



**TESIS PERANCANGAN - RA.142561**

# **RUMAH POHON INTERKONEKSI**

**FAJAR DZIKRI HARWIANSYAH**  
3214207015

**DOSEN PEMBIMBING**  
Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD  
Dr. Eng. Dipl. Ing. Sri Nastiti N Ekasiwi, MT

**PROGRAM MAGISTER**  
**BIDANG KEAHLIAN PERANCANGAN ARSITEKTUR**  
**JURUSAN ARSITEKTUR**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2016**



**THESES**

# **INTERCONNECTION IN TREEHOUSE**

**FAJAR DZIKRI HARWIANSYAH**  
3214207015

**SUPERVISOR**  
Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD  
Dr. Eng. Dipl. Ing. Sri Nastiti N Ekasiwi, MT

**MASTER PROGRAMME**  
ARCHITECTURE DESIGN SPECIALIZATION  
ARCHITECTURE DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis Desain ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar  
Magister Arsitektur (M.Ars)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**Fajar Dzikri Harwiansyah**  
**NRP. 3214207015**  
Tanggal Ujian: 13 Juni 2016  
Periode Wisuda: September 2016

Disetujui oleh:



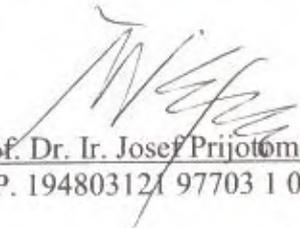
1. Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, Ph.D (Pembimbing 1)  
NIP. 19680425 199210 1 001



2. Dr. Eng. Ir. Dipl. Ing. Sri Nastiti N. Ekasiwi, MT. (Pembimbing 2)  
NIP. 19611129 198601 2 001



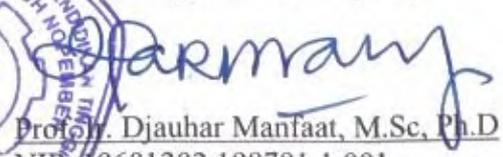
3. Dr. Ir. Murni Rachmawati, MT. (Penguji)  
NIP. 19620608 198701 2 001



4. Prof. Dr. Ir. Josef Prijotomo, M Arch (Penguji)  
NIP. 194803121 97703 1 001



Direktur Program Pascasarjana,

  
Prof. Dr. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19601202 198701 1 001

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN TESIS**

Saya, yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Fajar Dzikri Harwiansyah

NRP Mahasiswa : 3214207015

Program Studi : Magister Perancangan Arsitektur

Jurusan : Arsitektur

Dengan ini saya menyatakan, bahwa isi sebagian maupun keseluruhan proposal tesis saya dengan judul:

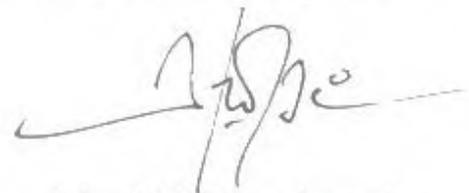
**RUMAH POHON INTERKONEKSI**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah di tulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 13 Juli 2016  
yang membuat pernyataan;



Fajar Dzikri Harwiansyah

NRP : 3214207015

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan desain tesis dengan judul “Rumah Pohon Interkoneksi”. Penyusunan tesis perancangan ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi program Magister Perancangan Arsitektur (S2) pada Program Pascasarjana Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tesis ini merupakan salah satu penelitian di bidang perancangan ruang rumahpohon yang difokuskan pada eksplorasi dengan pendekatan ekologi dan *open building* menggunakan metode desain generatif. Hasilnya adalah Rumah Pohon yang menerapkan konsep Interkoneksi.

Keberhasilan penulis ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis, yang selalu mendoakan dan memberi semangat serta dukungan kepada penulis,
2. Bapak Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, Ph.D, selaku pembimbing I, yang dengan sabar memberi banyak arahan, masukan, kritik dan saran dalam perkembangan tesis desain secara detail,
3. Ibu Dr. Eng. Dipl. Ing. Sri Nastiti N Ekasiwi, MT, selaku pembimbing II yang selalu memberi saran dan konsultasi yang membangun selama proses penyusunan tesis desain ini,
4. Ibu Dr.Ir. Murni Rachmawati, MT dan Bapak Prof. Dr. Ir. Josef Prijotomo, M.Arch, selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang sangat berharga kepada penulis untuk melengkapi desain tesis ini,
5. Teman-teman seluruh prodi S2, khususnya S2 Perancangan Arsitektur yang memberikan dukungan dan semangat serta sebagai tempat bertukar pikiran,
6. LPDP, selaku penyandang dana kegiatan pelaksanaan tesis ini melalui program Beasiswa Tesis dan Disertasi,

Penulis menyadari dalam pembuatan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis memohon kritik dan saran yang membangun untuk kemajuan penulis yang akan datang. Semoga tesis ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi masukan yang berguna untuk penelitian terkait ke depannya.

Surabaya, 28 Juli 2016

Penulis

## RUMAH POHON INTERKONEKSI

Nama mahasiswa : Fajar Dzikri Harwiansyah  
NRP : 3214207015  
Pembimbing : Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD  
Co-Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Dipl. Ing. Sri Nastiti N E, MT

### ABSTRAK

Meningkatnya jumlah penduduk berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan rumah tinggal dan menjadi salah satu penyebab deforestasi di Kota Balikpapan. Berdasarkan pendekatan desain ekologis, objek perancangan yang dipilih adalah rumah pohon yang tetap mempertahankan pepohonan asli dan mempertimbangkan pohon sebagai titik pengembangan rancangan. Masalah perancangan yang muncul dari objek rancangan tersebut ditinjau dari pendekatan *open building* adalah pola eksisting pepohonan dan kebutuhan ruang beraktivitas yang terus berubah sehingga membutuhkan konsep yang mengantisipasi pengembangan hunian di masa mendatang. Rumah Pohon yang menerapkan konsep Interkoneksi diusulkan untuk menjawab permasalahan tersebut.

Metode perancangan yang digunakan pada proses perancangan adalah metode *generative design* dan *design research*. Pada perancangan, rumah pohon harus berintegrasi dengan ekosistem asli yang didominasi oleh pepohonan. Hal tersebut berimplikasi pada penggunaan metode *Generative Design*. Pada tahap awal, Triangulasi Delaunay digunakan dalam proses identifikasi dan perumusan ruang yang terbentuk dari ruang di antara pepohonan. Data hasil observasi kemudian disintesa menjadi parameter yang diaplikasikan menggunakan Diagram Voronoi untuk menghasilkan skematik pola interkoneksi. Pola tersebut dikembangkan dengan metode *Design Research* dari pendekatan desain ekologis, teori *open building*, dan kriteria perancangan untuk mendapatkan hasil yang lebih kongkret.

Hasil yang didapatkan dari penerapan interkoneksi dalam rumah pohon adalah keterhubungan antara sisi-sisi masing-masing unit hunian yang saling berhimpit. Unit hunian yang terbentuk didapatkan dari Diagram Voronoi 3D yang ditetapkan dengan mempertimbangkan titik pohon eksisting, standar kelayakan rumah minimal, dan hasil studi pola ruang pepohonan. Gelembung Voronoi yang terbentuk dibagi menjadi dua titik ketinggian dan memungkinkan interkoneksi pada berbagai sumbu. Dengan Hasil yang diperoleh pada rancangan, konsep interkoneksi dapat diterapkan pada rumah untuk mengantisipasi perubahan kebutuhan penghuni di masa mendatang dan sebagai hasil pertimbangan dari prinsip desain ekologis dan *open building*.

**Kata kunci** : rumah pohon, interkoneksi, voronoi, ekologi, *open building*

# INTERCONNECTION IN TREEHOUSE

Student Name : Fajar Dzikri Harwiansyah  
NRP : 3214207015  
Advisor : Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, PhD  
Co-Advisor : Dr. Eng. Ir. Dipl. Ing. Sri Nastiti N E, MT

## ABSTRACT

The increasing number of population is directly proportional to the increasing need for residential houses and became one of the major causes of deforestation in Balikpapan city. Based on ecological approach, the design of the selected object is a treehouse that retains the original trees and make the tree as a point of design development. Design issues that arise from the design object in terms of building an open approach is the pattern of the existing trees and activities space requirements that constantly changing and thus require a flexible and adaptive concepts in residential development in the future. Treehouse which apply the concept of Interconnection is proposed to solve these problems.

The Design methods used in the design process is generative design and design research. From the criterias, the treehouse must integrate with the natural ecosystems that dominated by trees. So that it is necessary for Delaunay Triangulation to be implemented in identification and formulation of spatial space that formed between the trees. The obtained data will be synthesized into parameters using Voronoi Diagram to generate schematic interconnection pattern. The pattern is developed with design research method by ecological design approach, open building theory, and design criteria to obtain concrete results.

The Results shows that interconnections in the treehouse is the connection between the coinciding side of each dwelling unit upon each other. The formof residential units obtained from the 3-dimensional Voronoi Diagram utilized by considering the point of the existing trees and housing minimum requirements standards. Voronoi bubbles divided into two elevation and enabling the interconnection point on every axis. The results shows interconnection concept can be applied to the house in anticipation of changing residential needs in the future and as a result of the consideration of ecological design and open building.

**Keywords** : treehouse, interconnection, voronoi, ecology, open building

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan Perancangan.....	6
1.3 Tujuan Perancangan.....	6
1.4 Manfaat Perancangan.....	7
1.5 Batasan Perancangan .....	7
BAB 2 .....	9
KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1 Rumah Pohon .....	9
2.1.1 Definisi Rumah Pohon .....	9
2.1.2 Tipologi Platform Rumah Pohon .....	10
2.1.3 Struktur Rumah Pohon .....	12
2.1.4 Arsitektur Pohon .....	15
2.2 Teori Ekologi.....	20
2.3 Perumahan dan Pemukiman .....	23
2.3.1 Pengertian Rumah .....	23
2.3.2 Fungsi Rumah .....	24
2.3.3 Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat.....	25
2.3.4 Standar Kesehatan dan Kenyamanan .....	26
2.3.5 Perumahan .....	28
2.4 <i>Open Building</i> .....	29
2.4.1 Definisi <i>Open Building</i> .....	29
2.4.2 Istilah dalam <i>Open Building</i> .....	29
2.4.3 Konsep ‘ <i>level</i> ’ dalam <i>Open Building</i> .....	30
2.4.4 Hubungan Rumah, Ekologi, dan <i>Open Building</i> .....	32
2.5 Interkoneksi .....	33
2.5.1 Definisi Interkoneksi .....	33
2.5.2 Interkoneksi dalam Perancangan.....	34

2.5.3 Karakter Interkoneksi .....	35
2.6 Desain Generatif ( <i>Generative Design</i> ).....	36
2.6.1 Pemahaman Desain Generatif.....	36
2.6.2 Triangulasi Delaunay.....	37
2.6.3 Diagram Voronoi.....	40
2.6.4 Desain Generatif ( <i>Generative Design</i> ) dalam Arsitektur .....	42
2.7 Sintesa Kajian Pustaka .....	43
2.8 Studi Preseden.....	45
2.8.1 Studi Preseden 1 : Osaka Gas Next 21 .....	45
2.8.2 Studi Preseden 2 : Kitagata Housing .....	49
2.8.3 Studi Preseden Desain Generatif 1 : Vertical Village .....	53
2.8.4 Studi Preseden Desain Generatif 2 : Poreux Tower .....	55
2.9 Sintesa Studi Preseden .....	58
2.10 Aspek Perancangan .....	59
2.11 Kriteria Perancangan.....	60
BAB 3 .....	61
METODOLOGI PERANCANGAN .....	61
3.1 Jenis Permasalahan Perancangan .....	61
3.2 Proses Perancangan.....	62
3.2.1 Kebutuhan ( <i>Need</i> ).....	62
3.2.2 Analisis Masalah ( <i>Analysis of Problem</i> ).....	63
3.2.3 Pernyataan Masalah Perancangan ( <i>Statement of Problem</i> ) .....	64
3.2.4 Menghasilkan Konsep Ide ( <i>Conceptual Design/ Generate ideas</i> ) .....	64
3.2.5 Skema Terpilih ( <i>Selected Schemes</i> ).....	65
3.2.6 Perwujudan Skema Rancangan ( <i>Embodiment of Schemes</i> ).....	65
3.2.7 Evaluasi Hasil Rancangan ( <i>Feedback</i> ).....	65
3.3 Metode Perancangan .....	67
BAB 4 .....	71
KONSEP DAN HASIL RANCANGAN.....	71
4.1 Analisis Lokasi.....	71
4.1.1 Kondisi Fisik dan Geografis .....	72
4.1.2 Kondisi Iklim dan Cuaca Tahunan .....	74
4.1.3 Sintesa Analisis Tapak.....	76
4.2 Analisis Kebutuhan Ruang.....	76
4.2.1 Kajian Aktivitas dan Ruang.....	77
4.2.2 Studi Luas Ruang.....	79
4.2.3 Sintesa Analisis Kebutuhan Ruang Hunian .....	82
4.3 Analisis Pohon Eksisting .....	83
4.3.1 Model Arsitektur Pohon Eksisting.....	84

4.3.2	Eksisting Sebaran Pohon .....	85
4.3.3	Kajian Kekuatan Mekanik Pohon .....	87
4.3.4	Analisa Potensi Ruang di antara Pepohonan.....	89
4.3.5	Identifikasi Pola Pepohonan dengan Triangulasi Delaunay.....	90
4.3.6	Sintesa Analisis Pola Ruang Pepohonan .....	92
4.4	Pengembangan Kriteria Perancangan .....	92
4.5	Hasil Eksplorasi Perancangan.....	94
4.5.1	Perancangan Tapak dan Massa .....	94
4.5.2	Konfigurasi Unit Hunian .....	99
4.5.3	Pengembangan Interkoneksi dan Ruang Hunian .....	111
4.5.4	Sistem Bangunan Rumah Pohon.....	125
4.5.5	Fasilitas Bersama.....	134
4.6	Rangkuman Diskusi Hasil Rancangan terhadap Teori Terkait.....	138
4.7	Inovasi Hasil Rancangan .....	139
BAB 5 .....		143
KESIMPULAN .....		143
5.1	Kesimpulan .....	143
5.2	Saran .....	145
DAFTAR PUSTAKA .....		147
BIOGRAFI PENULIS .....		151

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Proyeksi Tutupan Hutan Pulau Kalimantan tahun 1950-2020.....	1
Gambar 1.2	Skema Alur Pemikiran .....	8
Gambar 2.1	Contoh rumah pohon .....	10
Gambar 2.2	Contoh rumah pohon dengan platform pada percabangan pohon .	11
Gambar 2.3	Contoh rumah pohon dengan platform berada di antara pohon ....	11
Gambar 2.4	Contoh sistem struts untuk menyalurkan beban platform .....	12
Gambar 2.5	Penerapan sistem <i>stilts</i> pada rumah pohon.....	13
Gambar 2.6	Detail sistem <i>stay rods</i> pada rumah pohon.....	13
Gambar 2.7	Sistem <i>Friction</i> pada rumah pohon .....	14
Gambar 2.8	Sistem Tree Attachment Bolt .....	14
Gambar 2.9	Model Arsitektur Pohon .....	15
Gambar 2.10	Pohon Durian dan Pohon Kapur.....	17
Gambar 2.11	Skematik Model Troll dan Pohon Trembesi .....	17
Gambar 2.12	Skema Model Rauh dan Tanaman Runjung.....	19
Gambar 2.13	Skematik Model Massart dan Pohon Meranti .....	19
Gambar 2.14	Diagram <i>environmental level</i> pada open building.....	31
Gambar 2.15	Konsep open building pada level support dan infill.....	32
Gambar 2.16	Ilustrasi Interkoneksi .....	34
Gambar 2.17	Syarat Algoritma Triangulasi Delaunay .....	38
Gambar 2.18	Ilustrasi Segitiga yang Diharapkan pada Triangulasi Delaunay....	38
Gambar 2.19	Optimasi Triangulasi Delaunay.....	39
Gambar 2.20	Penerapan triangulasi delaunay pada objek 3dimensi .....	39
Gambar 2.21	Skema Diagram Voronoi.....	40
Gambar 2.22	Langkah Pembentukan Diagram Voronoi .....	41
Gambar 2.23	Ruang yang terbentuk dengan menggunakan Voronoi 3D.....	42
Gambar 2.24	Osaka Gas NEXT21 .....	45
Gambar 2.25	Konsep Thermal Effect of Greenery .....	46
Gambar 2.26	Denah masing-masing hunian yang berbeda setiap lantai.....	47
Gambar 2.27	Denah kerangka bangunan yang masih kosong dan contoh pengisian partisi pada hunian .....	48
Gambar 2.28	Sistem bangunan yang diterapkan pada Next21 (openbuilding.org)	48
Gambar 2.29	Konsep “3 dimensional street” .....	49
Gambar 2.30	Kitagata Housing .....	50
Gambar 2.31	Modul hunian.....	50
Gambar 2.32	Ilustrasi Konsep Penempatan Hunian.....	51
Gambar 2.33	Fasade Kitagata housing .....	52
Gambar 2.34	Tangga berfungsi sebagai ruang sosial sekaligus sirkulasi .....	52
Gambar 2.35	Vertical Village .....	53
Gambar 2.36	Proses pengaturan parameter dan penerapan voronoi .....	54

Gambar 2.37	Tahap <i>form generating</i> menggunakan diagram voronoi 3D.....	55
Gambar 2.38	Diagram sistem struktur dan penyediaan sirkulasi .....	55
Gambar 2.39	Skyscraper Poreux .....	56
Gambar 2.40	Penerapan Voronoi dalam pemetaan node kegiatan utama kota ...	56
Gambar 2.41	Sistem Sirkulasi dalam frame struktur .....	57
Gambar 2.42	Komparasi sistem struktur baru dengan sistem struktur konvensional .....	57
Gambar 3.1	Model Proses Desain menurut M J French .....	62
Gambar 3.2	Adaptasi model rancang M J French pada proses perancangan ....	66
Gambar 3.3	Penerapan metode <i>generative design</i> dan <i>design research</i> pada proses perancangan .....	67
Gambar 3.4	Proses Triangulasi titik pohon untuk menemukan pola geometri yang terbentuk diantara pohon.....	68
Gambar 3.5	Proses Pembentukan Bentuk dari Diagram Voronoi 3dimensi.....	69
Gambar 3.6	<i>Design research</i> yang dilakukan oleh Stony dan Mitchell .....	69
Gambar 4.1	Lokasi Tapak di jalan MT Haryono Balikpapan.....	71
Gambar 4.2	Foto Eksisting Lokasi Perancangan .....	72
Gambar 4.3	Peta Topografi Balikpapan .....	73
Gambar 4.4	Grafik Temperatur Tahunan Kota Balikpapan .....	74
Gambar 4.5	Grafik curah hujan kota Balikpapan (climatedata.org).....	75
Gambar 4.6	Fisik Batang Pohon Meranti .....	84
Gambar 4.7	Ilustrasi Titik pohon eksisting terhadap Lokasi Tapak .....	87
Gambar 4.8	Hasil pemetaan Titik pohon eksisting.....	87
Gambar 4.9	Pola Pertumbuhan Pohon Meranti dan Ruang di antara Pohon dari sumbu X dan Y (horizontal) .....	89
Gambar 4.10	Pola Pertumbuhan Pohon Meranti dan Ruang di antara Pohon pada sumbu Z (vertikal).....	89
Gambar 4.11	Algoritma Triangulasi Delaunay; Hasil Penerapan Traingulasi pada titik pohon eksisting .....	90
Gambar 4.12	Penerapan triangulasi Delaunay pada titik pohon eksisting .....	91
Gambar 4.13	Pertimbangan cahaya matahari agar menjangkau bawah hunian ..	95
Gambar 4.14	Skematik Penempatan Blok Massa Unit Hunian pada Tapak .....	96
Gambar 4.15	Skematik penempatan area parkir plaza, dan ruang terbuka.....	96
Gambar 4.16	Layout Plan Tapak .....	97
Gambar 4.17	Site Plan .....	98
Gambar 4.18	Pola Voronoi berdasarkan titik pohon .....	100
Gambar 4.19	Algoritma yang diterapkan pada titik parameter .....	101
Gambar 4.20	Penerapan titik perpotongan diagram voronoi 2D menjadi titik voronoi 3D pada sumbu X, Y, Z.....	101
Gambar 4.21	Aturan yang diterapkan untuk mengatur posisi titik.....	102
Gambar 4.22	Tahapan ' <i>form generating</i> ' dengan diagram voronoi 3D .....	102

