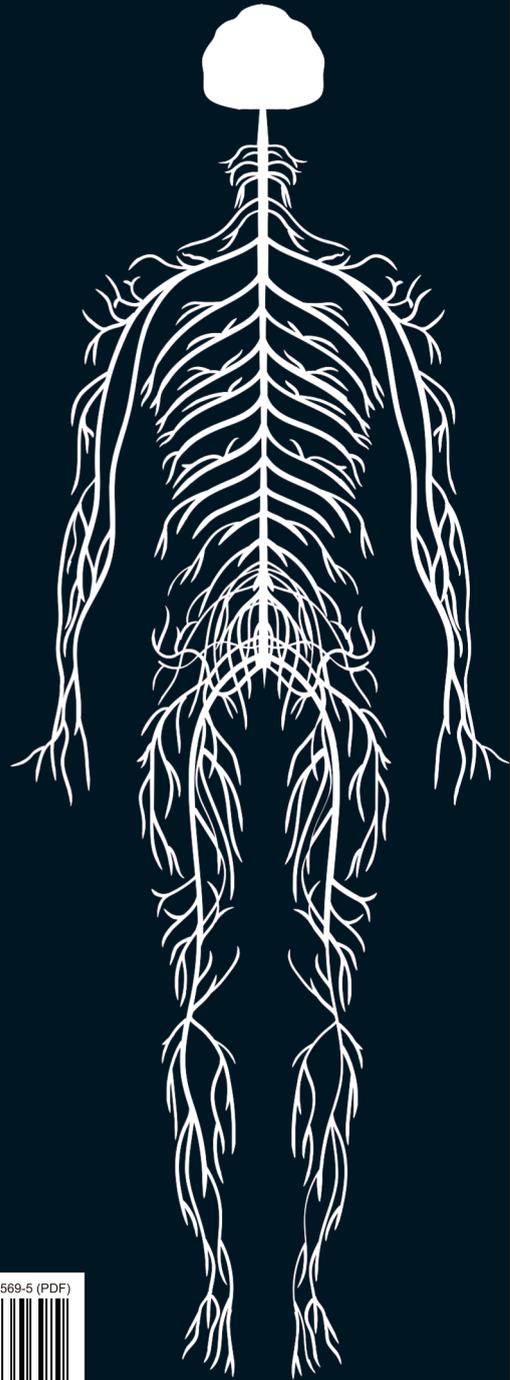
Prasasto Satwiko memperoleh gelar doktor dari Victoria University of Wellington, New Zealand (1999) dan bergabung sebagai pengajar di Jurusan Arsitektur – Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 1984. Selain mengajar, Satwiko aktif menulis buku, membantu sebagai staf ahli di konsultan, dan mempublikasikan hasil riset di jurnal internasional bereputasi. Bidang yang ditekuni meliputi bidang fisika bangunan (akustik, pencahayaan, penghawaan), energi, lingkungan, kecerdasan buatan untuk arsitektur, dan neuroarsitektur.

Sushardjanti Felasari memperoleh gelar doktor dari University of Sheffield, UK dan bergabung sebagai pengajar di Program Studi Arsitektur – Universitas Atma Jaya Yogyakarta sejak tahun 1995. Selain mengajar, Felasari juga melaksanakan penelitian dan pengabdian masyarakat serta mempublikasikan hasil risetnya di berbagai forum dan jurnal baik nasional maupun internasional. Felasari memiliki ketertarikan pada bidang neuroarsitektur dan neurourbanism.

Mutiara Cininta memperoleh gelar master dari University of Sydney, Australia (2019) dan bergabung sebagai pengajar di Departemen Arsitektur – Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2021. Ketertarikannya dalam meneliti tentang lingkungan virtual dikembangkannya dalam klaster penelitian Artificial Intelligence & Neuro Architecture. Selain mengajar, Mutiara juga aktif terlibat dalam

beberapa proyek yang didanai hibah eksternal seperti: pengembangan desain metaverse gamelan (Kedaireka Matching Fund Kementerian Riset dan Teknologi Indonesia, 2022) dan pengembangan platform komunikasi stakeholder pengurangan Risiko Bencana Borobudur (UNESCO Jakarta, 2021). Ia tertarik untuk mempelajari lebih lanjut tentang teknologi dan konservasi warisan dunia secara digital, AR/VR dalam arsitektur, dan neuroarsitektur.

Neuro- Arsitektur



Arsitektur dibentuk melalui imajinasi manusia. Saat arsitektur dibangun, arsitektur membentuk manusia. Saat seseorang berada di suatu tempat, baik itu di sebuah gedung maupun lingkungan perkotaan, ke empat indranya (penglihatan, pendengaran, penciuman, dan peraba) menerima stimuli melalui sensor. Stimuli tersebut dikirim ke otak dan diproses oleh otak untuk membentuk suatu persepsi komprehensif. Persepsi yang dibentuk tersebut merupakan gabungan antara memori masa lampau dan analisis masa kini (juga mungkin proyeksi ke masa depan). Persepsi seseorang terhadap arsitektur nyatanya tidak hanya menyangkut visual (penglihat) seperti yang selalu diasosiasikan saat ini, namun juga audial (pendengar), aroma (pencium), dan termal (peraba). Bahkan indra pencenap pun secara tidak langsung membangun persepsi kita terhadap arsitektur. Menilai arsitektur hanya dari bentuk visualnya merupakan kesalahkaprahan. Hal tersebut telah disadari. Konvensi American Institute of Architects (AIA) tahun 2003 di San Diego mendorong terbentuknya *Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA)* untuk menggali potensi kerjasama dua disiplin, neurosains dan arsitektur. Istilah baru dipopulerkan untuk meringkasnya yaitu *neuroarchitecture* (neuroarsitektur). Buku Neuroarsitektur ini merupakan buku pengantar kepada disiplin baru tersebut secara ringkas. Diharapkan, edisi berikutnya dengan topik beragam akan dipublikasikan secara berkala. Semoga buku ini bermanfaat bagi para mahasiswa arsitektur, pengajar pendidikan arsitektur, dan khalayak umum yang ingin mengenal neuroarsitektur.

Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jl. Babarsari No. 5-6 Yogyakarta 55281
Telp. +62 274 487711
E-mail: lib.publisher@ujay.ac.id