Gambar 4.23	Bentuk Interkoneksi Hunian berdasarkan satu titik voronoi .....	103
Gambar 4.24	Ilustrasi Potongan skema konfigurasi Interkoneksi alternatif A .	103
Gambar 4.25	Alternatif A: potongan denah sel voronoi untuk pembagian masing-masing unit hunian pada ketinggian yang berbeda.....	104
Gambar 4.26	Alternatif B: bentuk skematik pola interkoneksi berdasarkan dua titik ketinggian .....	105
Gambar 4.27	Ilustrasi Potongan skema Interkoneksi alternatif B .....	105
Gambar 4.28	Alternatif B: potongan denah sel voronoi untuk pembagian masing-masing unit hunian pada ketinggian yang berbeda.....	106
Gambar 4.29	Tahapan <i>feedback</i> pada proses perancangan .....	107
Gambar 4.30	Ilustrasi penerapan massa terpilih pada pohon eksisting.....	110
Gambar 4.31	Layout Plan Skematik.....	111
Gambar 4.32	Potongan Skematik Unit Hunian .....	111
Gambar 4.33	Hasil Eksplorasi Bentuk Unit Hunian .....	112
Gambar 4.34	Ilustrasi Interkoneksi pada Denah rumah pohon elevasi +4.00 dan elevasi +7.00; Ilustrasi interkonesksi 3D .....	113
Gambar 4.35	Skematik Konsep Interkoneksi dan Pengembangan Unit Hunian	114
Gambar 4.36	Ilustrasi interkoneksi berdasarkan bentuk ruang hunian .....	115
Gambar 4.37	Layout Plan konfigurasi rumah pohon (elevasi +4.00) dan skematik interkoneksi .....	116
Gambar 4.38	Layout Plan konfigurasi rumah pohon (elevasi +7.00) dan skematik interkoneksi .....	117
Gambar 4.39	Rekomendasi Zonasi dan pengembangan Hunian.....	118
Gambar 4.40	Skematik Superimposisi layout plan konfigurasi hunian .....	119
Gambar 4.41	Posisi hunian pada Layout dan Denah Hunian.....	120
Gambar 4.42	Aksonometri Hunian .....	120
Gambar 4.43	Contoh unit hunian untuk penghuni single.....	120
Gambar 4.44	Posisi hunian pada Layout.....	121
Gambar 4.45	Denah.....	121
Gambar 4.46	Aksonometri Hunian .....	122
Gambar 4.47	Contoh unit hunian untuk penghuni pasangan .....	122
Gambar 4.48	Posisi hunian pada Layout dan Denah.....	123
Gambar 4.49	Aksonometri Hunian .....	123
Gambar 4.50	Contoh unit hunian untuk penghuni keluarga inti kecil .....	123
Gambar 4.51	Ilustrasi Sistem struktur <i>friction system</i> terhadap pohon.....	126
Gambar 4.52	Skematik sistem struktur terhadap pohon.....	127
Gambar 4.53	Skematik Penempatan Rangka Struktur antara pohon eksisting.	127
Gambar 4.54	Rangka Rumah Pohon dan Platform Unit Hunian .....	128
Gambar 4.55	Skematik Rancangan Struktur dan Platform Rumah Pohon.....	128
Gambar 4.56	Ilustrasi Fasade Salah Satu Unit Hunian .....	131
Gambar 4.57	Perspektif mata normal.....	132

Gambar 4.58	Skematik potongan posisi shaft pada rumah pohon.....	133
Gambar 4.59	Skematik layout penempatan utilitas pada rumah pohon .....	134
Gambar 4.60	Skematik Pertimbangan cahaya matahari agar menjangkau ruang bawah hunian .....	135
Gambar 4.61	Keyplan unit yang difungsikan sebagai Ruang Bersama.....	136
Gambar 4.62	Unit yang difungsikan sebagai Ruang Publik.....	136
Gambar 4.63	Ruang Bawah Rumah Pohon Interkoneksi sebagai Ruang Publik .....	137

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Kepadatan penduduk dan tutupan hutan tiap propinsi di Indonesia.....	2
Tabel 2.1	Kebutuhan Luas Minimum Bangunan Rumah Sederhana Sehat .....	25
Tabel 2.2	Sintesa Kajian Pustaka .....	43
Tabel 2.3	Lanjutan Sintesa Kajian Pustaka .....	44
Tabel 2.4	Sintesa Studi Kasus aspek Ekologis, <i>Open Building</i> , dan Ruang Publik .....	58
Tabel 2.5	Sintesa Studi Preseden Penerapan Desain Generatif.....	58
Tabel 4.1	Studi aktivitas dalam rumah berdasarkan waktu.....	78
Tabel 4.2	Studi Standar Ruang Bersama.....	79
Tabel 4.3	Studi Luas Ruangan .....	80
Tabel 4.4	Lanjutan Studi Luas Ruangan .....	81
Tabel 4.5	Tabel Standar Kebutuhan Masing-masing Ruang pada Hunian .....	82
Tabel 4.6	Analisa Kebutuhan Luas Ruang Bersama.....	83
Tabel 4.7	Data Koordinat Titik Pohon .....	86
Tabel 4.8	Pengembangan Kriteria Perancangan.....	93
Tabel 4.9	Evaluasi Alternatif Hasil Rancangan .....	108
Tabel 4.10	Lanjutan Evaluasi Alternatif Hasil Rancangan .....	109
Tabel 4.11	Penyesuaian Hasil Rancangan dengan Teori pada Kajian Pustaka..	138
Tabel 4.12	Penyesuaian Hasil Rancangan dengan Teori pada Kajian Pustaka..	139
Tabel 4.13	Inovasi Hasil Rancangan .....	140

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

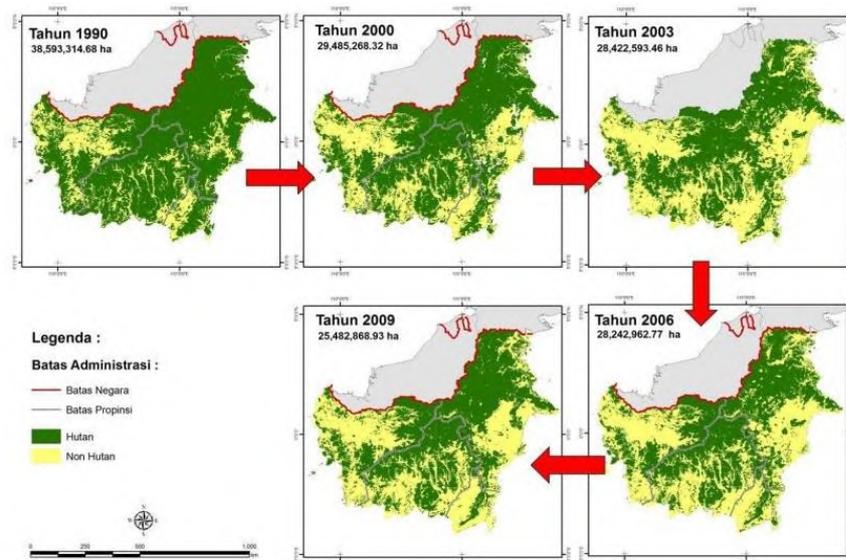
# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pulau Kalimantan merupakan salah satu paru-paru dunia karena memiliki luas hutan sekitar 40,8 juta hektar. Namun dalam kurun waktu 10 tahun saja, luas tutupan hutan ini telah mengalami penurunan sekitar 40% (Profauna Indonesia, 2014). Data yang dirilis Departemen Kehutanan juga menunjukkan bahwa angka deforestasi di Kalimantan pada tahun 2000 sampai dengan 2005 mencapai sekitar 1,23 juta hektar. Artinya, sekitar 673 hektar hutan di Kalimantan mengalami deforestasi setiap harinya pada periode tersebut. Luas hutan di seluruh provinsi yang ada di Kalimantan kini tersisa 25,5 juta di tahun 2010, menempatkan Kalimantan sebagai peringkat pertama pulau dengan laju deforestasi tercepat di Indonesia (Departemen Kehutanan, 2006).

Provinsi Kalimantan Timur adalah provinsi dengan luas tutupan hutan paling besar di Indonesia. Luas tutupan hutan Kalimantan Timur pada 2006 adalah sebesar 13,6 juta hektar dan pada 2011 telah berkurang menjadi 12,7 juta hektar (Pemprov Kalimantan Timur, 2013). Artinya, dalam kurun waktu 5 tahun, hutan seluas 0,9 juta hektar atau setara 1.100.000 lapangan bola telah hilang.



Gambar 1.1 Proyeksi Tutupan Hutan Pulau Kalimantan tahun 1950-2020 (journals.plos.org)

Pertumbuhan kepadatan penduduk merupakan salah satu penyebab deforestasi, khususnya di Indonesia (Fraser, 1996). Pernyataan tersebut didukung oleh data yang menunjukkan bahwa semakin tinggi angka kepadatan penduduk sebuah provinsi di Indonesia, maka luas tutupan hutannya semakin kecil (Tabel 1.1). Data pada tabel menunjukkan bahwa pada setiap 1% kenaikan penduduk (kenaikan penduduk pulau-pulau di luar pulau Jawa adalah 3%) terjadi penurunan kira-kira 0,3% tutupan hutan. Keseluruhan penurunan luas tutupan hutan setiap tahun adalah 1%. Namun penjelasan lain mengemukakan fakta lain bahwa di pulau-pulau selain pulau Jawa mengalami deforestasi akibat pertumbuhan kepadatan penduduk.

Tabel 1.1 Kepadatan penduduk dan tutupan hutan tiap propinsi di Indonesia

Propinsi	Kepadatan Penduduk (orang/km <sup>2</sup> )	Total Tutupan Hutan (%)
Irian Jaya	4	84
Kalimantan Timur	6	85
Kalimantan Tengah	7	73
Kalimantan Barat	18	59
Sulawesi Tengah	20	64
Maluku	22	81
Riau	25	62
Sulawesi Tenggara	27	65
Jambi	29	52
Bengkulu	42	57
Sumatra Selatan	45	33
DI Aceh	50	79
Kalimantan Selatan	58	49
Sumatra Barat	84	61
Sulawesi Utara	85	60
Sulawesi Selatan	101	46
Sumatra Utara	123	39
Lampung	145	18
Jawa Timur	632	23
Jawa Barat	680	17
Jawa Tengah	760	15

Sumber: (Fraser, 1996)

Balikpapan sebagai salah satu kota terbesar di Kalimantan Timur juga mengalami penurunan luas tutupan hutan akibat kegiatan deforestasi yang dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduknya. Balikpapan memiliki penduduk sekitar 668.070 jiwa, atau merupakan 22% dari keseluruhan penduduk Kalimantan timur. Pada akhir tahun 2013, jumlah penduduk mencapai 668.070 jiwa dengan jumlah pendatang selama tahun 2012 sebanyak 21.486 jiwa.

Berdasarkan pertumbuhan penduduk yang disebabkan jumlah pendatang yang tinggi, pada tahun 2015 jumlah penduduk Balikpapan diprediksi meningkat menjadi 825.275 jiwa dan pada tahun 2033 diprediksi mencapai angka 1.102.366 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 2.190 jiwa/km<sup>2</sup> (BPS, 2013).

Jumlah penduduk berdampak pada bertambahnya kebutuhan rumah tinggal dan menjadi salah satu penyebab deforestasi di Balikpapan. Pemerintah Kota Balikpapan juga telah melakukan revisi Rencana Tata Ruang dan Tata Wilayah (RTRW) kota Balikpapan periode 2012-2032. Beberapa perubahan yang dilakukan adalah perubahan dari daerah ruang terbuka hijau untuk penambahan kawasan pemukiman. Dampak negatif perubahan dan pembangunan terlihat dari data BPS yang menunjukkan bahwa luas kawasan hutan di Balikpapan mengalami penyusutan drastis disebabkan pembukaan lahan baru untuk pembangunan industri dan pemukiman.

Perkembangan kota yang meliputi pembangunan pemukiman tidak hanya berperan sebagai konstruksi fisik, estetika, dan manifestasi dari kekuatan ekonomi saja, tetapi juga sebagai penyedia habitat bagi manusia dan ekosistem di sekitarnya (Hough, 1995). Salah satu penyebab laju deforestasi adalah bertambahnya kepadatan penduduk yang mengakibatkan maraknya pembangunan pemukiman namun kurang mempertimbangkan aspek ekologis dan cenderung menjadikan lingkungan hanya sebatas komponen fisik tempat bangunan tersebut didirikan. Dalam pendekatan desain ekologi, lingkungan harus dianggap sebagai sistem yang lebih inklusif, meliputi tidak hanya lingkungan fisik (anorganik), tetapi juga lingkungan biologis (organik). Bangunan yang ekologis adalah struktur yang dirancang untuk menciptakan dan mempertahankan hubungan yang saling menguntungkan dengan semua elemen ekologi setempat, ekologi lokal sebuah bangunan, atau lingkungan, unsur-unsur fisik dan biologis, dan interaksi antar komponen di dalamnya (Yeang, 2006).

Objek perancangan yang dipilih berdasarkan pendekatan ekologi adalah rumah pohon. Rumah pohon diusulkan sebagai alternatif hunian pada area pemukiman yang kondisi eksistingnya masih berupa hutan kota di Balikpapan. Rumah pohon didefinisikan sebagai sebuah struktur/platform yang dibangun di atas, melingkar, atau di sekitar pohon yang berinteraksi dengan, dan bergantung

pada pohon yang berperan sebagai struktur (Sanchez, 2007). Ditinjau dari pendekatan ekologi, rancangan rumah pohon harus meminimalkan dampak kerusakan pada pohon serta ekosistem di atas tanah di antara pepohonan. Platform rumah pohon tidak dapat dibangun tanpa keberadaan pohon sebagai respon rancangan untuk menjaga ekosistem yang dipenuhi pepohonan itu sendiri agar keberadaannya tetap dipertahankan. Diharapkan setiap hunian baru yang dibangun pada lokasi yang berupa hutan kota harus mempertahankan dan memperhitungkan pohon eksisting di sekitarnya sebagai bagian dari perancangan serta sebagai respon untuk memenuhi kebutuhan pemukiman sekaligus tetap mempertahankan ekosistem asli pada lahan.

Sesuai konteks hutan kota di Balikpapan ditinjau dari pendekatan *open building*, kebutuhan untuk mengakomodasi aktivitas rumah yang terus berkembang menjadi isu perancangan rumah pohon yang penting. Pengembangan unit hunian yang dapat berubah dan berkembang/tumbuh menjadi aspek yang diperhatikan karena terkait dengan kebutuhan kehidupan penghuni yang akan berubah maupun bertambah di masa mendatang. Ekosistem pepohonan yang membentuk ruang secara alami juga menjadi isu perancangan yang penting untuk diselesaikan agar bagaimana rumah pohon yang diusulkan mampu beradaptasi dengan bentuk lingkungan dan kebutuhan penghuni yang selalu berubah di masa mendatang.

Berdasarkan analisis tersebut, konsep interkoneksi diterapkan pada hunian rumah pohon untuk menyelesaikan masalah perancangan. Interkoneksi yang dimaksud adalah kemampuan rumah pohon untuk secara fisik membentuk sebuah jaringan hunian di dalam ruang yang terbentuk di antara pepohonan. Hubungan fisik tersebut terbentuk secara langsung dari pertemuan masing-masing sisi yang berhimpit/menempel dari masing-masing unit hunian. Masing-masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain melalui pola hubungan yang akan dirancang berdasarkan titik-titik pepohonan eksisting. Dengan menjadikan titik pohon eksisting sebagai acuan rancang, bentuk unit hunian rumah pohon dikembangkan menggunakan metode generatif desain agar konfigurasi pepohonan eksisting dapat dirumuskan dan mendapatkan bentuk ruang rumah pohon yang paling maksimal dalam menempati ruang di antara pepohonan. Eksplorasi rumah

pohon interkoneksi yang dilakukan dengan pendekatan *open building* untuk menjawab masalah perancangan. Dasar menjadikan *open building* sebagai pendekatan adalah untuk menghasilkan rancangan yang responsif terhadap kebutuhan penghuninya baik di masa sekarang maupun di masa mendatang karena bangunan yang dirancang dengan pendekatan *open building* mampu mengakomodasi peluang terjadinya perubahan (Kendall, 2002).

Beberapa objek rancang sejenis yang sudah ada, menjadikan rumah pohon bukan sebagai hunian melainkan sebagai tempat rekreasi/hotel. Contoh studi kasus pada Treetop Cabin Hotel di Swedia oleh Arsitek Cyrén & Cyrén, objek ini menjadikan pohon hanya sebagai elemen struktural untuk mendirikan platformnya. Pada rancangan Baumraum di Berlin, rumah pohon berfungsi sebagai hunian, namun rumah pohon tidak dipersiapkan untuk mengalami perubahan di masa mendatang, dan pohon tidak berperan struktural. Perbedaan mendasar antara contoh kasus tersebut dengan rumah pohon interkoneksi terdapat pada perlakuan pohon sebagai aspek yang dipertimbangkan dalam pengembangan rancangan hunian sebagai respon terhadap prinsip desain ekologis sertaantisipasi potensi perubahan yang tidak terduga di masa mendatang dengan menerapkan prinsip *open building*. Pada penerapan *open building* di hunian Next21 di Osaka dan Kitagata Housing, konsep interkoneksi tidak disebutkan secara eksplisit, melainkan secara prinsip *open building* dimana masing-masing hunian dapat membentuk hubungan dan jaringan secara vertikal dan horizontal sesuai dengan kebutuhan penghuninya.

Aspek keterbaruan pada perancangan ini terdapat pada konsep interkoneksi yang diterapkan pada objek rumah pohon. interkoneksi dikembangkan dengan pendekatan prinsip desain ekologis dan *open buliding* agar dapat berintegrasi dengan pohon eksisting dengan tetap meminimalkan dampak terhadap lingkungan dan mengantisipasi perubahan maupun penambahan kebutuhan ruang bagi penghuni di masa mendatang.

## 1.2 Permasalahan Perancangan

Deforestasi pada konteks hutan kota Balikpapan yang disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan pemukiman menjadi isu yang melatarbelakangi tesis perancangan ini. Rumah pohon sebagai hunian diusulkan untuk menjawab isu tersebut. Hal ini berimplikasi pada pemilihan metode yang tepat untuk dapat mengidentifikasi pola pepohonan yang terjadi. Secara ekologis, keberadaan rumah pohon harus meminimalisir dampak yang ditimbulkan terhadap pohon asli beserta ekosistem di sekitarnya. Masalah lain timbul dari keterbatasan lahan akibat rapatnya ruang di antara pohon sehingga harus memaksimalkan ruang yang terbentuk. Ditinjau dari pendekatan *open building*, rumah pohon harus mampu mengakomodasi berbagai jenis aktivitas secara layak, dan dapat mengakomodasi potensi perubahan maupun penambahan kebutuhan ruang di masa mendatang. Dari alur pemikiran tersebut (Gambar 1.2), konsep interkoneksi diusulkan untuk menjawab permasalahan perancangan. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, masalah perancangan yang diangkat adalah:

1. Bagaimana rancangan rumah pohon yang berintegrasi dengan pepohonan hutan kota Balikpapan ditinjau dari pendekatan desain Ekologis guna meminimalkan dampak pada pohon dan ekosistem aslinya?
2. Bagaimana penerapan paling optimal pola Interkoneksi pada rumah pohon yang memanfaatkan ruang di antara pepohonan eksisting yang dieksplorasi menggunakan pendekatan *Open Building* untuk mengantisipasi perubahan pola pepohonan dan kebutuhan aktivitas penghuninya di masa mendatang?

## 1.3 Tujuan Perancangan

Perancangan dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mendapatkan parameter dari sintesa hasil studi mengenai karakteristik, konfigurasi, pola, dan ruang yang terbentuk pada pepohonan eksisting.
2. Mendapatkan hasil rancangan skematik rumah pohon yang berintegrasi dengan ruang di antara pepohonan pada konteks hutan kota di Balikpapan yang ditinjau dari pendekatan desain Ekologis.

3. Mendapatkan rancangan skematik konfigurasi interkoneksi paling optimal diterapkan pada rumah pohon yang dikembangkan dari pendekatan *Open Building*.

#### **1.4 Manfaat Perancangan**

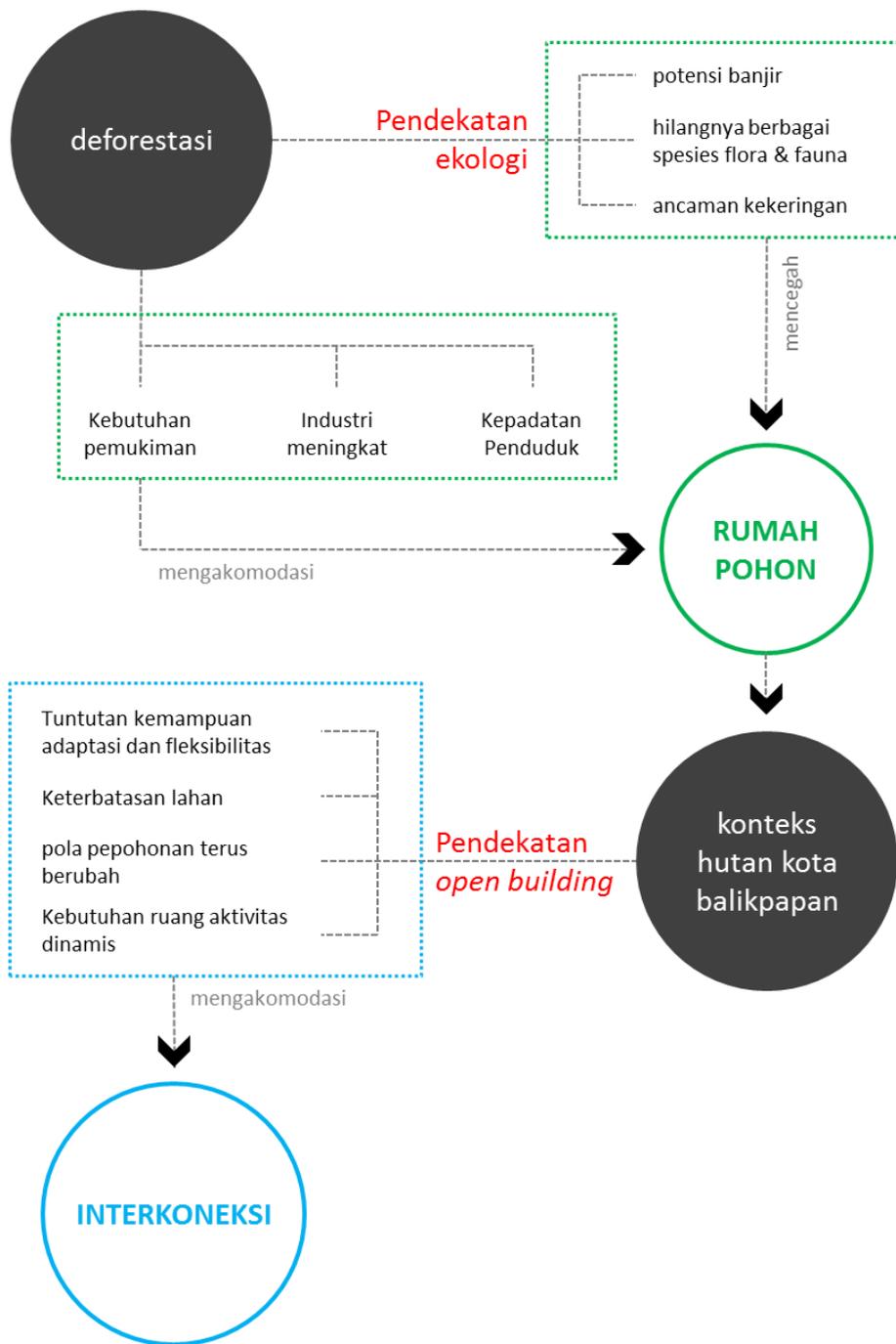
Perancangan ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis sebagai berikut:

1. Manfaat praktis bagi para praktisi adalah untuk mendapatkan referensi rancangan rumah pohon sebagai alternatif pada perancangan hunian yang didapatkan berdasarkan prinsip desain ekologi.
2. Manfaat teoritis bagi akademisi dari perancangan ini adalah untuk memperkaya ruang lingkup eksplorasi mengenai *Open Building* yang diterapkan dalam rumah pohon.

#### **1.5 Batasan Perancangan**

Batasan-batasan perancangan ini adalah:

1. Eksplorasi rancang difokuskan pada penerapan konsep interkoneksi pada rumah pohon.
2. Perancangan yang dilakukan pada rumah pohon menerapkan konsep interkoneksi dengan pendekatan desain ekologis dan *open building*.
3. Lokasi perancangan terikat konteks hutan kota di Balikpapan.
4. Ruang lingkup hunian ditujukan untuk penghuni lajang, pasangan, dan keluarga inti kecil dengan tingkat ekonomi menengah.



Gambar 1.2 Skema Alur Pemikiran

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Rumah Pohon**

##### **2.1.1 Definisi Rumah Pohon**

Rumah pohon didefinisikan sebagai sebuah struktur/platform yang dibangun di atas, melingkar, atau di sekitar pohon yang berinteraksi dengan, dan bergantung pada pohon yang berperan sebagai struktur. Rumah pohon terdiri dari platform beratap untuk membentuk ruang yang terlindung sepenuhnya tertutup atau terbuka sebagian sebagai bentuk perlindungan dari elemen-elemen di sekitarnya (Fulton, 2015).

Berdasarkan hasil kajian beberapa sumber literatur mengenai rumah pohon, masih terdapat beberapa perbedaan pendapat mengenai definisi dan batasan kategori untuk mendefinisikan rumah pohon atau bukan rumah pohon. Pada tesis perancangan ini, hutan kota di Balikpapan menjadi lokasi terpilih sebagai konteks objek perancangan rumah pohon yang menerapkan konsep interkoneksi.

Penjelasan objek rumah pohon yang dimaksud diharuskan memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dapat didefinisikan sebagai rumah pohon, yaitu:

1. Rumah tidak didukung tanah sepenuhnya.

Tidak hanya berdiri di sekitar atau di antara pohon tanpa ada interaksi dengan pohon.

2. Pohon bersifat struktural

Tidak dapat berdiri jika keberadaan pohon telah hilang karena pohon juga menjadi bagian atau bersifat struktural.

3. Objek berupa Lindungan

Memiliki elemen arsitektural yang berfungsi sebagai lantai, dinding, dan atap yang tertutup secara fisik untuk melindungi, dan membatasi kontak dengan gangguan dari lingkungan sekitar.

### 2.1.2 Tipologi Platform Rumah Pohon

Beberapa tipologi rumah pohon yang sudah ada berdasarkan beberapa sumber adalah sebagai berikut:

#### 1. Melingkar pada pohon

Batang utama pohon berperan sebagai satu-satunya struktur. Tipologi rumah pohon ini menghasilkan beban yang besar kepada batang pohon sehingga kecenderungan tipe pohon yang dapat diaplikasikan bentuk ini adalah pohon yang memiliki dimensi batang sedang hingga besar (diameter lebih dari 90cm) dan jenis kayu dengan kekerasan tertentu. Jenis pohon yang sesuai adalah yang pola pertumbuhan percabangannya dalam satu aksis sehingga memberikan banyak ruang untuk membangun platform melingkari batang utama pohon tersebut.



Gambar 2.1 Contoh rumah pohon (telegraph.co.uk)

#### 2. Pada percabangan pohon

Platform berada tepat di atas cabang utama pohon dan memanfaatkan sela pada percabangan sebagai ruang. Tipologi rumah pohon ini menghasilkan beban yang besar bukan hanya kepada batang utama pohon tetapi juga cabang-cabang primer pohon. Kecenderungan tipe pohon yang dapat diaplikasikan bentuk ini adalah pohon yang memiliki dimensi batang besar dan cabang bevolume besar untuk dapat menyokong berdirinya rumah pohon di atasnya. Pada rumah pohon dengan tipologi ini, percabangan pohon memiliki potensi besar untuk menjadi pertimbangan utama dalam merancang rumah pohon karena ruang yang terbentuk pada percabangan pohon itu sendiri.



Gambar 2.2 Contoh rumah pohon dengan platform pada percabangan pohon (canopyandstar.co.uk)

3. Di antara dua pohon atau lebih

Platform berada di antara batang utama pohon dan memanfaatkan ruang yang terbentuk di antara pohon. Tipologi rumah pohon ini tepat diaplikasikan pada kondisi lahan eksisting yang berupa pepohonan yang masih cukup rapat. Platform rumah pohon ini membagi beban ke beberapa pohon disekitarnya agar dapat berdiri.

Kecenderungan jenis pohon yang menghasilkan tipologi ini adalah pohon dengan pola tumbuh aksis vertikal dengan percabangan di ujung untuk memberikan ruang optimal di antara pohon, selain itu jenis pohon yang bisa diaplikasikan untuk rumah pohon ini tidak harus memiliki batang besar karena pembebanan yang diberikan relatif lebih kecil disebabkan sistem pembagian beban ke beberapa pohon namun jarak antar pohon harus cukup rapat.



Gambar 2.3 Contoh rumah pohon dengan platform berada di antara pohon (weburbanist.com)

Berdasarkan data yang diambil dari berbagai sumber literatur, beberapa tipologi rumah pohon yang sudah ada sebelumnya diklasifikasikan menjadi 3 jenis ditinjau dari posisi platform/struktur rumah pohon tersebut bergantung pada pohon di sekitarnya. Kajian terhadap tipologi rumah pohon ini bermanfaat sebagai dasar analisis dan paradigma merancang dalam dengan kajian bentuk pohon yang sesuai dengan kondisi eksistng yang akan berpengaruh ada tahap perancangan selanjutnya.

### 2.1.3 Struktur Rumah Pohon

Beberapa sistem yang diterapkan untuk membangun dan menyokong platform rumah pohon adalah sebagai berikut:

#### 1. Sistem *Struts*

Sistem *Struts* digunakan untuk menyalurkan beban platform pada batang utama pohon di bagian bawah dengan menggunakan kuda-kuda. Sistem ini digunakan dengan kecenderungan batang pohon berdimensi besar karena tekanan yang diberikan kepada pohon.



Gambar 2.4 Contoh sistem struts untuk menyalurkan beban platform (inhabitat.com)

#### 2. Sistem *Stilts*

Sistem *stilts* digunakan untuk menyalurkan beban platform pada level ketinggian batang yang lebih rendah atau langsung diteruskan ke tanah. Platform yang didukung oleh *stilts* akan mengurangi beban pada pohon itu sendiri dan

membantu mencegah batang utama pohon mengalami tekanan berlebih, potensi ketegangan, dan kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh lubang tusukan. *Stilts* diteruskan langsung ke dalam tanah. Meskipun tergolong baru, sistem *stilts* dipertimbangkan sebagai cara termudah untuk menyokong platform yang lebih besar, dan juga dapat meningkatkan dukungan struktural dan keamanan.



Gambar 2.5 Penerapan sistem *stilts* pada rumah pohon (inhabitat.com)

### 3. Sistem *Stay Rods*

Digunakan untuk menyalurkan beban platform pada pohon di ketinggian lebih tinggi dengan sistem tarik/gantung. Sistem ini sangat berguna untuk mengontrol gerakan yang disebabkan oleh angin atau pertumbuhan pohon, namun sistem ini kurang sering digunakan, karena batas alami dari sistem. Semakin tinggi elevasi dan semakin ujung cabangnya, maka fleksibilitas pohon terhadap pohon juga semakin besar.



Gambar 2.6 Detail sistem *stay rods* pada rumah pohon (designrulz.com)

#### 4. Sistem *Friction*

Sistem non-invasif yang paling umum untuk mengamankan rumah pohon. Sistem ini tidak menggunakan paku, sekrup dan baut. Gaya gesek dimanfaatkan untuk mencengkeram batang utama pohon sebagai pengikat strukturnya. Keuntungan yang didapat dalam menggunakan sistem ini adalah minimnya tingkat intervensi dan kerusakan yang ditimbulkan pada pohon.



Gambar 2.7 Sistem *Friction* pada rumah pohon (thetreehouseguide.com)

#### 5. Sistem Invasif

Metode invasif adalah semua sistem yang menggunakan paku, sekrup, baut, maupun alat lainnya yang sejenis. Pemasangan sistem ini mengharuskan pembuatan tusukan di pohon sehingga pemasangannya harus direncanakan dengan baik agar meminimalkan stres/tekanan pada pohon. Tidak semua spesies tanaman pohon dewasa dapat menerima tusukan yang sama, tergantung pada jenis saluran getah yang berjalan di bagian empulur atau di kulit. Kini sistem paku umumnya tidak dianjurkan, karena sudah ditemukan sistem baru yang disebut *Treehouse Attachment Bolt (TAB)* dan dapat mendukung beban yang lebih besar.

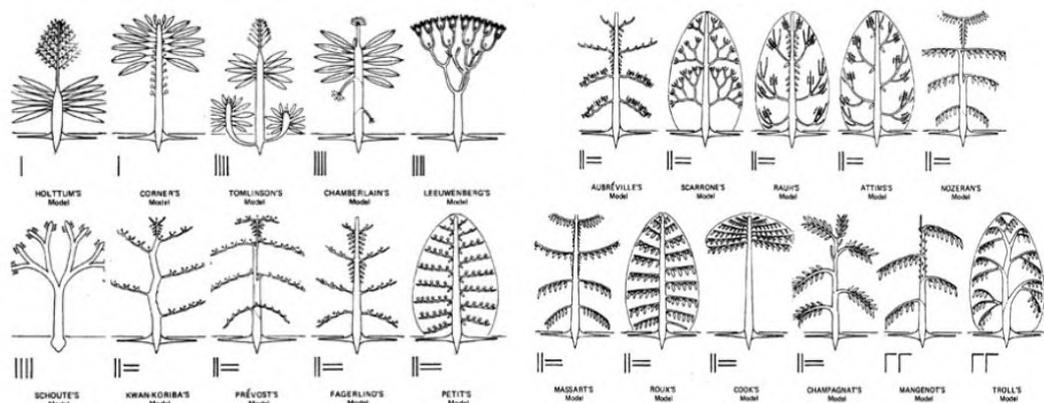


Gambar 2.8 Sistem Tree Attachment Bolt (treehousebydesign.com)

Berdasarkan beberapa referensi dari berbagai sumber, terdapat beberapa teknik yang bisa diunakan untuk mendirikan platform rumah pohon. Masing-masing sistem struktur memiliki kelebihan dan kekurangan. Aspek yang ditinjau adalah kekuatan/daya dukung terhadap platform rumah pohon dan tingkat kerusakan yang ditinggalkan terhadap pohon. Hasil observasi ini dapat digunakan sebagai kerangka kajian dan dasar pemilihan sistem struktur yang paling sesuai dengan kriteria perancangan.

#### 2.1.4 Arsitektur Pohon

Arsitektur pohon adalah hasil dari pertumbuhan yang dilakukan oleh jaringan meristem yang membentuk pola-pola pada percabangan pohon dan pola ini berlanjut dengan pengulangan yang sama (Tomlinson, 1986). Jenis pohon tertentu akan memiliki pola-pola yang tertentu pula dalam pertumbuhan percabangan yang membentuk model-model tertentu. Pohon-pohon pada kelompok biologi yang sama, cenderung memiliki kesamaan dalam bentuk dan pola arsitekturnya. Arsitektur pohon merupakan gambaran morfologi pada suatu waktu yang merupakan suatu fase pada suatu rangkaian seri pertumbuhan pohon yang dapat diamati setiap waktu. Bentuk pertumbuhan menentukan rangkaian fase arsitektur pohon disebut model arsitektur. model arsitektur pohon secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam empat karakteristik utama yang selanjutnya dapat dibedakan lagi menjadi 23 jenis model arsitektur pohon (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Model Arsitektur Pohon (Halle & Oldeman, 1978)

Elemen-elemen dari arsitektur pohon dapat diklasifikasikan berdasarkan bagian-bagian pohon melalui pola pertumbuhan batang, pola percabangan dan arah pertumbuhan cabang, dan pembagian ranting/meristem cabang (Halle & Oldeman, 1978). Berikut adalah penjelasan masing-masing:

#### 1. Pola Pertumbuhan Cabang pada Batang

Berdasarkan pola pertumbuhan cabang pada batang, dua pola pertumbuhan pohon dapat dibedakan sebagai berikut:

- Percabangan Ritmik, apabila beberapa cabang tumbuh pada ketinggian tertentu pada batang pokok secara berulang dan jarak antara kelompok cabang yang satu dengan kelompok cabang berikutnya jelas terlihat.
- Percabangan Kontinu, yaitu apabila satu cabang tumbuh pada ketinggian tertentu pada batang pokok diikuti cabang-cabang lain, demikian seterusnya dan tidak jelas berulangnya.

#### 2. Arah Pertumbuhan Cabang

Berdasarkan arah pertumbuhannya, terdapat dua macam cabang dengan penjelasan sebagai berikut:

- Cabang Ortotropik, arah pertumbuhannya menuju ke atas dan bagian kuncup ujung cabang ataupun ranting tampak menghadap ke atas atau terbentuk berorientasi tumbuh vertikal dan sering tidak berbunga.
- Cabang Plagiotropik, adalah arah pertumbuhannya menuju ke samping dan kuncup ujung menghadap ke samping atau terbentuk berorientasi tumbuh horizontal hingga terkulai ke bawah dan sering menghasilkan bunga.

#### 3. Pembagian Ranting/Meristem Cabang

Berdasarkan pertumbuhan ranting, terdapat dua jenis pembagian yaitu Ortotropik dan Plagiotropik dengan penjelasan sebagai berikut:

- Cabang Simpodial: arah pertumbuhannya terbagi dua atau lebih pada setiap modul atau cabang tumbuh terminal kemudian cabang berikutnya tumbuh pada bagian bawah ujungnya.
- Cabang Monopodial: pertumbuhan cabang terus berlanjut pada satu cabang, tanpa meristem yang terbagi.

Berdasarkan klasifikasinya, pada kawasan Asia Tenggara terdapat 6 kelompok besar pola pertumbuhan pohon yang sering dijumpai (Elveri, 2012). Berikut adalah model dan contoh pohon yang dimaksud:

1. Model Roux

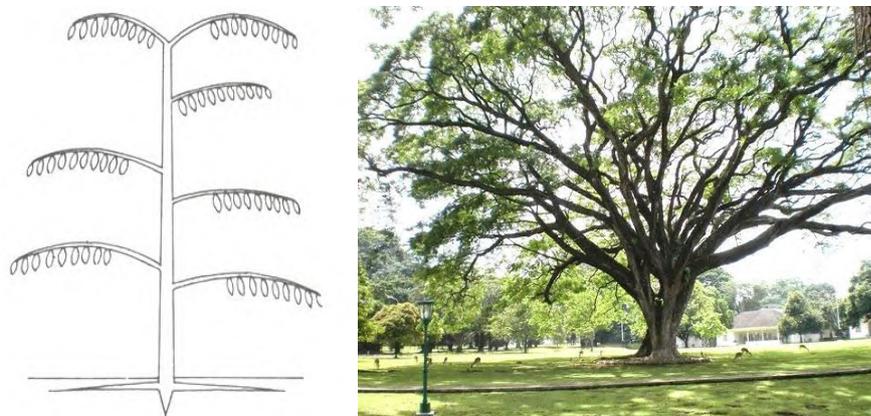
Pertumbuhan meristem batang monopodial ortotropik memperlihatkan pertumbuhan kontinu. Percabangan plagiotropik dan biasanya kontinu. Susunan daun spiral batang tetapi biasanya percabangan memperlihatkan baris yang jelas. Posisi bunga tidak signifikan. Contohnya: *Dryobalanops Sumarensis* (pohon kapur) dan *Durio Zibethinus* (durian).



Gambar 2.10 Pohon Durian dan Pohon Kapur

2. Model Troll

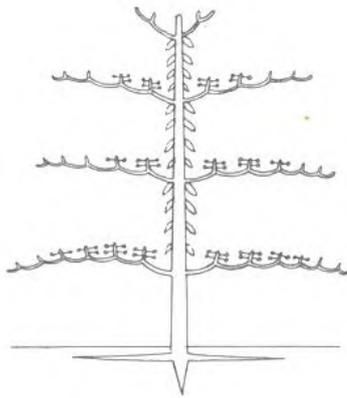
Proses pertumbuhan pohon melibatkan seluruh poros plagiotropik dengan kontinu superposisi. Contoh: *Albizia Lebbeck* (pohon trembesi) dan *Pterocarpus Indicus*.



Gambar 2.11 Skematik Model Troll dan Pohon Trembesi

### 3. Model Aubreville

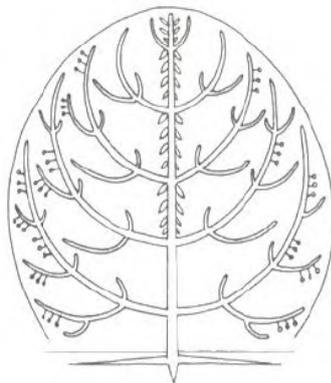
Batang monopodial dengan pertumbuhan yang ritmik, tatasusunan daun spiral atau dekusatus, melahirkan percabangan melingkar dengan filotaksis sama. Percabangan tumbuh ritmik tapi modular, setiap cabang bersifat plagiotropik dengan aposisi. Perbungaan lateral dan mengakibatkan modul pertumbuhan tidak terdefinisi. Contoh: *Camposperma Brevipetiolatum* (pohon karet) dan *Terminalia Catappa* (ketapang).



Gambar 2.10 Skematik Model Aubreville dan Pohon Ketapang

### 4. Model Rauh

Batang monopodial dengan pertumbuhan secara ritmik dan mengakibatkan perkembangan percabangan dimana secara morfologi identik dengan batang. Bunga selalu lateral. Contoh : *Araucaria Cunninghamii* (tanaman runjung) dan *Pinus Merkusii* (pohon pinus).



Gambar 2.13 Skema model Rauh dan tanaman Runjung

5. Model Attim

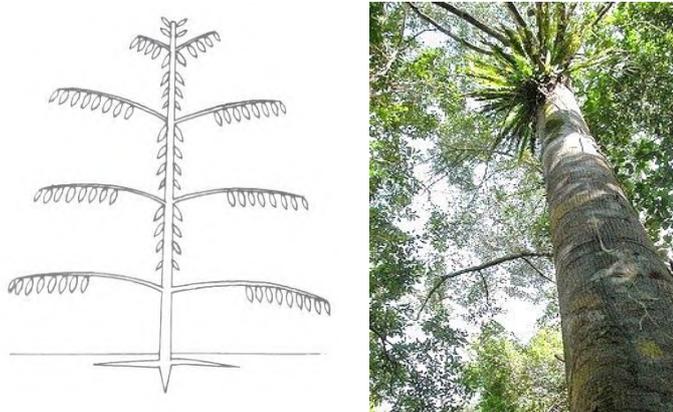
Poros secara kontinu tumbuh, dibedakan menjadi batang monopodial dan percabangan yang ekuivalen. Contoh: *Casuarina Equisetifolia* (pohon cemara) dan *Rhizophora Mucronata* (tanaman mangrove/bakau).



Gambar 2.12 Skema Model Rauh dan Tanaman Runjung

6. Model Massart

Pola pertumbuhan monopodial ortotropik dengan pertumbuhan ritmik dan menghasilkan percabangan yang teratur. Contoh: *Dipterocarpus Costulatus* (keruing) dan *Shorea Ovalis* (meranti).



Gambar 2.13 Skematik Model Massart dan Pohon Meranti

Hutan kota Balikpapan cenderung memiliki spesies pohon yang seragam. Analisis terhadap model pertumbuhan pohon berguna untuk menentukan landasan rancangan rumah pohon menggunakan kriteria yang akan ditetapkan serta mengantisipasi kebutuhan jangka panjang dalam menyesuaikan pola eksisting pepohonan, pengembangan unit hunian, dan kebutuhan aktivitas di dalamnya.

## 2.2 Teori Ekologi

Istilah ekologi pertama kali diperkenalkan oleh *Haeckel*, seorang ahli biologi, pada pertengahan 1860-an. Ekologi berasal dari bahasa Yunani, *oikos* yang berarti rumah, dan *logos* yang berarti ilmu, sehingga secara harafiah ekologi berarti ilmu tentang rumah tangga makhluk hidup (Yeang, 1995). Ekologi bisa berarti hal-hal yang saling mempengaruhi segala jenis makhluk hidup (tumbuhan, binatang, manusia) dan lingkungannya (cahaya, suhu, curah hujan, kelembapan, topografi, dsb). Demikian juga proses kelahiran, kehidupan, pergantian generasi, dan kematian yang semuanya menjadi bagian dari pengetahuan manusia. Proses itu berlangsung terus dan dinamakan sebagai ‘hukum alam’. Secara singkat, Ekologi didefinisikan sebagai ilmu tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya (Yeang, 1995).

Beberapa prinsip fundamental yang krusial untuk merasionalkan pendekatan ekologis kepada desain adalah sebagai berikut:

### 1. Konsep Ekologi dari Lingkungan

Dalam mempertimbangkan objek perancangan yang sedang dikerjakan, perancang dituntut mengembangkan konsepsi tentang lingkungannya dengan konsep lingkungan oleh para ekolog. Pertama, lingkungan dari sebuah sistem yang terbangun harus dilihat secara menyeluruh berdasarkan konteks dimana sistem tersebut berlokasi. Kedua, itu juga ada dalam konteks ekosistem lainnya di bumi. Apabila konsep ekosistem tersebut diaplikasikan terhadap desain, maka lokasi proyek di awal harus dipahami secara holistik oleh perancangan sebagai kesatuan yang terdiri elemen biotik dan abiotik (hidup dan tak hidup) yang berfungsi bersama sebagai suatu keseluruhan untuk membentuk sebuah ekosistem, dan sebelum tindakan manusia dapat dijatuhkan pada lokasi proyek, fitur-fiturnya dan interaksi harus diidentifikasi dan dipahami.

### 2. Konservasi energi, material, dan ekosistem melalui desain

Bumi sendiri adalah sebuah sistem besar tertutup dengan massa terbatas. Semua ekosistem di dalamnya, termasuk semua material, sumber daya energi fosil, secara tidak langsung akan membentuk batasa-batasan dalam aktivitas desain yang dilakukan oleh perancang. Pendekatan secara rasional dalam penggunaan ekosistem di bumi, energi, dan sumberdaya material berimplikasi

pada pendekatan rancang yang sadar terhadap konservasinya. Perancang harus mempetimbangkan kuantitas sumberdaya yang tidak terbarukan yang digunakan dalam pembangunan, operasional, hasil pembuangan dari lingkungan terbangun, dan efisiensi sumberdaya yang dikelola.

### 3. Pendekatan ekosistem kontekstual

Bukan hanya komponen di dalam ekosistem yang berhubungan satu sama lain, ekosistem juga berinteraksi dengan ekosistem yang lain, dan lingkungan berinteraksi dengan lingkungan yang lain. Dalam praktek arsitektur pada umumnya, sebuah lokasi proyek biasanya digambarkan dengan batasan-batasan asli lahannya secara legal, sedangkan dalam sebuah ekosistem pasti terdapat beberapa bangunan sekitar maupun eksisting yang lain. Perancang dituntut berpikir secara luas bahwa lahan sebuah proyek tidak mungkin terisolasi dari lingkungan sekitarnya hanya karena batasan legalnya saja. Sehingga tindakan apapun yang dilakukan pada lahan tersebut akan memberikan konsekuensi secara ekologis baik terhadap lahan itu sendiri, namun juga lahan yang berbatasan, lebih jauh bahkan untuk ekosistem di sekitarnya.

### 4. Lokasi objek perancangan dianalisis secara mandiri

Berasumsi bahwa tidak ada dua makhluk hidup yang sama persis, setiap lokasi/lahan memiliki perbedaan secara ekologis. Perancang harus memiliki pemahaman bahwa sebuah lokasi perancangan berbeda dengan sebuah komoditas komersial yang seragam karena setiap ekosistem memiliki struktur fisik, komposisi organisme, komponen anorganik, dan interaksi yang berbeda dengan ekosistem selainnya.

### 5. Konsep desain mempertimbangkan siklus kehidupan

Interaksi antara ekosistem merupakan proses yang dinamis dan terus berubah sepanjang waktu, idealnya antisipasi atas dampak dan performa dari sistem yang dirancang sepanjang jangka waktu perputaran siklus dari sistem itu sendiri. Dalam pendekatan ekologi, perancang harus (dalam tahap *pre-liminary* desain) memprediksi sejauh mungkin tindakan prinsipal dan aktivitas yang dilakukan telah sesuai dengan putaran siklusnya, serta secara sadar mengantisipasi dampaknya terhadap desain.

6. Bangunan melibatkan pemindahan sebagian ekosistem dan penambahan energi baru dan material terhadap lokasi perancangan

Semua lingkungan terbangun, sebaik apapun desainnya, pasti akan memindahkan sebagian ekosistem yang ditempatinya dan ikut menambah komposisi baru ke lahan dari kehadirannya secara fisik. Komposisi, layout, penggunaan tanah, fisik, dan sistem mekanik harus mempertimbangkan hubungannya dengan komponen ekosistem, pola serta fungsinya.

7. Sistem secara menyeluruh atau pendekatan holistik

Sebuah rancangan harus dilihat dalam konteks sesuai ekosistem yang berjalan sebagai sebuah kesatuan dan bukan sebagai hubungan khusus salah satu komponennya. Hal ini dilakukan karena pengenalan sistem desain ke dalam ekosistem berpengaruh terhadap beberapa aspek ke dalam ekosistem. Pendekatan ekosistem adalah pendekatan yang menyeluruh/ holistik.

8. Masalah produk limbah buangan

Ekosistem memiliki kemampuan untuk menerima intervensi manusia dalam jumlah tertentu. Walaupun begitu tetap ada batasan dimana ekosistem tidak mampu lagi memperbaiki diri dan menjadi rusak akibat intervensi yang dilakukan, sehingga dalam perancangannya, ada tujuan desain yang ditentukan di awal untuk memastikan bahwa dalam ekosistem tidak ada yang secara permanen rusak akibat tindakan yang dilakukan pada proses pembangunan, maupun aktivitas setelahnya.

Berdasarkan kajian terhadap teori Ekologi, pendekatan desain ekologis tidak berarti bahwa seluruh lingkungan asli harus dipertahankan sepenuhnya dari campur tangan manusia. Tujuannya bukan untuk mencegah semua perubahan dari kondisi aslinya, karena semua ekosistem akan berubah, baik disebabkan oleh tindakan manusia maupun bukan. Desain ekologi tidak bertujuan untuk menjaga biosfer dan ekosistem untuk tidak dipengaruhi atau diubah oleh manusia, melainkan bagaimana hubungan aktivitas manusia terhadap ekosistem dengan cara yang paling tidak merusak, sehingga prinsip untuk merancang lingkungan binaan akan memberikan dampak yang menguntungkan secara ekologis terhadap manusia maupun lingkungan. Pada tahap perancangan selanjutnya, prinsip desain ekologis dapat diringkas menjadi beberapa poin sebagai landasan proses rancang:

- Dengan menjamin lingkungan biologis dapat melangsungkan hidupnya, manusia juga mendapatkan keuntungan secara ekologis,
- Tindakan manusia yang mengakibatkan degradasi lingkungan harus diminimalisir atau dihentikan sama sekali,
- Upaya yang dilakukan ditujukan untuk sebanyak mungkin meminimalkan dampak kerusakan yang disebabkan manusia pada ekosistem,
- Menghindari dan meminimalisir limbah, karena apabila sudah terproduksi akan sulit diolah kembali,
- Manusia adalah bagian dari sistem, dan menjadi kesatuan dengan proses yang terjadi pada lingkungan alam, sehingga harus dianggap sebagai bagian dari desain dan proses perancangan secara menyeluruh,
- Ada hubungan timbal balik antara sistem buatan manusia dan lingkungan, sehingga sedikit perubahan yang terjadi pada salah satu bagian dari sistem akan mempengaruhi keseluruhan sistem.

Hasil kajian ini sangat penting sebagai dasar pendekatan ekologi yang diterapkan dalam proses merancang, dan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam berbagai masalah perancangan.

### **2.3 Perumahan dan Pemukiman**

Pada tesis perancangan ini, objek perancangan rumah pohon diangkat sebagai alternatif hunian pada konteks hutan kota di Balikpapan. Rumah pohon yang pada umumnya berfungsi sebagai hunian sementara dan sarana rekreasi/liburan, diusulkan menjadi hunian yang berintegrasi dengan lingkungan eksisting. Maka diperlukan kajian teori yang membahas mengenai rumah dan pemukiman dari aspek fisik, non fisik, dan persyaratan yang harus dipenuhi sebagai dasar merancang hunian.

#### **2.3.1 Pengertian Rumah**

Undang-undang republik Indonesia No.4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Pemukiman secara formal mendefinisikan rumah sebagai bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga. Dalam pengertian yang lebih luas, Frick (2006) menambahkan bahwa rumah

bukan hanya sebuah bangunan (struktural), melainkan juga tempat kediaman yang memenuhi syarat-syarat kehidupan yang layak, dipandang dari berbagai segi kehidupan masyarakat. Rumah dapat dipahami sebagai tempat perlindungan, untuk menikmati kehidupan, beristirahat, bersama keluarga, dan memberi kemungkinan untuk hidup bersosialisasi. Selain berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian yang digunakan untuk berlindung dari gangguan iklim dan makhluk hidup lainnya, rumah merupakan tempat awal pengembangan kehidupan.

### 2.3.2 Fungsi Rumah

Rumah sebagai kebutuhan dasar manusia, perwujudannya dapat beragam menurut siapa penghuni atau pemiliknya. Fungsi rumah yang dimaksud berdasarkan *hierarchy of need* (Maslow, 1954), kebutuhan akan rumah dapat didekati sebagai berikut:

1. *Physiological needs* (kebutuhan fisik)  
Merupakan kebutuhan biologis yang hampir sama untuk setiap orang, yang juga merupakan kebutuhan terpenting selain rumah, sandang, dan pangan juga termasuk dalam tahap ini.
2. *Safety or security needs* (kebutuhan akan keamanan)  
Merupakan tempat berlindung bagi penghuni dari gangguan manusia dan lingkungan yang tidak diinginkan.
3. *Social or affiliation needs* (kebutuhan berinteraksi)  
Sebagai tempat untuk berinteraksi dengan keluarga dan teman.
4. *Self actualization needs* (kebutuhan akan ekspresi diri)  
Rumah bukan hanya sebagai tempat tinggal, tetapi juga tempat untuk mengaktualisasikan diri.

Sesuai hirarki kebutuhan, setelah manusia terpenuhi kebutuhan fisiknya (sandang, pangan dan kesehatan), maka kebutuhan rumah merupakan salah satu motivasi untuk mengembangkan kehidupan yang lebih baik dan tinggi (Maslow, 1954). Dengan memiliki rumah, secara psikologis, pemilik telah menguasai sebidang ruang yang dapat diatur berdasarkan kebutuhan maupun seleranya. Ruang tersebut dapat memberikan respon terhadap pemiliknya, artinya dapat tercipta suasana timbal balik dan saling menghidupkan.

Dengan demikian, suasana ‘home’ telah tercipta pada rumah tersebut, bukan lagi sekedar melindungi dari kondisi iklim, namun juga memenuhi kebutuhan secara psikologis. Hasil kajian mengenai fungsi rumah ini selanjutnya akan dijadikan landasan dan paradigma merancang di tahap selanjutnya. Secara singkat dapat disimpulkan bahwa dalam merancang rumah beserta fungsinya, terdapat psikologis yang juga menjadi pertimbangan dalam setiap pengambilan keputusan dalam perancangan sebuah hunian.

### 2.3.3 Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat

Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat berisikan serangkaian petunjuk teknis yang untuk bertujuan menjawab pemenuhan kebutuhan perumahan yang layak dan terjangkau akan tetapi memenuhi persyaratan kenyamanan, keamanan dan kesehatan dalam lingkup heterogenitas potensi-potensi daerah, khususnya Potensi bahan bangunan, budaya, serta karakteristik fisik kawasan. Kebutuhan minimum ruangan pada rumah sederhana sehat perlu memperhatikan beberapa ketentuan sebagai berikut:

- kebutuhan luas per jiwa
- kebutuhan luas per Kepala Keluarga (KK)
- kebutuhan luas bangunan per kepala Keluarga (KK)
- kebutuhan luas lahan per unit bangunan

Tabel 2.1 Kebutuhan Luas Minimum Bangunan Rumah Sederhana Sehat

Standar per Jiwa (m <sup>2</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> ) untuk 3 Jiwa				Luas (m <sup>2</sup> ) Untuk 4 jiwa			
	Unit Rumah	Lahan (L)			Unit Rumah	Lahan (L)		
		Minimal	Efektif	Ideal		Minimal	Efektif	Ideal
(Ambang batas) 7,2	21,6	60,0	72 - 90	200	28,8	60,0	72 - 90	200
(Indonesia) 9,0	27,0	60,0	72 - 90	200	36,0	60,0	72 - 90	200
(Internasional) 12,0	36,0	60,0	---	---	48,0	60,0	---	---

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 1991

Kebutuhan ruang per orang dihitung berdasarkan aktivitas dasar manusia di dalam rumah. Aktivitas seseorang tersebut meliputi aktivitas tidur, makan, kerja, duduk, mandi, kakus, cuci dan masak serta ruang gerak lainnya. Dari hasil tinjauan, kebutuhan ruang per orang untuk standar Indonesia adalah 9 m<sup>2</sup> dengan perhitungan ketinggian rata-rata langit-langit adalah 2,80 meter (Kementrian Pekerjaan Umum, 1991). Rumah sederhana sehat memungkinkan penghuni untuk dapat hidup sehat, dan menjalankan kegiatan hidup sehari-hari secara layak.

Data luasan minimal untuk per orang ini nantinya akan menjadi acuan standar menentukan luasan unit hunian. Pendekatan mencari luas hunian dilakukan lebih cenderung ke luas ruang yang disediakan karena asumsi kegiatan yang jadi berbeda untuk setiap penghuni.

#### **2.3.4 Standar Kesehatan dan Kenyamanan**

Rumah sebagai tempat tinggal yang memenuhi syarat kesehatan dan kenyamanan dipengaruhi oleh 3 (tiga) aspek, yaitu pencahayaan, penghawaan, serta suhu udara dan kelembaban dalam ruangan. Aspek-aspek tersebut merupakan dasar atau kaidah perencanaan rumah sehat dan nyaman.

##### **1. Pencahayaan**

Matahari sebagai potensi terbesar yang dapat digunakan sebagai pencahayaan alami pada siang hari. Pencahayaan yang dimaksud adalah penggunaan terang langit, dengan ketentuan sebagai berikut:

- cuaca dalam keadaan cerah dan tidak berawan,
- ruangan kegiatan mendapatkan cukup banyak cahaya,
- ruang kegiatan mendapatkan distribusi cahaya secara merata.

Kualitas pencahayaan alami siang hari yang masuk ke dalam ruangan ditentukan oleh:

- lama waktu dan jenis kegiatan yang membutuhkan daya penglihatan,
- tingkat atau gradasi kekasaran dan kehalusan jenis pekerjaan setiap hari,
- cahaya efektif diperoleh dari jam 08.00 sampai dengan jam 16.00

##### **2. Penghawaan**

Udara/penghawaan berpengaruh dalam menentukan kenyamanan pada bangunan rumah. Kenyamanan untuk memberikan kesegaran terhadap penghuni

dan terciptanya rumah yang sehat, apabila terjadi pergantian udara secara kontinyu melalui ruangan, serta lubang pada bidang pembatas dinding atau partisi sebagai ventilasi. Agar diperoleh kesegaran udara dalam ruangan dengan cara penghawaan alami, maka dapat dilakukan dengan memberikan atau mengadakan peranginan silang (ventilasi silang) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Lubang penghawaan minimal 5% dari luas lantai ruangan,
- Udara yang mengalir masuk sama dengan volume udara yang mengalir keluar ruangan,
- Udara yang masuk tidak berasal dari asap dapur atau kamar mandi/WC.

Khususnya untuk penghawaan ruangan dapur dan kamar mandi/WC, yang memerlukan peralatan bantu elektrikal-mekanikal seperti blower atau exhaust fan, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan bangunan disekitarnya,
- Lubang penghawaan keluar tidak mengganggu kenyamanan dalam bangunan.

### 3. Suhu udara dan kelembaban

Rumah dinyatakan sehat dan nyaman, apabila suhu udara dan kelembaban udara ruangan sesuai dengan suhu tubuh manusia normal. Keduanya dipengaruhi oleh penghawaan dan pencahayaan. Penghawaan yang kurang atau tidak lancar akan menjadikan ruangan terasa pengap atau sumpek dan akan menimbulkan kelembaban tinggi dalam ruangan. Untuk mengatur suhu udara dan kelembaban normal untuk ruangan dan penghuni dalam melakukan kegiatannya, perlu memperhatikan:

- Keseimbangan penghawaan volume udara yang masuk dan keluar,
- Pencahayaan yang cukup pada ruang dengan perabotan tak bergerak,
- Menghindari perabot yang menutupi sebagian besar lantai ruangan.

Hasil syarat-syarat yang ditetapkan oleh penyelenggara rumah Sehat ini akan menjadi acuan standar kenyamanan minimal untuk setiap hunian. Aspek-aspek yang sudah disebutkan akan berpengaruh ke dalam elemen hunian yang berkaitan dengan pencahayaan, penghawaan, dan suhu & kelembaban yaitu

elemen yang berfungsi sebagai dinding dan atap mengikuti menyesuaikan standar tersebut.

### 2.3.5 Perumahan

Menurut UU No. 4 Tahun 1992 tentang Perumahan dan Permukiman, perumahan berada dan merupakan bagian permukiman, perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana lingkungan (pasal 1 ayat 2). Dalam Pasal disebutkan bahwa rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.

Ditambahkan juga bahwa pemukiman merupakan suatu sistem yang terdiri dari lima elemen (Basset & Short, 1980), yaitu:

1. *Nature* (unsur alami)  
Mencakup sumber-sumber daya alam seperti topografi, hidrologi, tanah, iklim, maupun unsur hayati (flora dan fauna).
2. *Man* (manusia sebagai individu)  
Mencakup segala kebutuhan pribadinya seperti biologis, emosional, nilai-nilai moral, perasaan, dan perepsinya.
3. *Society* (masyarakat)  
Adanya manusia sebagai kelompok masyarakat.
4. *Shells* (tempat)  
Tempat dimana manusia sebagai individu maupun kelompok melangsungkan kegiatan atau melaksanakan kehidupan.
5. *Network* (jaringan)  
Merupakan sistem alami maupun buatan manusia, yang menunjang berfungsinya lingkungan permukiman tersebut seperti jalan, air bersih, listrik, dan sebagainya.

Berdasarkan pengertian tersebut, maka perancangan rumah pohon tidak dapat dipandang menjadi satu entitas yang terpisah dari rumah pohon yang lain. Pada dasarnya suatu perumahan terdiri dari manusia, baik secara individual maupun masyarakat, dan wadah yaitu lingkungan perumahan yang merupakan wadah bagi kehidupan manusia yang membentuk suatu komunitas baru.

## **2.4 *Open Building***

### **2.4.1 Definisi *Open Building***

Konsep *Open building* pertama kali diperkenalkan oleh John Habraken. Secara garis besar, konsep *open building* adalah pendekatan untuk menghasilkan sebuah perancangan lingkungan binaan yang berorientasi terhadap penggunanya. Pengertian paling sederhana dari konsep *open building* dapat dipahami dari pernyataan Habraken (dalam Kendall, 2006) bahwa perancang tidak harus meramalkan apa yang akan terjadi, tetapi perancang bisa mencoba membuat ketentuan untuk mengakomodasi perubahan tak terduga.

Dalam rangka mengakomodasi perubahan di masa mendatang yang tidak diketahui, Habraken (dalam Cuperus, 2002) menyatakan berbagai tingkat pengambilan keputusan dalam proses pembangunan, yaitu: jaringan (*tissue*), dukungan (*support*) dan *infill*, masing-masing mengacu pada peraturan perkotaan, yang berisi bangunan dasar (*base building*) dengan *fit-out* masing-masing. Masing-masing tingkatan tersebut adalah bentuk penerapan konsep *open building* pada sebuah bangunan. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa desain yang diambil akan memberikan dampak di masa mendatang karena direncanakan berdasarkan pada persiapan perubahan. Bangunan yang menerapkan *Open building* berbeda dengan bangunan konvensional pada umumnya karena bangunan dengan konsep ini mempertimbangkan perubahan kebutuhan penghuninya di masa mendatang (Kendall, 2006). Sebagai salah satu konsep yang banyak digunakan saat ini, *open building* memiliki prinsip bahwa bangunan harus bersifat dinamis, yaitu bisa berubah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Bangunan yang baik adalah bangunan yang bisa diubah sesuai kebutuhan, tetapi tidak mengubah bentuk dasarnya.

### **2.4.2 Istilah dalam *Open Building***

Habraken (dalam Kendall, 2006) menyatakan tujuan dari *open building* adalah menghasilkan sebuah rancangan yang responsif terhadap kebutuhan penghuninya. Sebuah bangunan yang dirancang dengan konsep *open building* akan selalu membuka peluang terjadinya perubahan, dan dapat dipastikan bahwa konsep *open building* akan menuntut partisipasi dari para calon penghuni. Secara

implisit, *open building* adalah istilah yang mengindikasikan gagasan tentang beberapa perbedaan namun saling terkait mengenai pembahasan pembuatan lingkungan yang lebih baik.

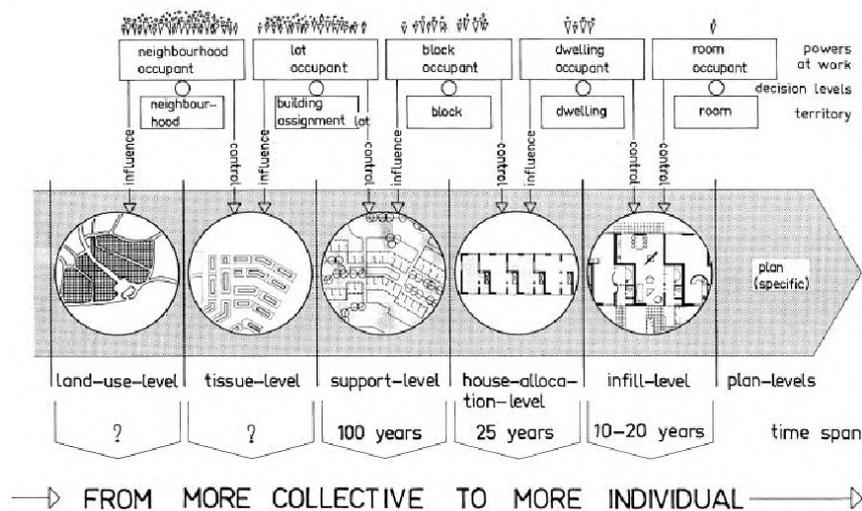
Dalam konsep ini dikenal beberapa istilah yang ditujukan untuk mengklasifikasikan sebuah elemen pada bangunan tergantung perannya dalam keseluruhan sistem *open building* itu sendiri. *Base building* adalah bagian dari sebuah bangunan yang mengakomodasi banyak pengguna dan berpengaruh pada semua pengguna. Meliputi struktur, selubung bangunan (atap dan fasade), sistem sirkulasi, dan sistem utilitas. *Infill* adalah produk fisik dimana ruang tersebut dikendalikan oleh penghuni. Bagian yang dapat berubah tanpa memaksa *base building* untuk ikut berubah. Tahap penerapan *open building* pada perancangan dilakukan setelah proses analisis konsep rumah pohon sesuai dengan kriteria yang sudah ditetapkan pada proses pengembangan interkoneksi. Konsep interkoneksi yang dikembangkan dari pendekatan *open building* dengan menetapkan pepohonan asli berada pada level *tissue* dan akan menghasilkan ruang yang berperan sebagai *base building* pada tingkat *support* dimana ruangan yang dibagi sesuai kebutuhan penghuni di dalamnya berada pada level *infill*.

Pepohonan asli memiliki karakter yang sama dengan tingkatan *tissue* karena sifatnya yang permanen dan mengalami perubahan dalam jangka waktu yang lebih lama, sehingga pada perancangan ini berperan sebagai titik pengembangan rancangan dan pembentuk ruang hunian. Sama halnya pada konsep *open building*, dimana struktur (umumnya kolom) bertindak sebagai *supports* dan ruangan di dalamnya adalah tingkatan di bawahnya, yaitu *infill*. Eksplorasi Interkoneksi dimulai pada pola persebaran titik pohon yang akan berperan sebagai tingkat *supports* kemudian menerapkan metode yang akan ditetapkan agar dapat memanfaatkan ruang di dalamnya.

#### **2.4.3 Konsep 'level' dalam Open Building**

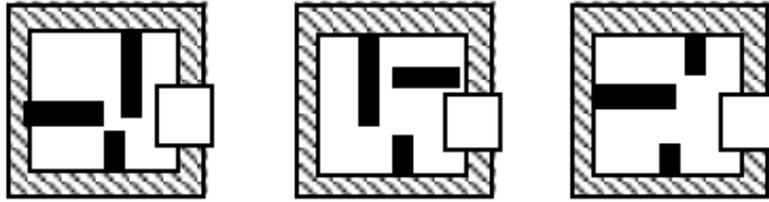
Ide untuk mempersiapkan bentuk perubahan yang belum diketahui di masa mendatang, ide menarik dalam *open building* dan tingkatan level dalam konsep ini memberikan solusinya. Tiga tingkat pengambilan keputusan didefinisikan, menjadi *tissue*, *supports*, dan *infill*, masing-masing dipisahkan namun tetap

terkoordinasi. Bangunan yang dirancang dan dibangun dengan sistem yang terpisah, dapat menciptakan kondisi untuk tanggung jawab dan perawatan yang berbeda. Subdivisi dari proses pembangunan harus mencerminkan garis pengambilan keputusan dan tanggung jawab antara para pihak. Subdivisi ini kemudian dapat diterjemahkan ke dalam spesifikasi untuk koneksi antara bagian-bagian bangunan. Hal ini pada gilirannya menciptakan bangunan yang dapat dimodifikasi dan diambil terpisah lagi (Cuperus, 2000).



Gambar 2.14 Diagram *environmental level* pada open building

Konsep *open building* dapat dibagi berdasarkan tingkatan pengambilan keputusannya. Tingkat kota (*tissue*) adalah tingkat yang lebih tinggi daripada bangunan, diposisikan dalam jaringan kota. Bangunan pada gilirannya dapat dibagi dalam dasar bangunan yaitu tingkat bangunan/*base building* (*support*) dan tingkat fit-out (*infill*). Tingkat *support* yang tingkatannya lebih tinggi, menampung dan membatasi tingkat yang lebih rendah dibawahnya yaitu *infill*, yang secara timbal balik, menentukan persyaratan pada tingkat yang lebih tinggi. Tingkat pengambilan keputusan selalu mengacu pada keputusan tentang membangun bagian-bagian di dalamnya (Kendall, 2002).



Gambar 2.15 Konsep open building pada level support dan infill

Dalam menciptakan pemukiman arsitektur yang merespon dan memuaskan penghuninya secara jangka panjang, Habraken (dalam Kendall, 2002) menyatakan pentingnya memahami siapa/apa yang mengontrol bentuknya. Penggunaan tingkatan rancang (level) memungkinkan para perancang untuk menentukan agen/aspek lingkungan yang memegang kontrol (yang mengontrol apa dan kapan) sebagai kriteria mendasar dalam merancang.

#### 2.4.4 Hubungan Rumah, Ekologi, dan *Open Building*

Secara garis besar, desain ramah lingkungan/ekologis dapat didefinisikan sebagai merancang sebuah desain untuk memastikan agar manusia mampu memenuhi kebutuhannya tanpa mengurangi kesempatan generasi mendatang. Hal ini mencakup segala bentuk desain yang meminimalkan dampak merusak lingkungan dengan mengintegrasikan dirinya secara fisik, secara sistemik dan temporal dengan proses hidup lingkungan alam (Yeang, 2006).

Ekologi adalah ilmu pendukung dalam arsitektur yang berkaitan dengan manusia dan lingkungan sekitar. Desain ekologi tidak bertujuan untuk menjaga biosfer dan ekosistem untuk tidak dipengaruhi atau diubah oleh manusia, melainkan bagaimana hubungan aktivitas manusia terhadap ekosistem dengan cara yang paling tidak merusak, sehingga prinsip untuk merancang lingkungan binaan akan memberikan dampak yang menguntungkan secara ekologis terhadap manusia maupun lingkungan.

Ilmu ekologi diperlukan untuk menyeimbangkan antara bangunan dengan dampak bangunan terhadap lingkungan sekitar. Teori ini sudah banyak diterapkan dalam bangunan arsitektur. Berbagai metode untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan oleh bangunan terhadap lingkungan sekitar. Manusia dalam hubungan timbal balik dengan lingkungannya, berarti manusia mempengaruhi

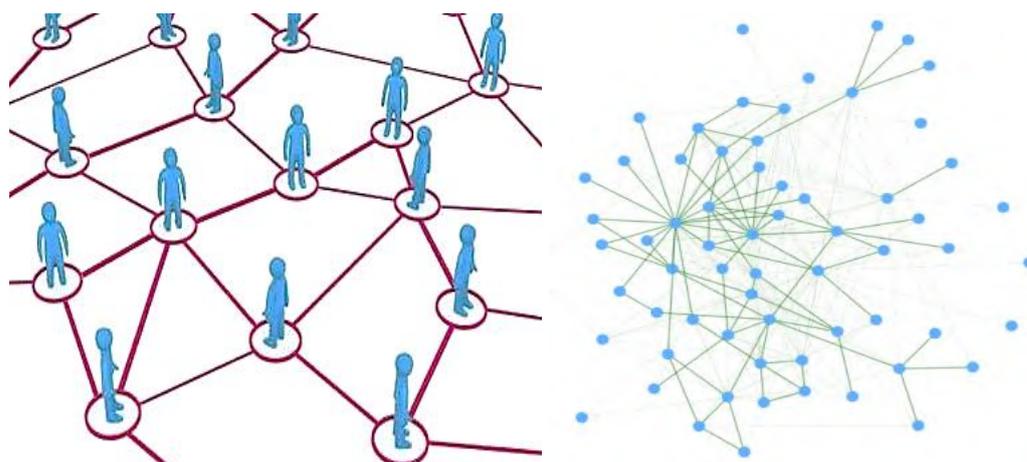
lingkungan, dan sebaliknya lingkungan mempengaruhi manusia. Dalam konteks sebagai lingkungan yang didiami penghuni, Dalam perancangan rumah yang berada di dalam ekosistem pepohonan, pohon ditetapkan untuk menjadi titik pengembangan rancangan sebagai respon desain ekologi.

Pada perubahan bagian dari sistem akan berpengaruh pada seluruh sistem. Bila kebutuhan penghuni berubah, maka pengaruhnya akan terjadi pada rumah pohon, maka dibutuhkan sistem yang dapat menjawab masalah tersebut. Mengantisipasi perubahan yang terjadi pada kebutuhan penghuni rumah itu sendiri, dibutuhkan sistem dan konsep yang dapat menjawab persoalan tersebut, yaitu konsep *open building*.

## **2.5 Interkoneksi**

### **2.5.1 Definisi Interkoneksi**

Dari pendekatan etimologi Bahasa Indonesia, Interkoneksi sebagai kata benda berarti hubungan satu sama lain (KBBI), sedangkan “*interconnection*” sebagai kata kerja (*verb*) adalah “*connect with one another*” dan sebagai kata sifat (*adj*) adalah “*to be or become connected or interrelated*” (Oxford Dictionary). Interkoneksi umum dipakai dalam bidang jaringan komunikasi untuk menjelaskan hubungan antara satu jaringan dengan jaringan yang lain. Interkoneksi adalah keterhubungan secara fisik dan non fisik dari jaringan komunikasi yang umum digunakan oleh operator yang sama atau berbeda untuk memungkinkan pengguna dari satu operator untuk berkomunikasi dengan operator yang sama atau operator lainnya, atau untuk mengakses layanan yang disediakan oleh operator lain. Layanan bisa disediakan oleh bagian yang terlibat atau bagian lain yang mendapat akses ke jaringan (European Commission Directive, 2000).



Gambar 2.16 Ilustrasi Interkoneksi (chordomafoundation.org)

Hubungan antara satu jaringan dengan jaringan yang lain juga disebut interkoneksi. Jaringan yang terhubung ini bukan hanya jaringan telekomunikasi namun semua bentuk jaringan yang melakukan interkoneksi. Jadi secara harfiah, interkoneksi jaringan tidak hanya mengarah ke jaringan telekomunikasi saja, namun ke semua bentuk jaringan.

### 2.5.2 Interkoneksi dalam Perancangan

Konsep interkoneksi diterapkan pada hunian rumah pohon untuk menyelesaikan masalah perancangan. Interkoneksi yang dimaksud adalah kemampuan rumah pohon untuk secara fisik membentuk sebuah jaringan hunian di dalam ruang yang terbentuk di antara pepohonan. Hubungan fisik tersebut terbentuk secara langsung dari pertemuan masing-masing sisi yang berhimpit/menempel dari masing-masing unit hunian. Dengan menjadikan titik pohon eksisting sebagai acuan rancang, bentuk unit hunian rumah pohon dikembangkan menggunakan metode generatif desain agar konfigurasi pepohonan eksisting dapat dirumuskan dan mendapatkan bentuk ruang rumah pohon yang paling maksimal dalam menempati ruang di antara pepohonan. Hal ini dilakukan untuk mengakomodasi kebutuhan dan masalah perancangan yang muncul dari pendekatan desain ekologis dan teori *open building*. Masing-masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain melalui pola hubungan yang akan dirancang berdasarkan titik-titik pepohonan eksisting.

Secara implisit, konsep interkoneksi dalam ranah arsitektur dapat ditemukan pada prinsip *open building* dan arsitektur modular. Sifat pada arsitektur yang menerapkan *open building* pada perancangan, memungkinkan terjadinya perubahan di masa mendatang, perkembangan dapat berkembang tergantung pada unit masing-masing hunian (habraken, 1981). Pada arsitektur modular, masing-masing unit terkecil/chunk dapat digabung dengan menggunakan sistem yang sudah ditetapkan oleh perancang sebelumnya. Menggunakan prinsip yang sama, konsep interkoneksi menerapkan pendekatan *open building* pada lingkungan pepohonan asli untuk bertindak sebagai *base buiding* yang berperan pada level support, sedangkan unit hunian yang akan dikembangkan berada pada level *infill* dimana perkembangan dan pertumbuhannya dapat disesuaikan masing-masing pemilik rumah menurut dengan kebutuhannya.

### **2.5.3 Karakter Interkoneksi**

Istilah interkoneksi tidak umum digunakan dalam ranah arsitektur secara eksplisit. Dalam memudahkan penjelasan mengenai konsep interkoneksi, selain dengan cara deskriptif, akan disebutkan juga sifat/karakter yang melekat pada konsep tersebut. Dalam menghubungkan ruang menjadi sebuah sistem jaringan keseluruhan secara fisik, sebuah interkoneksi dalam ruang berarti hubungan ruang tersebut dapat dihubungkan dengan sistem tertentu dengan ruang yang lain. Hampir sama dengan prinsip yang diterapkan pada arsitektur *open building* dan modular, yang mengacu pada rancangan dari sistem apapun yang terdiri dari komponen terpisah yang dapat dihubungkan bersama-sama.

Pengertian interkoneksi dan penerapannya dalam perancangan khususnya hunian akan menunjukkan adanya sifat-sifat berikut:

- Dapat dihubungkan secara langsung/fisik menggunakan sistem yang telah dirancang sebelumnya,
- Ada potensi untuk mengembangkan hubungan antar unit/modul dari berbagai arah

Hasil kajian mengenai karakter interkoneksi dapat digunakan untuk menjawab permasalahan kebutuhan dari pendekatan desain ekologis dan *open building* sehingga terbentuk konsep rancangan yaitu interkoneksi antar hunian. Interkoneksi adalah hubungan antar fisik pada unit hunian yang berkembang di antara pepohonan. Perbedaan konsep interkoneksi dengan penerapan modul pada umumnya adalah pada permutasi dan keterhubungan yang bersifat bebas sehingga jaringan yang dihasilkan dan permutasi terjadinya ruang tersebut mampu terbentuk secara optimal. Konsep interkoneksi ini juga mempertimbangkan pepohonan eksisiting, selain untuk mempertahankan ekosistem secara maksimal, sebagai bentuk keputusan rancangan untuk memaksimalkan dan memudahkan penerapan dari pendekatan *open building*. Penerapan konsep interkoneksi dalam rancangan arsitektur akan dijelaskan lebih lanjut dalam sub bab studi kasus tentang interkoneksi.

## **2.6 Desain Generatif (*Generative Design*)**

### **2.6.1 Pemahaman Desain Generatif**

Pengertian tentang desain generatif dan morfogenesis digital saling terkait. Istilah 'morfogenesis' berasal dari kata Yunani *morphe* yang berarti 'bentuk' dan *genesis* yang berarti 'lahir', sehingga dapat harfiah diterjemahkan sebagai 'kelahiran bentuk'. Desain generatif (*generative design*) didefinisikan sebagai proses *morphogenetic* menggunakan algoritma yang disusun sebagai sistem nonlinier untuk hasil yang unik dan tidak dapat diulang seperti yang dilakukan oleh kode DNA (Soddu, 1994). Desain generatif dapat digambarkan sebagai metode merancang dimana bentuk didapatkan berdasarkan aturan algoritma yang ditetapkan menggunakan komputasi atau platform pemrograman lainnya. Hasil luaran dari metode ini bisa berupa gambar, suara, model arsitektur, hingga animasi. MacDonald (2002) menyatakan beberapa karakteristik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi desain generatif:

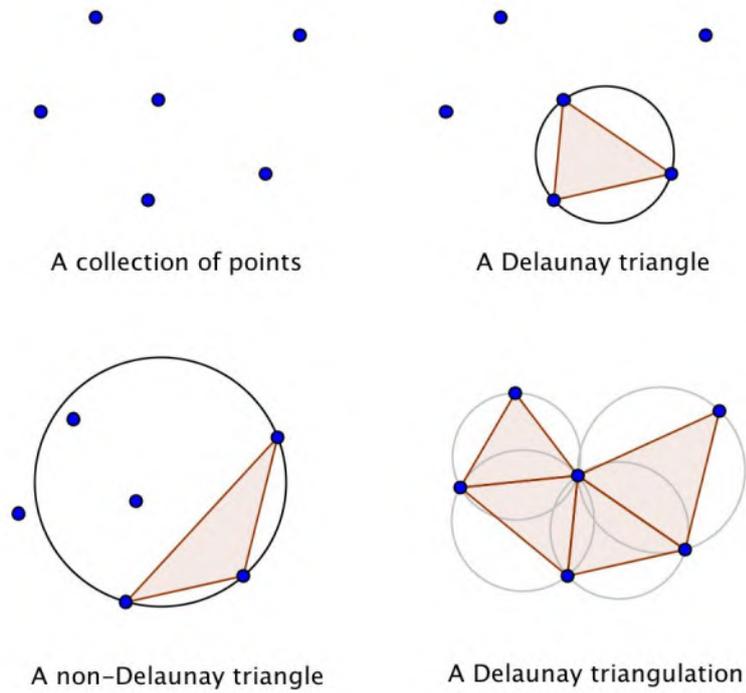
1. Pola desain generatif didefinisikan oleh seperangkat parameter yang disusun dengan nilai-nilai tertentu dan template kode yang menghasilkan kerangka kerja yang strukturnya tergantung pada kombinasi dari nilai-nilai untuk sebuah parameter.

2. Desain pola adaptasi adalah proses tiga fase di mana tahap pertama melibatkan pilihan nilai parameter, tahap kedua melibatkan kerangka generasi kode, dan tahap ketiga melibatkan perwujudan bentuk/kerangka.
3. Dua bagian representasi dari pola desain generatif terdiri dari representasi berbasis komputasi dari nilai parameter dan kode template dengan parameter sederhana yang berdasarkan catatan/pengaturan yang sudah ditentukan sebelumnya.

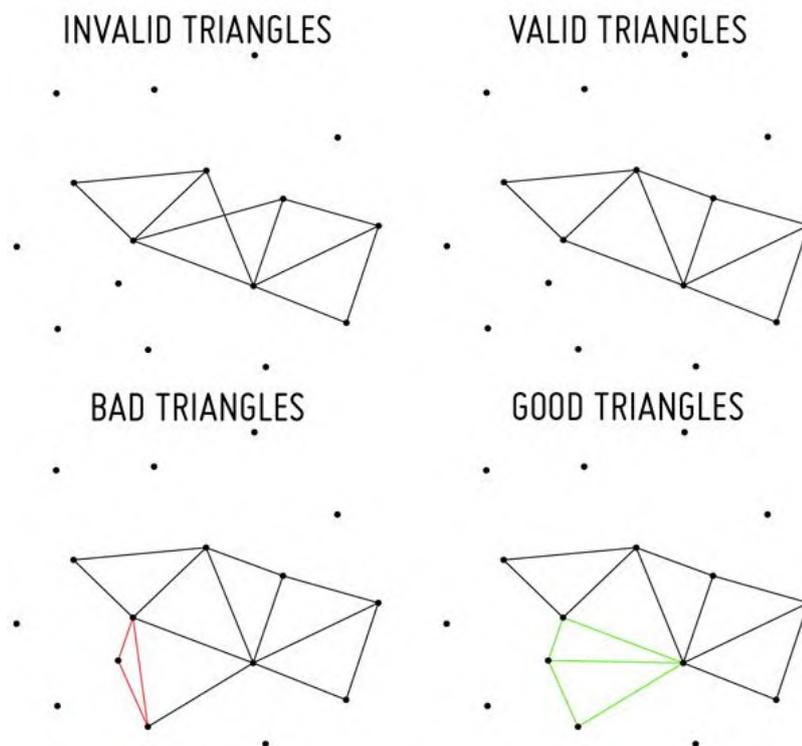
Desain generatif dimaksudkan untuk memberikan metodologi, yang secara efektif dapat membantu keputusan desain selanjutnya, karena didasarkan pada media dan perhitungan yang optimal. Pada penerapan pola interkoneksi, organisasi tiga dimensi dan konfigurasi spasial yang terbentuk akan memberikan seperangkat data yang di akan menjadi dasar pengambilan keputusan lebih lanjut atau perkembangan lebih lanjut dari proses desain. Beberapa metode desain yang sudah termasuk ke dalam metode desain generatif adalah triangulasi Delaunay dan diagram Voronoi. Kedua metode tersebut sering digunakan dalam perancangan arsitektur yang berkaitan dengan identifikasi bentuk-bentuk organik/alami dan perhitungan matematis yang lebih rumit dalam menciptakan sebuah bentuk.

### **2.6.2 Triangulasi Delaunay**

Pengertian Triangulasi adalah suatu metode dalam pembentukan jalinan/kumpulan segitiga pada sekumpulan titik-titik yang akan dibentuk menjadi segitiga tanpa ada algoritma tertentu yang diterapkan. Berbeda dengan dengan teknik triangulasi yang lain, Triangulasi Delaunay adalah teknik yang ditemukan oleh Boris Delaunay pada tahun 1934. Triangulasi Delaunay membentuk triangulasi yang unik dengan beberapa persyaratan dimana titik-titik segitiga yang terbentuk berada pada garis tepi lingkaran dan tidak ada titik lain di dalam lingkaran tersebut (Taufiqurrahman, 2010).

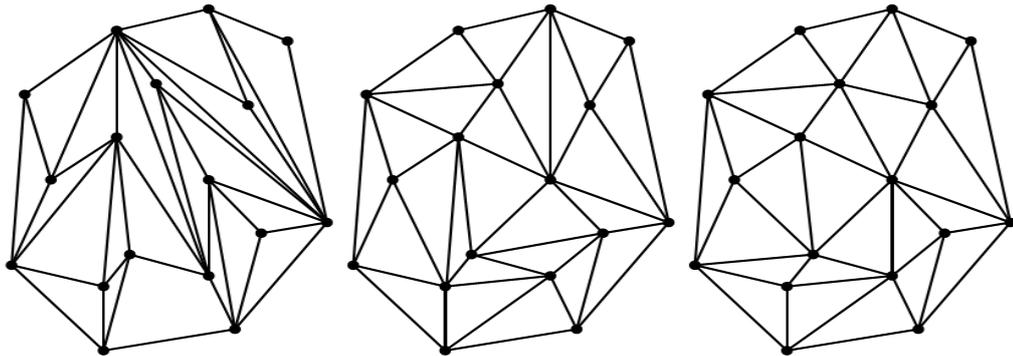


Gambar 2.17 Syarat Algoritma Triangulasi Delaunay (matmunch.org)



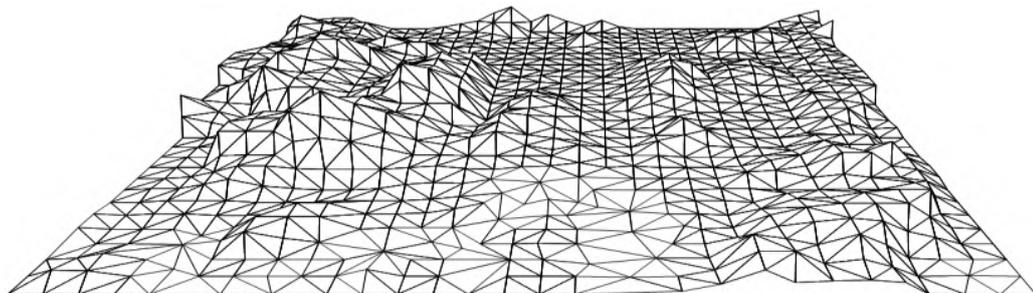
Gambar 2.18 Ilustrasi Segitiga yang Diharapkan pada Triangulasi Delaunay (n-e-r-v-o-u-s.com)

Algoritma yang diterapkan bertujuan untuk menghubungkan titik-titik dalam ruang ke dalam kelompok segitiga sehingga sudut minimal semua sudut pada pola triangulasi adalah yang paling maksimum. Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya bentuk segitiga yang paling baik di antara semua kemungkinan segitiga yang terbentuk dari kumpulan titik-titiknya.



Gambar 2.19 Optimasi Triangulasi Delaunay

Kelebihan dari triangulasi Delaunay ini adalah algoritma ini dapat memaksimalkan sudut minimum segitiga yang terbentuk dan hasil segitiga berbentuk terbaik dengan luas maksimum yang bisa didapatkan dari sekumpulan titik yang ada. Selain terbentuk segitiga yang ‘baik’, secara tidak langsung, garis yang terbentuk adalah garis terpendek yang menghubungkan dua titik. Keuntungan yang didapatkan dari penerapan Triangulasi Delaunay pada titik pohon adalah kemungkinan identifikasi yang paling baik terhadap pola yang ada. Identifikasi tersebut secara matematis akan menghasilkan luas ruang paling maksimal untuk dijadikan dasar pengembangan unit hunian, yang pada masing-masing unit hunian membutuhkan ruang dan volume yang cukup dan paling optimal untuk mengakomodasi kebutuhan dan aktivitas penghuninya.

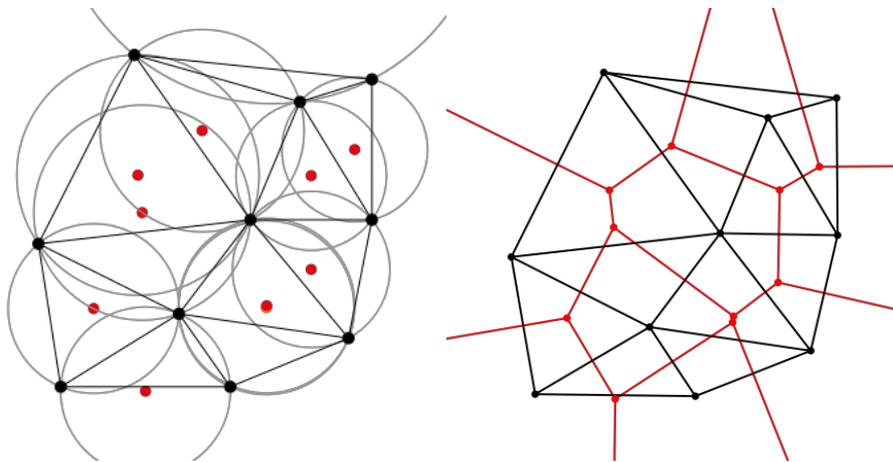


Gambar 2.20 Penerapan triangulasi delaunay pada objek 3dimensi

Teknik ini juga dapat diaplikasikan untuk permukaan membentuk 3 dimensi. Penerapan teknik ini pada model 3 dimensi dapat mengubah bentuk permukaan, namun demikian memberikan kinerja yang sangat memuaskan. Sebuah komplikasi besar adalah bahwa dalam 3 dimensi, potongan yang berbeda dari permukaan yang sama dapat berinteraksi, yang mengarah ke cabang dan menghilangkan permukaan lain.

### 2.6.3 Diagram Voronoi

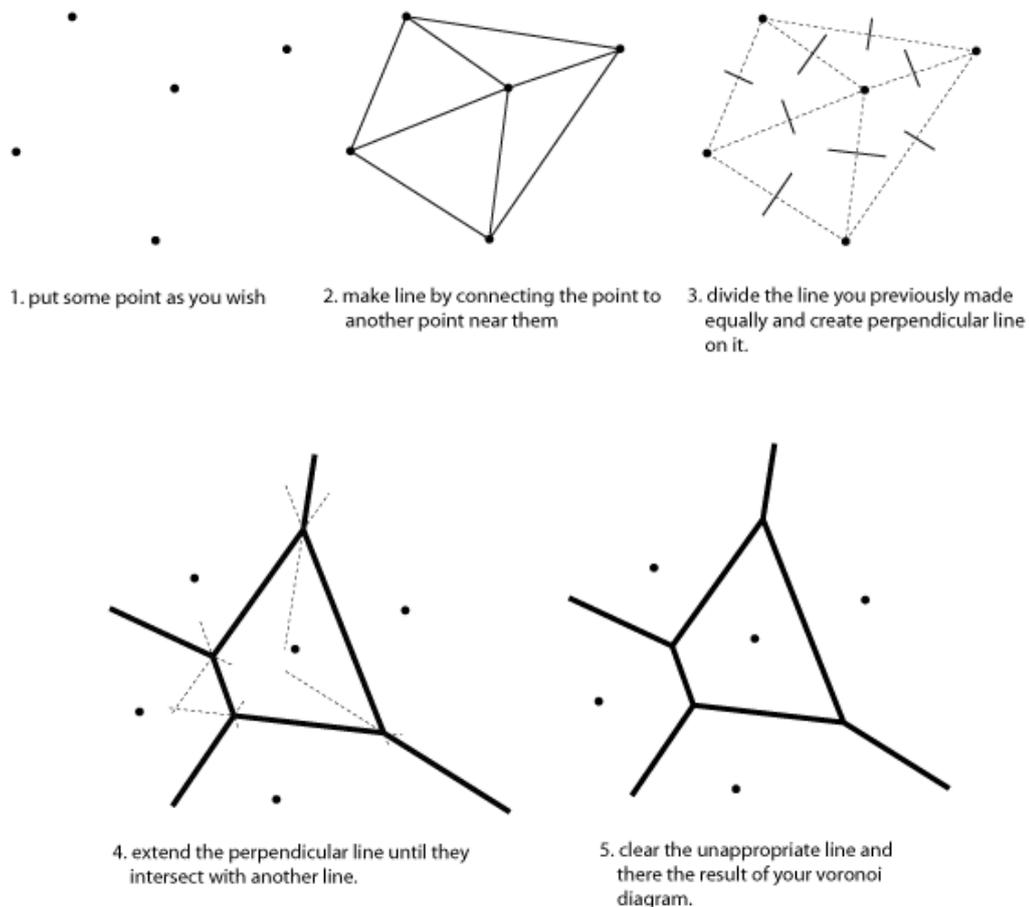
Dalam matematika, diagram Voronoi didefinisikan sebagai partisi dari bidang berdasarkan jarak ke titik-titik di bagian-bagian spesifik dari bidang tersebut. Diagram Voronoi adalah cara pembagian/dekomposisi ruang yang dinamai atas penemunya, Georgy Voronoi, dan juga biasa disebut *Tessellation Voronoi*, Dekomposisi Voronoi, Partisi Voronoi, atau *Tessellation Dirichlet* dari Peter Gustav Lejeune Dirichlet (Tomaszjaniak, 2011). Diagram Voronoi memiliki aplikasi praktis dan teoritis untuk beberapa bidang ilmu lain, terutama di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk bidang arsitektur.



Gambar 2.21 Skema Diagram Voronoi (alastaira.wordpress.com)

Diagram ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari Triangulasi Delaunay. Pada triangulasi tersebut, masing-masing garis yang membentuk segitiga diambil garis tengahnya dan secara tegak lurus dihubungkan dengan garis yang lain yang didapatkan dengan cara yang sama (Gambar 2.21). Pembentukan diagram Voronoi dimulai dengan sekumpulan titik yang ditentukan terlebih

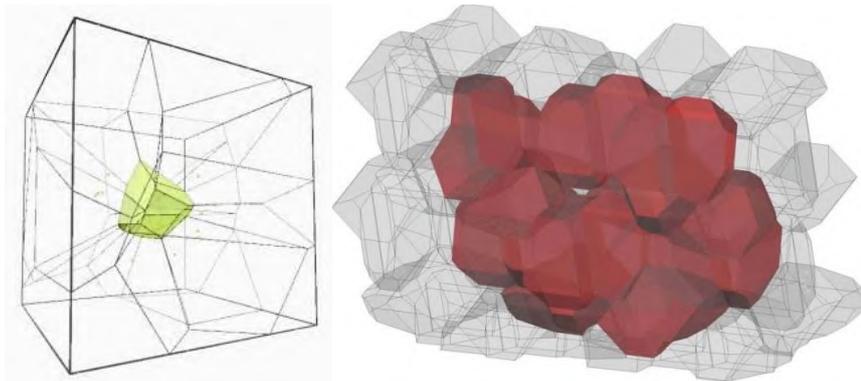
dahulu. Sekumpulan titik tersebut dihubungkan dengan menerapkan Triangulasi Delaunay. Masing-masing garis yang menghubungkan titik tersebut ditarik garis tegak lurus yang akan berpotongan dengan garis yang lain. Bangun yang terbentuk dari hasil tersebut disebut Diagram Voronoi (Gambar 2.22). Pada setiap titik terdapat area yang dibatasi dari jarak paling optimum berdasarkan jarak antar titik, dan disebut sel Voronoi.



Gambar 2.22 Langkah Pembentukan Diagram Voronoi  
(biskandarm.wordpress.com)

Langkah lebih lanjut, dalam mengaplikasikan voronoi 3 dimensi, pola ini diterapkan dari masing-masing titik untuk mendapatkan volume yang optimum dan adil dalam membagi ruang berdasarkan titik yang ditentukan. Dengan bantuan algoritma tersebut, analisis dikembangkan untuk menghasilkan ruang pribadi di sekitar simpul dan mendeteksi simpul tetangganya untuk berinteraksi. Konsep ini

diterjemahkan menjadi kenyataan dengan menggunakan geometri komputasi yang disebut sebagai diagram Voronoi dan dual konsep Delaunay triangulasi. Namun, untuk mencapai deskripsi ruang 3D, struktur harus diterjemahkan ke dalam 3D. Dengan demikian, triangulasi Delaunay berubah menjadi tetrahedralisation Delaunay dan Voronoi menjadi *bubble/gelembung voronoi*.



Gambar 2.23 Ruang/Volume yang terbentuk dengan menggunakan Voronoi 3D

#### 2.6.4 Desain Generatif (*Generative Design*) dalam Arsitektur

Pertanyaan utama tentang pola geometris dan desain generatif adalah bagaimana menggunakan teknik ini dalam perancangan sedemikian rupa sehingga teknik ini tidak hanya meniru bentuk alam secara harfiah, melainkan sebagai alat untuk membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi para perancang. Pada kajian terhadap diagram Voronoi, akan dilakukan penerapan voronoi sebagai alat merancang dalam bidang arsitektur.

Secara deskriptif, Diagram Voronoi adalah sistem matematika dan juga geometri yang berorientasi proses, dimana pada perancangan ini berperan sebagai metode desain untuk menciptakan ruang dan bentuk dengan dukungan dari program komputasi (Park & Jun, 2008). Dalam arsitektur, voronoi diagram sering digunakan oleh arsitek untuk menghasilkan pola organik yang dapat diterapkan pada fasade, lanskap, hingga bentuk massa bangunan. Penggunaan lainnya ditemukan dalam proses perencanaan kota dalam membandingkan area yang tercakup oleh rumah sakit yang berbeda, atau toko-toko, dan sebagainya. Diagram Voronoi dapat membantu perancang untuk dapat dengan mudah menentukan di mana menempatkan sebuah toko atau rumah sakit terdekat.

Dalam mengembangkan konsep interkoneksi, tahap pertama perancangan dilakukan dengan metode generatif yang memanfaatkan titik-titik pohon eksisting di lokasi perancangan untuk mendapatkan bentuk rumah pohon yang terinterkoneksi. Masing-masing titik dihubungkan menggunakan pola triangulasi untuk menemukan pola geometri yang terbentuk di antara pepohonan. Setelah menemukan pola yang terbentuk, studi dilakukan untuk menentukan parameter titik dan pembentuk diagram Voronoi. Dengan menerapkan diagram voronoi pada parameter yang telah didapatkan pada studi pola pepohonan eksisting, volume yang didapatkan adalah yang paling optimum mengisi ruang di antara pepohonan. Tujuannya adalah sebagai salah satu bentuk akomodasi kebutuhan dari pendekatan desain ekologis dan *open building*.

## 2.7 Sintesa Kajian Pustaka

Berikut merupakan hasil sintesa kajian pustaka mengenai objek dan konsep perancangan rumah pohon interkoneksi:

Tabel 2.2 Sintesa Kajian Pustaka

No	Kajian	Sintesa
1	Rumah Pohon	Rumah pohon adalah sebuah struktur/platform yang berdiri dan berinteraksi dengan pohon serta menjadikannya sebagai penyokong/struktur utama. Apabila ada syarat yang tidak dipenuhi, maka platform tersebut tidak dapat diklasifikasikan sebagai rumah pohon (Fulton, 2015). Masing-masing sistem struktur rumah pohon penyokong platform memiliki kelebihan dan kekurangan yang unik ditinjau dari tingkat kerusakan dan beban yang ditimbulkan pada pohon. Sehingga perlu dikaji sistem struktur terpilih yang sesuai dengan karakter pohon pada lokasi eksisting. Analisis model pertumbuhan pohon berguna sebagai landasan merancang rumah pohon yang ditetapkan untuk menyesuaikan pola perkembangan unit dengan pola perkembangan pohon (Tomlinson, 1986).
2	Teori Perumahan dan Pemukiman	Rumah memiliki fungsi utama secara fisik sebagai tempat berlindung dari iklim dan cuaca. Standar ruang minimal yang harus dipenuhi per penghuni rumah adalah adalah 7,2m <sup>2</sup> dengan luas ideal 9m <sup>2</sup> . Ketersediaan ruang servis, kamar, dan ruang serbaguna harus ada dalam setiap hunian (Kementrian PU, 1991). Pedoman ini bertujuan untuk menyediakan area yang cukup untuk beraktivitas dan teknis penyelesaian desain guna menghadirkan kenyamanan bagi pengguna. Fungsi lain yang melekat pada rumah adalah aspek non fisik yaitu pemenuhan kebutuhan manusia/penghuninya secara psikologis (Maslow, 1954).

Tabel 2.3 Lanjutan Sintesa Kajian Pustaka

No	Kajian	Sintesa
3	Teori Ekologi	Desain ekologis tidak berarti bahwa seluruh lingkungan asli harus dipertahankan sepenuhnya dari campur tangan manusia, melainkan bagaimana hubungan kegiatan manusia terhadap ekosistem dengan cara yang paling tidak merusak agar memberikan keuntungan secara ekologis terhadap manusia maupun lingkungan. Pertimbangan prinsip ekologi tidak berhenti pada intervensi pada ekosistem, tetapi lebih membahas bagaimana lingkungan buatan dapat berintegrasi dan menjadi bagian dari ekosistem (Yeang, 1995).
4	<i>Open Building</i>	Sebuah bangunan dapat dibagi menjadi beberapa tingkat bangunan. Base building ( <i>support</i> ) dan tingkat fit-out ( <i>infill</i> ). Tingkatan yang lebih tinggi, menampung dan membatasi tingkat yang lebih rendah dibawahnya, yang secara timbal balik, menentukan persyaratan pada tingkat lebih tinggi (Kendall, 2002). Konsep ini apabila diterapkan dapat menghasilkan rancangan yang responsif terhadap kebutuhan penghuninya dengan membuka peluang terjadinya perubahan di masa mendatang, serta menuntut partisipasi dari penghuni.
5	Interkoneksi	Interkoneksi secara implisit berarti hubungan secara fisik sisi-sisi unit hunian melalui sistem yang telah dirancang sebelumnya. Jaringan yang terbentuk antar unit/modul berpotensi dikembangkan menuju berbagai arah, serta adanya tipologi yang sama antar unit hunian. Interkoneksi dalam tesis ini mengakomodasi permasalahan perancangan yang berkaitan dengan perubahan dan penambahan ruang menggunakan prinsip desain ekologis dan <i>open building</i> .
6	<i>Generative design</i>	Metode generatif yang digunakan adalah Triangulasi Delaunay dan diagram Voronoi karena sifat serta kemampuannya untuk mengidentifikasi pola eksisting pepohonan dan membantu mendapatkan ruang yang paling optimal mengokupansi ruang berdasarkan parameter yang ditentukan.

## 2.8 Studi Preseden

Studi preseden bertujuan untuk memperoleh kriteria desain terkait aspek dalam rumah pohon dan strategi rancangan mengenai konsep interkoneksi. Kerangka kajian studi disusun untuk menjadi acuan dalam mengkaji objek arsitektur dan terdapat beberapa aspek kajian studi kasus arsitektur yang hanya terdapat pada objek tertentu. Kerangka studi preseden arsitektur meliputi:

- Penerapan Desain Ekologis
- Penerapan *Open Building*
- Penyediaan Ruang Publik
- Sistem Bangunan
- Penerapan *Generative Design*

### 2.8.1 Studi Preseden 1 : Osaka Gas Next 21

NEXT21 adalah 18 unit proyek perumahan eksperimental berupa hunian yang disesuaikan dengan kehidupan rumah tangga perkotaan. Proyek ini disusun oleh Osaka Gas Corporation bekerjasama dengan tim perencanaan NEXT21.

Arsitek : Yositika UTIDA, Shu-Koh-Sha  
Seiichi FUKAO  
Lokasi : Osaka, Jepang  
Fungsi : Apartemen  
Status : Terbangun



Gambar 2.24 Osaka Gas NEXT21 (openbuilding.org)

## Desain Ekologis

Konsep yang diterapkan oleh Next21 adalah *Thermal Effect of Greenery*. Penerapan konsep ini berupa penyediaan ruang hijau dan habitat alam buatan pada setiap tempat yang memungkinkan pada keseluruhan kompleks hunian, baik itu di atap, teras, halaman, dan koridor.

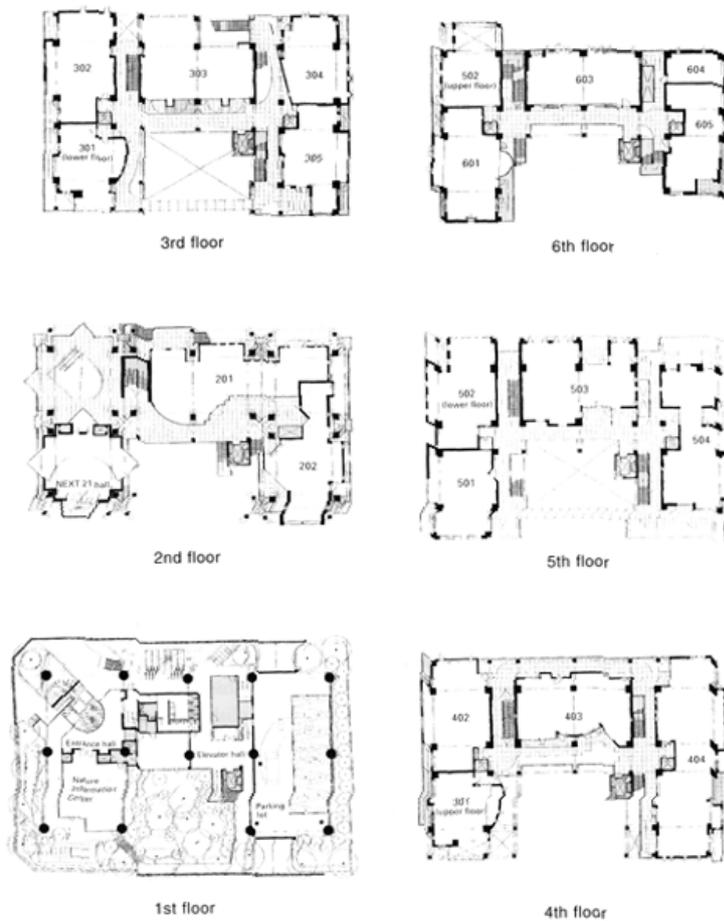
Konsep penyediaan ruang hijau pada berbagai tempat secara psikologis bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang nyaman. Daerah hijau di atap, di teras di setiap lantai, dan di lantai dasar dari NEXT21 akan berguna dalam cara lain, dan akan menghilangkan beban panas langsung yang disebabkan oleh penguapan dan kelembaban. Dampak tambahan lain yang terjadi adalah ruang hijau tersebut menjadi habitat beberapa spesies burung dan serangga sehingga terjadi ekosistem baru yang berintegrasi dengan hunian.



Gambar 2.25 Konsep Thermal Effect of Greenery (openbuilding.org)

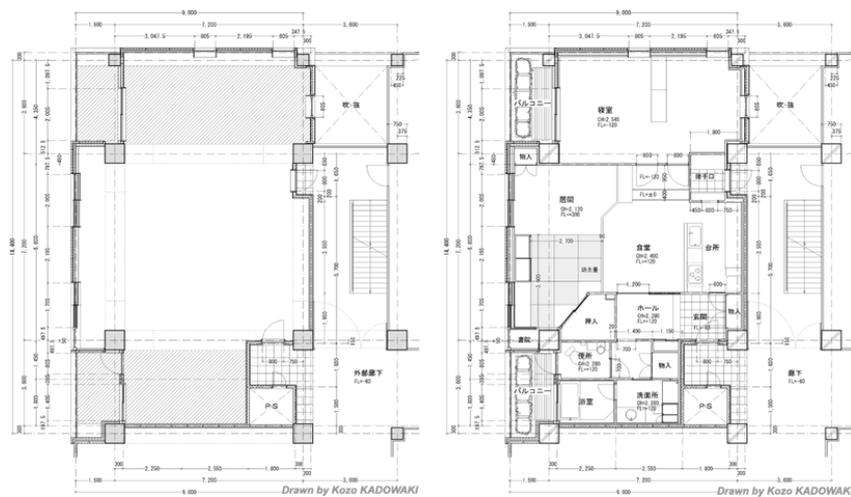
## Penerapan Open Building

Pada next 21 terdapat dua cara perancang memenuhi kebutuhan individu penghuninya, yang pertama dengan '*system building*'. Sistem bangunan yang dimaksud adalah mengacu pada penyesuaian sistem komponen yang terpisah dari gedung (struktur utama, dinding eksternal, dan jendela). Bangunan ini juga menerapkan arsitektur yang fleksibel ke dalam bangunan. Sistem komponen dibagi menjadi empat kelompok sesuai dengan jangka waktu penggunaannya dan cara produksi komponen. Kemudian diproduksi sebagai sistem dan modul terpisah sehingga dinding luar, mandi dan toilet, dan taman dapat dipindahkan.



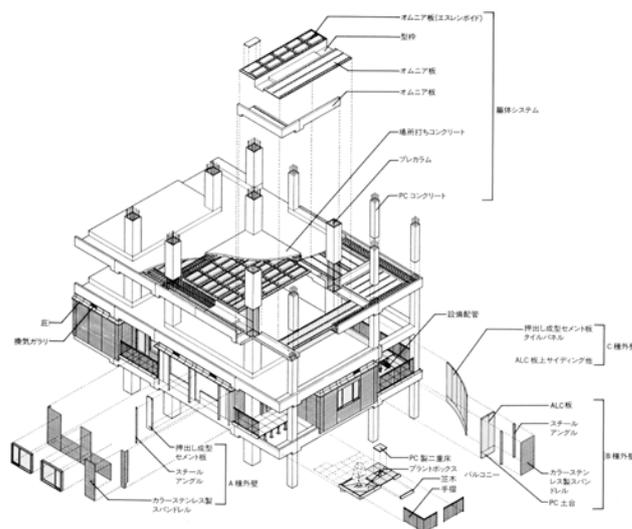
Gambar 2.26 Denah masing-masing hunian yang berbeda setiap lantai (openbuilding.org)

Konsep kedua yang digunakan adalah “*Two-Step Housing Supply System*”. Konsep ini adalah sebuah sistem yang membagi elemen bangunan menjadi dua kelompok, yaitu elemen yang memiliki jangka waktu penggunaan panjang dengan tingkat penggunaan komunal tinggi (kolom, balok dan plat lantai) dan elemen yang jangka waktu penggantianannya pendek pada daerah privat hunian (partisi dinding, fasilitas gedung dan peralatan). Setelah pengelompokan elemen bangunan dengan cara ini, perencanaan dan konstruksi melanjutkan prosesnya. Keuntungan utama dari sistem ini adalah kebutuhan penghuni dapat tercermin sekaligus menjaga kelayakan sosial sebagai ruang kota dan sebagai sebuah bangunan. Dengan menggabungkan dua langkah sistem terpisah ini, di NEXT21 perancang mencoba sistem desain baru untuk hunian yang mampu menangani kebutuhan individu.



Gambar 2.27 Denah kerangka bangunan yang masih kosong dan contoh pengisian partisi pada hunian (openbuilding.org)

Kerangka bangunan (*building frame/skeleton*), *cladding* eksterior, penyelesaian interior, dan sistem mekanik dirancang sebagai subsistem bangunan independen, masing-masing dengan cara perbaikan yang berbeda, penambahan, dan siklus penggantian mengikuti prinsip yang sudah disepakati. Rancangan dari 18 unit dimulai setelah desain kerangka bangunan jadi dan saat proses konstruksi kerangka. Tempat tinggal dan sistem mekanik dirancang sebelum merancang sistem mekanik bangunan dasar (*base building*). Setiap tata letak unit interior dan eksterior bebas dirancang namun masih dalam satu sistem koordinasi dan aturan dalam mengatur posisi berbagai elemen.

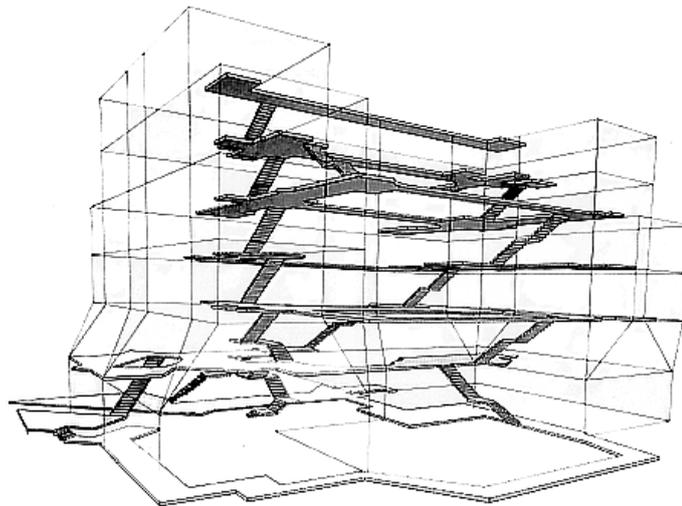


Gambar 2.28 Sistem bangunan yang diterapkan pada Next21 (openbuilding.org)

Hunian ini menyediakan ketinggian cukup dari lantai ke lantai untuk menyediakan ruang distribusi utilitas di atas langit-langit dan di bawah lantai (*raised floor*) sehingga saluran dan pipa dapat melewati bagian yang tidak terhalangi balok untuk menyalurkan ke zona utilitas horisontal utama di bawah koridor luar.

#### Penyediaan Fasilitas Bersama

Sebuah jalan 3 dimensi (*3 dimensional street*) dirancang sebagai elemen alami terkait dengan Taman Ekologis, dan ruang publik yang berperan penting untuk memungkinkan interaksi sosial antar penghuni di setiap hunian. Setiap penghuni akan dapat menikmati suasana seperti jalan, sekaligus menjaga privasi dalam gaya hidup mereka yang berbeda.



Gambar 2.29 Konsep “3 dimensional street”

#### **2.8.2 Studi Preseden 2 : Kitagata Housing**

Kitagata adalah salah satu contoh pembangunan perumahan yang memberikan paradigma baru pada perumahan sosial Jepang. Gedung apartemen ini merupakan satu bagian dari rangkaian proyek rekonstruksi perumahan.

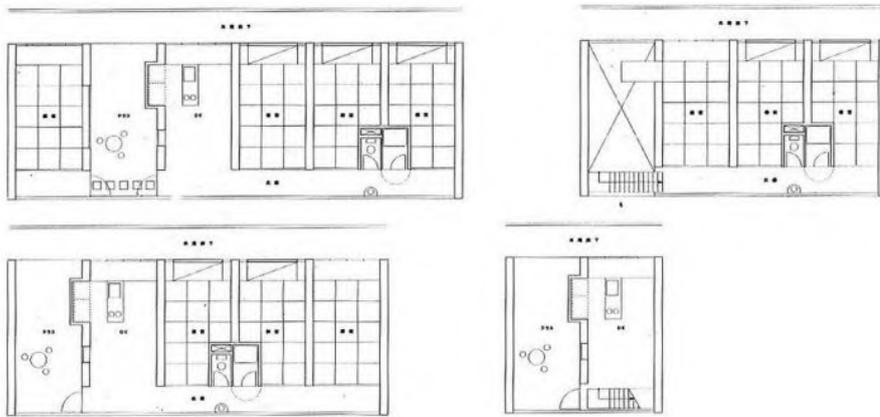
Arsitek	: Akiko Takahashi, Kazuyo Sejima, Christine Hawley, and Elizabeth Diller
Lokasi	: Jepang
Fungsi Bangunan	: Apartemen Sewa
Status	: Terbangun



Gambar 2.30 Kitagata Housing

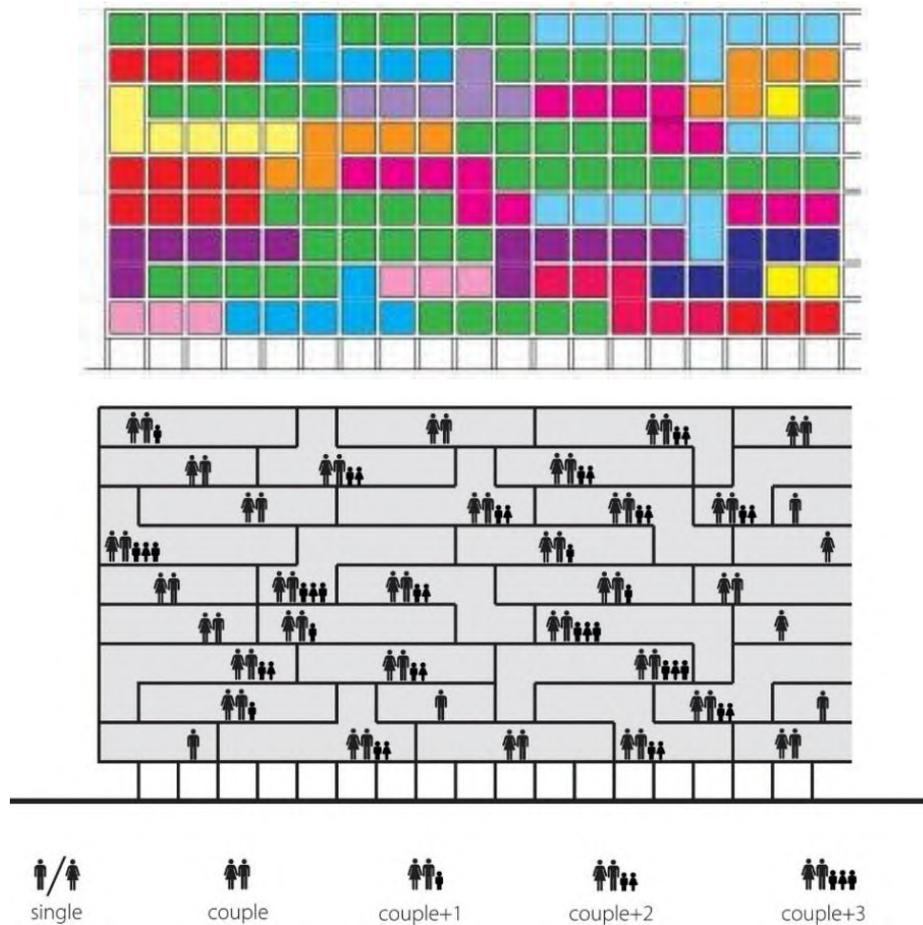
### Penerapan Open Building

Bangunan ini merupakan apartemen sewa dan dapat diasumsikan bahwa berbagai jenis keluarga akan tinggal di unit-unit tersebut. Maka perlu diantisipasi bahwa bentuk hunian tidak akan terbatas pada standar keluarga yang ada, tetapi juga membuka peluang berbagai jenis kelompok penghuni yang akan tinggal.



Gambar 2.31 Modul hunian

Apartemen dirancang dari sekumpulan blok unit modular. Dari perancangan tersebut, terbentuk denah dan potongan yang membentuk konfigurasi ruang yang bervariasi. Konsep tersebut berdampak hilangnya kesan monoton pada masing-masing unit hunian. Penerapan *open building* pada bangunan diterapkan dari unit modular yang dapat digabungkan satu sama lain untuk mendapatkan unit hunian gabungan sesuai dengan kebutuhan penghuni.



Gambar 2.32 Ilustrasi Konsep Penempatan Hunian

### Sistem Bangunan

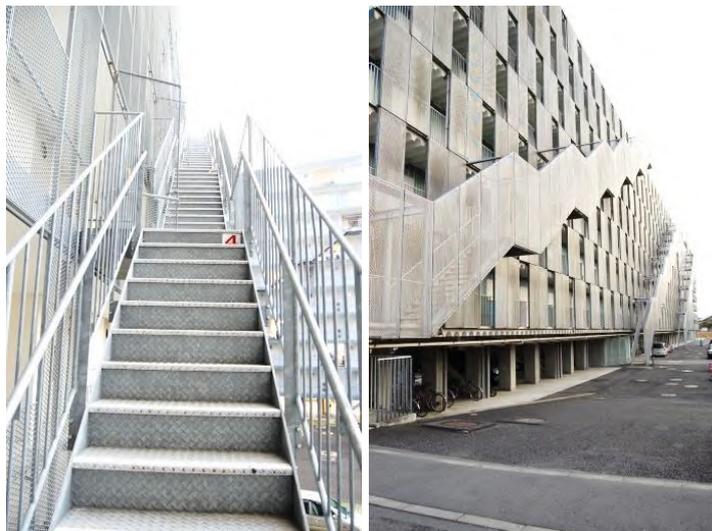
Struktur utama yang diterapkan pada bangunan berupa *reinforced concrete* dengan sistem prefabrikasi. Unit hunian merupakan hasil prefabrikasi dan bersifat modular. Sistem ini mendukung pengaturan unit hunian yang lebih mudah dan efektif dalam proses pembangunannya. Hal lain yang diperhatikan adalah konsep sirkulasi. Kitagata menerapkan sistem *single loaded slab*. Hal ini bertujuan agar masing-masing unit mendapatkan cahaya matahari secara langsung dan mendapatkan pencahayaan alami dari sisi yang terpapar matahari secara maksimal. Keputusan desain ini juga berpengaruh terhadap tampak bangunan yang terkesan ringan dan tipis walaupun terdiri dari blok bangunan yang masif.



Gambar 2.33 Fasade Kitagata housing

### Fasilitas Bersama

Masing-masing unit telah dilengkapi dengan teras. Fasilitas bersama pada bangunan yang berupa penempatan teras sepanjang fasade bangunan juga berfungsi sebagai sirkulasi dan tempat berinteraksi antar penghuni secara sekaligus (Gambar 2.34). Selain itu, Kitagata Housing memiliki konsep 3 *entrance* menuju unit hunian masing-masing. Konsep ini bertujuan memberikan peluang terjadinya interaksi antar penghuni di dalam unit apartemen sekaligus membagi tingkat privasi pada masing-masing unit.



Gambar 2.34 Tangga berfungsi sebagai ruang sosial sekaligus sirkulasi

### 2.8.3 Studi Preseden Desain Generatif 1 : Vertical Village

Rancangan ini secara resmi diberi nama “*Vertical Village: A Sustainable Way of Village-style Living*”. Bersama dengan Winy Maas, Salah satu pendiri MVRDV, proyek ini menjadi juara pertama dalam kompetisi D3 Housing Tomorrow 2011.



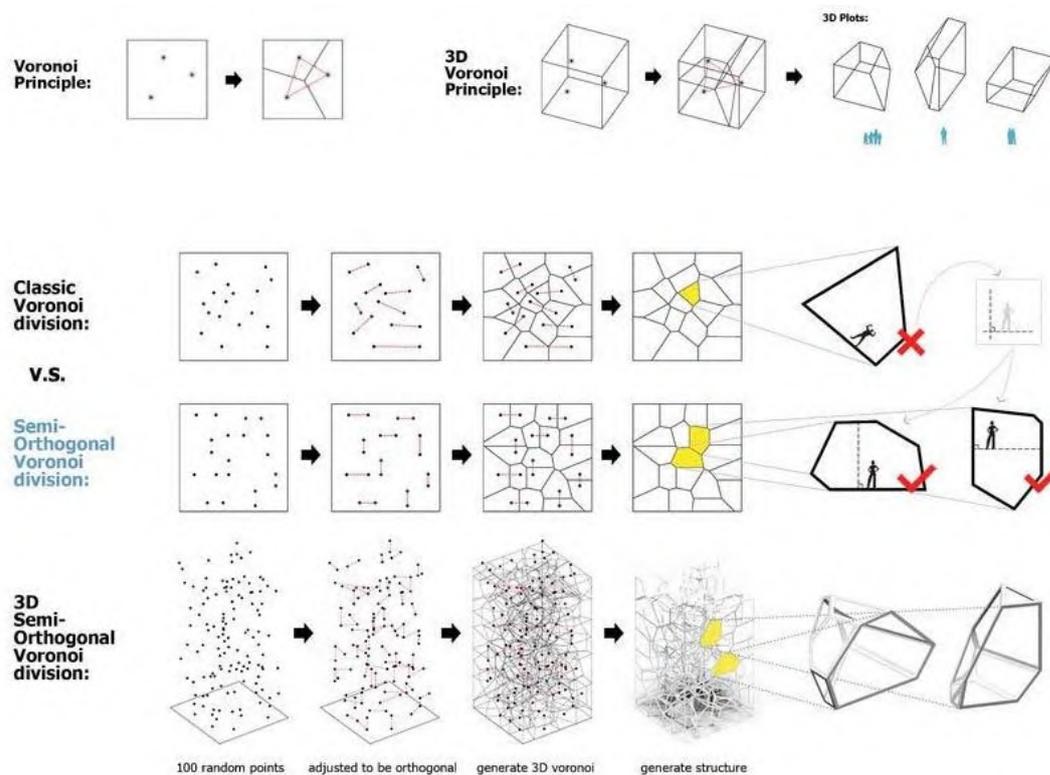
Gambar 2.35 Vertical Village (archdaily.com)

Arsitek : Y Zhang, R Sewtahal, R Postma and Q Cai  
Fungsi Bangunan : Hunian Vertikal  
Status : Konsep

Bangunan ini menawarkan solusi transformatif yang berkelanjutan, dari kinerja bangunan dan interaksi sosial melalui studi geometri lingkungan, perilaku sosial, implikasi perkotaan, dan program. Perancang berusaha mengeksplorasi bentuk baru perumahan dengan kepadatan menengah dan cara baru untuk mengakomodasi kehidupan desa tanpa menempati bidang tanah sebanyak desa-desa konvensional.

#### Penerapan Voronoi

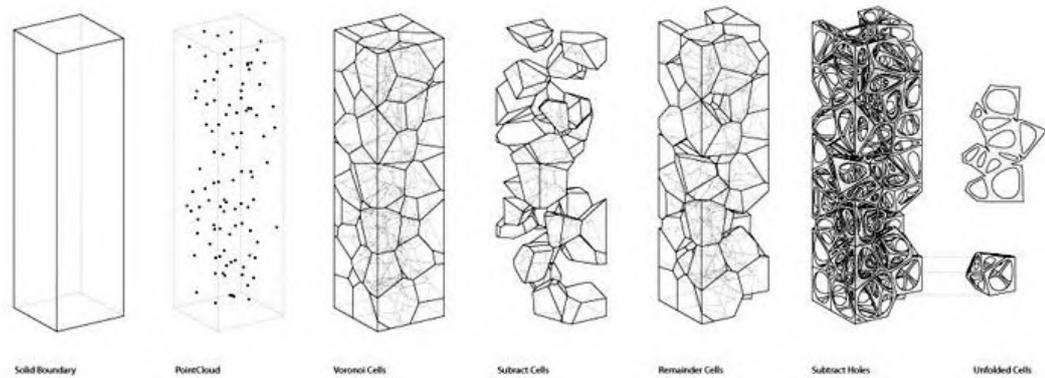
Aturan khusus yang mengendalikan pembentukan voronoi, dimulai generasi poin dimana setiap titik ditentukan relatif ortogonal/sejajar ke titik terdekat, sehingga setiap sel akan memiliki permukaan terbesar yang tegak lurus atau sejajar dengan horizon. Beberapa kegiatan, seperti memasak atau belajar, membutuhkan permukaan datar, sementara yang lain, seperti berkebun atau mengadakan pesta, bisa terjadi di bagian-bagian yang tidak teratur alasnya. Maka, ruang terbentuk telah diatur oleh sistem ini.



Gambar 2.36 Proses pengaturan parameter dan penerapan voronoi (archdaily.com)

Berdasarkan paradigma rancang yang diangkat, sebuah desa tradisional memberikan penghuninya kesempatan membangun rumah mereka yang unik yang membentuk atau mencerminkan gaya hidup yang berbeda. Namun, sebuah desa menempati sumber terlalu banyak lahan yang seharusnya menjadi milik alam. Tempat tinggal yang dirancang vertikal akan memberikan efisiensi dan kapasitas, tetapi domain pribadi kehilangan keunikan mereka harus memiliki. Oleh karena itu, konsep ide "plot 3D" memberikan pilihan ketiga yang disebut "desa Vertikal".

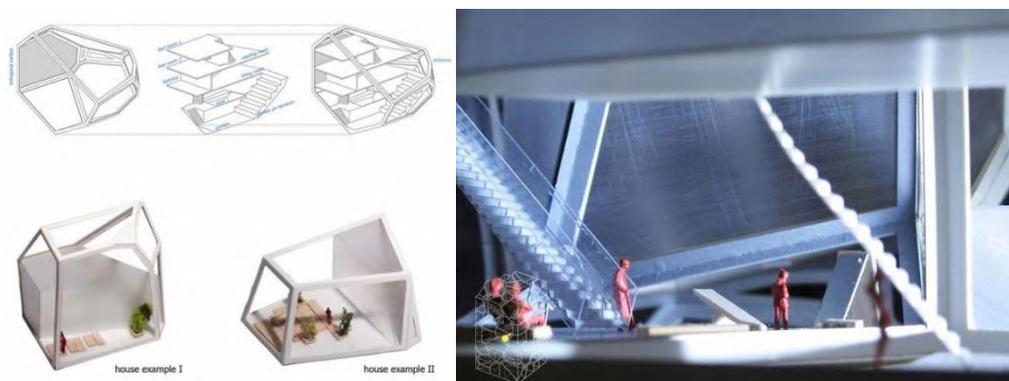
Pembagian plot 3D didasarkan pada sistem algoritma 3D Voronoi, yang dapat menerjemahkan hubungan titik/poin dalam membagi volume tertentu ke dalam sel-sel individual. Jika setiap sel dimiliki oleh satu keluarga, dengan mengubah posisi titik, kita dapat membuat berbagai bentuk hunian untuk individu. Setiap keluarga dapat memutuskan di mana dan bagaimana untuk menempatkan rumah mereka dalam plot 3D yang telah ditentukan.



Gambar 2.37 Tahap *form generating* menggunakan diagram voronoi 3D (archdaily.com)

### Integrasi Sistem Struktur dan Sirkulasi

Serangkaian sel dirancang sebagai sirkulasi dan fasilitas publik untuk menyediakan tempat tinggal dengan kenyamanan dan tempat-tempat tertentu untuk mengakomodasi kegiatan bersama. Bangunan menggunakan sistem struktur ruang dimana masing-masing unit disusun oleh frame yang membentuk ruang untuk dimanfaatkan sebagai hunian.



Gambar 2.38 Diagram sistem struktur dan penyediaan sirkulasi (archdaily.com)

### **2.8.4 Studi Preseden Desain Generatif 2 : Poreux Tower**

Poreux adalah Proyek yang berlokasi di kawasan Docklands, pinggiran kota Melbourne, Australia. Proyek ini adalah proposal untuk menjembatani area Docklands ke pusat kota Melbourne. Diagram Voronoi digunakan sebagai dasar dari konsep desain sebagai cara untuk mendistribusikan kepadatan penduduk dan membuat program horizontal dan vertikal.

Arsitek : Domenic Cerantonio, Michael Wu, Wilson Tang  
Lokasi : Melbourne, Australia  
Status : Proposal



Gambar 2.39 Skyscraper Poreux (evolo.us)

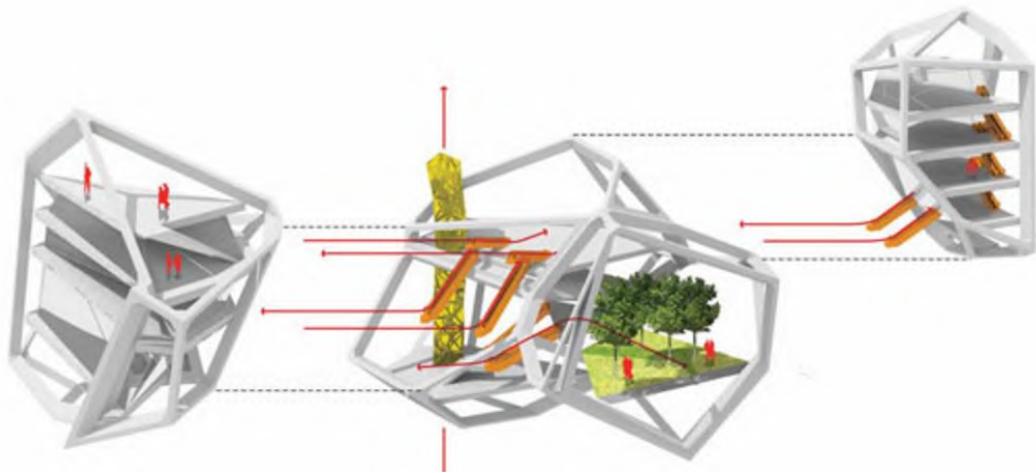
### Penerapan Voronoi

Pemetaan program lingkungan yang ada dilakukan sebagai sumber eksplorasi kemungkinan pola voronoi. Empat kegiatan node utama (perumahan, rekreasi, komersial dan transportasi) diidentifikasi dan dimasukkan ke dalam *script* voronoi untuk menghasilkan lapisan pola berdasarkan setiap kegiatan node. Keempat grid abstrak yang berbeda kemudian ditumpuk untuk membentuk grid dalam upaya mengeksplorasi kemungkinan bagaimana informasi peta voronoi perkotaan bisa diaplikasikan pada arsitektur dan ruang kota.



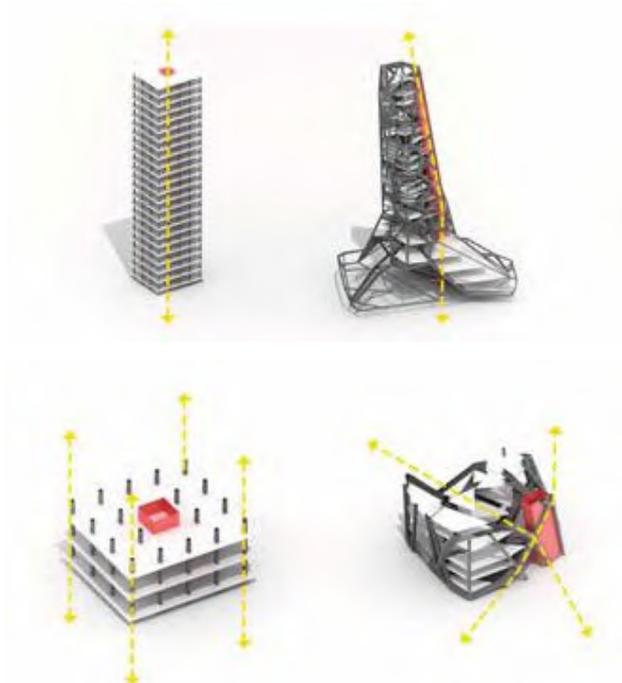
Gambar 2.40 Penerapan Voronoi dalam pemetaan node kegiatan utama kota (evolo.us)

## Integrasi Sistem Struktur dan Sirkulasi



Gambar 2.41 Sistem Sirkulasi dalam frame struktur

Ketergantungan terhadap lift vertikal pada gedung tinggi konvensional telah diganti dengan menggunakan eskalator dan tangga. Lantai yang berada pada di antara sel-sel disangga oleh sebuah struktur tiga dimensi voronoi. Elemen ini menggabungkan penyangga beban, fasade, dan kedekatan ruang ke dalam satu elemen. Hal tersebut menciptakan bentuk konstruksi baru yang efisien dengan menggunakan bahan kurang dari sistem konstruksi konvensional (Gambar 2.42).



Gambar 2.42 Komparasi sistem struktur baru dengan sistem struktur konvensional

## 2.9 Sintesa Studi Preseden

Berdasarkan hasil kajian mengenai preseden, dihasilkan beberapa pelajaran yang bisa diambil. Berikut adalah tabel hasil sintesa kajian studi kasus:

Tabel 2.4 Sintesa Studi Kasus aspek Ekologis, *Open Building*, dan Ruang Publik

No	Aspek	Osaka Gas NEXT21	Kitagata housing
1	Ekologis Bangunan	Menggunakan strategi <i>Greenery Thermal Effect</i> yaitu menyediakan lingkungan alam asli di dalam, sekitar, selubung, dan atap bangunan.	Menyediakan ruang hijau yang berada di antara 4 massa besar bangunan dan bersifat privat untuk penghuni Kitagata Housing sendiri.
2	Penerapan Open Building dan Sistem Bangunan	Pengembangan hunian diterapkan dengan menggunakan <i>two step housing supply</i> . Menggunakan sistem kerangka bangunan yang terlebih dahulu dirancang bersamaan dengan utilitas, kemudian mengisi dengan partisi untuk hunian yang berbeda	Modul bangunan dapat dikembangkan secara vertikal dan horizontal tergantung kebutuhan ruang penghuninya sehingga bentuk fasad dan unit bisa berkembang. Bangunan menggunakan sistem kerangka rigid fram struktur beton, yang kemudian modul masing-masing hunian menggunakan partisi yang bisa diubah sesuai kebutuhan penghuni.
3	Fasilitas Bersama	Terdapat <i>3 dimensional street</i> berupa tangga dan koridor yang berfungsi sebagai ruang publik yang dilewati bersama sekaligus menjaga privasi.	Menyediakan 3 layer dari tangga, teras, dan ruang kosong di dalam untuk menjadi tempat sosial yang masing-masing memiliki tingkat privasi yang berbeda.

Tabel 2.5 Sintesa Studi Preseden Penerapan Desain Generatif

No	Aspek	Vertical Village	Poreux
1	Penerapan Voronoi	Setiap gelembung voronoi dimiliki atau diperuntukkan untuk satu keluarga. Dalam gelembung tersebut, penghuni bebas menentukan ruang dan privasi sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Algoritma khusus diterapkan untuk mengatur penentuan titik-titik yang akan menjadi ruang hunian agar bisa sejajar dengan titik yang ada	Voronoi diterapkan dari pemetaan 4 aktivitas utama (permukiman, rekreasi, komersial, transportasi) pada sekelilingnya. Hasil identifikasi tersebut kemudian digunakan sebagai pengaturan parameter algoritma. Ke empat pola yang ada kemudian disuperimposisikan untuk mendapatkan grid yang lebih kecil sehingga mendapatkan

		didekatnya. Hal ini sebagai bentuk respon desain untuk membentuk ruang yang alasnya datar dan mendapatkan area terluas dalam potongan bentuknya.	opsi/alternatif pembentukan bentuk voronoi 3dimensi.
2	Sistem Struktur dan Sirkulasi	Sirkulasi dan ruang bersama terbentuk dari gelembung voronoi yang dirancang sebagai sirkulasi dan fasilitas umum dalam menyediakan kenyamanan dan tempat-tempat untuk kegiatan bersama. Pada ruang-ruang antar unit dengan volume yang cukup besar dan tersebar di hampir tiap lantai bangunan, akses berupa tangga masing-masing terhubung ke unit hunian.	Masing-masing struktur tiga dimensi dibentuk oleh voronoi dan menggabungkan beban, fasadde, struktur, serta hubungan dalam satu elemen. Hal tersebut menciptakan bentuk konstruksi yang lebih efisien dibandingkan sistem rigid frame yang disusun dari konstruksi kolom dan balok konvensional.

## 2.10 Aspek Perancangan

Berdasarkan hasil sintesa pustaka dan preseden, dapat disimpulkan bahwa aspek perancangan meliputi objek rumah pohon dan konsep interkoneksi. Berikut adalah aspek rancangan masing-masing:

### 1. Konfigurasi Hunian

Konsep jaringan rumah pohon yang dirancang dengan prinsip *open building* menggunakan metode *generative design*. Konsep dikembangkan berdasarkan konsep *open building* yang memberikan potensi perubahan baik secara arsitektural, luas ruang, dan fungsi gabungan ruang yang terbentuk.

### 2. Pengembangan Ruang Hunian

Ruang hunian ditentukan agar memenuhi standar berdasarkan hasil kajian dan analisis terhadap pola pepohonan eksisting sesuai konteks tapak. Beberapa analisis terkait konsep interkoneksi disintesa dan diaplikasikan pada unit hunian agar mengokupansi ruang di antara pepohonan dan menyediakan potensi pengembangan hunian secara optimal.

### 3. Sistem Bangunan Rumah pohon

Meliputi aspek fisik rumah pohon yang meliputi sistem struktur, fasade, material, utilitas) yang dikembangkan berdasarkan pendekatan desain ekologi dan pendekatan *open building*. Paradigma perancangan yang juga harus dipertimbangan adalah hasil sintesa kajian tipologi rumah pohon, analisis lahan, kajian penelitian sebelumnya mengenai pedoman rumah sederhana sehat, dan teori perumahan.

### 4. Fasilitas Bersama

Disediakan sebagai bentuk pemenuhan kebutuhan interaksi sosial antar penghuni. Fasilitas ini dapat berupa ruang bersama dan berbagai sarana prasarana lain yang terkait dengan rumah pohon. Paradigma perancangan juga tetap memperhatikan pendekatan ekologi dan *open building*.

## 2.11 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan didapat dari hasil permasalahan rancang melalui proses kajian mengenai objek rancang, konsep, dan pendekatan teori. Penjabaran kriteria bertujuan untuk mendapatkan konsep-konsep desain yang menyelesaikan permasalahan rancangan. Kriteria yang harus dipenuhi adalah:

1. Konfigurasi jaringan interkoneksi hunian rumah pohon merespon dan mengakomodasi potensi perubahan kebutuhan aktivitas.
2. Ruang hunian harus memenuhi standar kelayakan hunian dan mengokupansi lahan secara optimal sesuai pola persebaran pepohonan eksisting.
3. Hasil rancangan rumah pohon mampu berintegrasi dengan lingkungan asli secara holistik sekaligus meminimalkan kerusakan yang ditimbulkan.
4. Penerapan metode *generative design* harus diintegrasikan dan mengakomodasi sistem bangunan yang terkait.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PERANCANGAN**

#### **3.1 Jenis Permasalahan Perancangan**

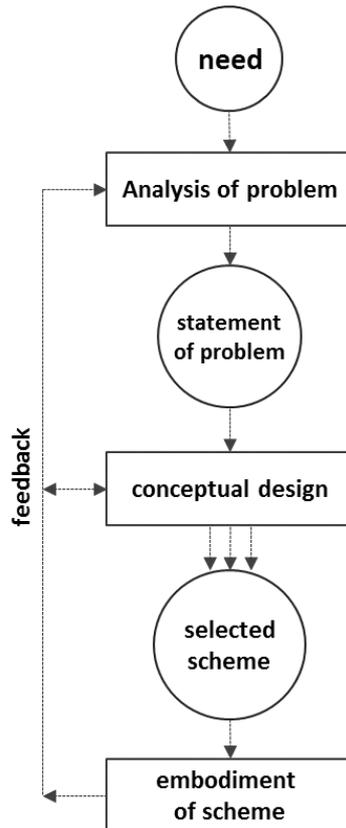
Pada tesis perancangan ini, rumah pohon sebagai hunian alternatif ditentukan sebagai objek perancangan. Secara ekologis, keberadaan rumah pohon diharapkan dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan terhadap pohon asli beserta ekosistem di sekitarnya. Sesuai konteks rumah pohon di hutan kota Balikpapan ditinjau dari pendekatan *open building*, kebutuhan mengakomodasi aktivitas rumah tangga yang terus berkembang menjadi isu perancangan yang penting. Pengembangan unit hunian yang dapat berubah dan berkembang/tumbuh menjadi aspek yang diperhatikan karena terkait dengan kebutuhan kehidupan penghuni yang akan berubah maupun bertambah di masa mendatang. Ekosistem pepohonan juga ikut berubah sejalan waktu sehingga isu perancangan yang penting untuk diselesaikan adalah bagaimana rumah pohon yang diusulkan mampu berintegrasi dengan bentuk lingkungan dan kebutuhan penghuni yang selalu berubah di masa mendatang.

Berdasarkan analisis tersebut, konsep interkoneksi diterapkan pada hunian rumah pohon untuk menyelesaikan masalah perancangan. Interkoneksi yang dimaksud adalah kemampuan rumah pohon untuk secara fisik membentuk sebuah jaringan hunian yang saling terhubung di dalam ruang yang terbentuk di antara pepohonan. Masing-masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain melalui pola jaringan yang akan dirancang berdasarkan pola pepohonan eksisting dan menempati ruang yang ada dengan optimal.

Masalah utama yang dijabarkan melalui skema alur permasalahan perancangan rumah pohon interkoneksi (Gambar 1.2) menunjukkan sifat dari *ill-defined problems* atau *ill-structured problems*. Solusi yang diusulkan merupakan pemahaman dari masalah desain yang memunculkan beberapa alternatif. Maka, proses perancangan yang dipilih adalah yang memungkinkan terbentuknya beberapa alternatif rancangan dan akan dievaluasi dari kriteria yang ditetapkan dari hasil studi dan analisis.

### 3.2 Proses Perancangan

Pada tesis ini, proses perancangan mengadopsi model proses perancangan oleh French (Cross, 1994). Proses perancangan (Gambar 3.1) ini dipilih karena sesuai kebutuhan perancangan untuk mengeksplorasi rancangan rumah pohon yang menerapkan konsep interkoneksi. Penjelasan pada proses desain adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model Proses Desain menurut M J French (Cross, 1995)

#### 3.2.1 Kebutuhan (*Need*)

Tahap ini adalah penetapan isu utama dan pendekatan tertentu sebagai latar belakang masalah dan latar belakang pemilihan objek rancang. Isu yang dipilih dalam tesis perancangan ini adalah deforestasi dan mengambil konteks di hutan kota Balikpapan, dimana pada konteks tersebut deforestasi disebabkan salah satunya oleh pertumbuhan jumlah penduduk yang berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan pemukiman. Objek perancangan yang diangkat adalah rumah pohon. Masalah perancangan terkait dianalisis menggunakan pendekatan teori ekologi dan teori *open building*.

### 3.2.2 Analisis Masalah (*Analysis of Problem*)

Analisis masalah adalah langkah penting dalam keseluruhan proses merancang (French dalam Cross, 1995). Luaran proses ini adalah pernyataan masalah perancangan, dalam pernyataan masalah tersebut dapat memiliki 3 elemen, yaitu:

- Pernyataan masalah perancangan
- Batasan solusi perancangan
- Kriteria rancangan yang ingin dicapai

Metode yang digunakan pada tahap analisis masalah adalah *Literature Searching* dan *Stating Objectives*. Metode *Literature Searching* dipilih karena pada tahap awal dibutuhkan data sebanyak-banyaknya mengenai isu dan objek rancang untuk mengantisipasi kesalahan pengambilan keputusan dalam desain. Metode ini dilakukan dengan pencarian data literatur yang terkait dengan objek rancang, konsep terkait, teori terkait, lokasi, dan aspek lain yang akan berpengaruh pada hasil luaran desain. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, tahap selanjutnya dilakukan dengan metode *Stating Objectives*. Menyatakan poin-poin yang berisikan kriteria, batasan, dan tujuan yang akan dicapai dalam perancangan. Detail proses pada masing-masing metode adalah sebagai berikut:

#### 1. Pengumpulan data (*Literature Searching*)

- Data literatur: Pencarian dan pengumpulan data, legal/peraturan, dan kajian teori arsitektur terkait, dan semua data lain yang dapat mempengaruhi hasil luaran perancangan.
- Data penelitian: Mengumpulkan data mengenai penelitian terdahulu yang berkaitan kajian terhadap objek dan konsep perancangan.
- Survey tapak: Melakukan survey langsung untuk mendapatkan ke lokasi dan menghasilkan data tapak berupa titik-titik pohon dan jenis pohon di hutan kota di Balikpapan dianalisis untuk mendapatkan pola persebaran dan pola pertumbuhan pohon yang hasilnya akan digunakan sebagai dasar merancang rumah pohon dengan eksplorasi konsep interkoneksi.

## 2. Penarikan Kesimpulan (*Stating Objectives*)

Mengumpulkan semua data yang diambil menurut isu dan masalah, kemudian dianalisis menggunakan pendekatan yang dipilih yang akan dijadikan landasan berpikir untuk menetapkan rumusan masalah. Analisis pada tahap dilakukan menggunakan pendekatan desain ekologi dan *open building*.

### 3.2.3 Pernyataan Masalah Perancangan (*Statement of Problem*)

Tahap ini berhubungan erat dengan tahap sebelumnya. Luaran yang dihasilkan pada tahap ini berupa penetapan rumusan masalah perancangan sesuai hasil analisis data dan ditinjau dari pendekatan yang digunakan. Metode penyajian pernyataan masalah perancangan berupa narasi dalam paragraf dan beberapa poin.

### 3.2.4 Menghasilkan Konsep Ide (*Conceptual Design/ Generate ideas*)

Pada tahap ini data-data diolah dan sudah menggunakan pendekatan untuk menghasilkan rancangan secara konseptual. Tantangan yang dihadapi dalam proses merancang rumah pohon dengan pola interkoneksi adalah proses mengidentifikasi dan merumuskan pola yang dibentuk oleh pepohonan asli dengan bentuk geometri dasar yang kompleks agar menjadi bentuk geometri yang lebih dipahami. Dalam tahapan yang dilakukan dalam perancangan rumah pohon interkoneksi, luarannya adalah desain yang diajukan sebagai solusi masalah perancangan.

Metode yang digunakan pada tahap ini adalah metode *Generative Design* yaitu Triangulasi Delaunay dan Diagram Voronoi, dengan bantuan komputasi (Rhinoceros dan Grasshopper). Setelah studi mengenai pola telah dilakukan dan mendapatkan hasil, selanjutnya untuk dapat menghasilkan beberapa alternatif rancangan. Terdapat dua tahap yang dilakukan dalam menghasilkan pola interkoneksi. Langkah pertama adalah menentukan titik pola persebaran pohon eksisting dan identifikasi terhadap bentuk pola pertumbuhannya menggunakan triangulasi Delaunay, kemudian menggunakan diagram voronoi untuk membantu mencari skema rancangan yang paling sesuai dengan pola pepohonan dan mengaplikasikan konsep interkoneksi pada rumah pohon.

### **3.2.5 Skema Terpilih (*Selected Schemes*)**

Pada tahap ini telah dihasilkan beberapa hasil konsep dan skema yang sudah dikembangkan dari tahap sebelumnya. Studi dilakukan untuk membandingkan hasil luaran dari beberapa konsep yang ada sehingga didapatkan hasil skema/konsep yang paling sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Metode yang digunakan adalah *Crosscheck Evaluation*. Metode ini dilakukan dengan menganalisa semua elemen desain yang terkait pada kriteria perancangan untuk menemukan alternatif desain terbaik sesuai kriteria yang telah ditentukan.

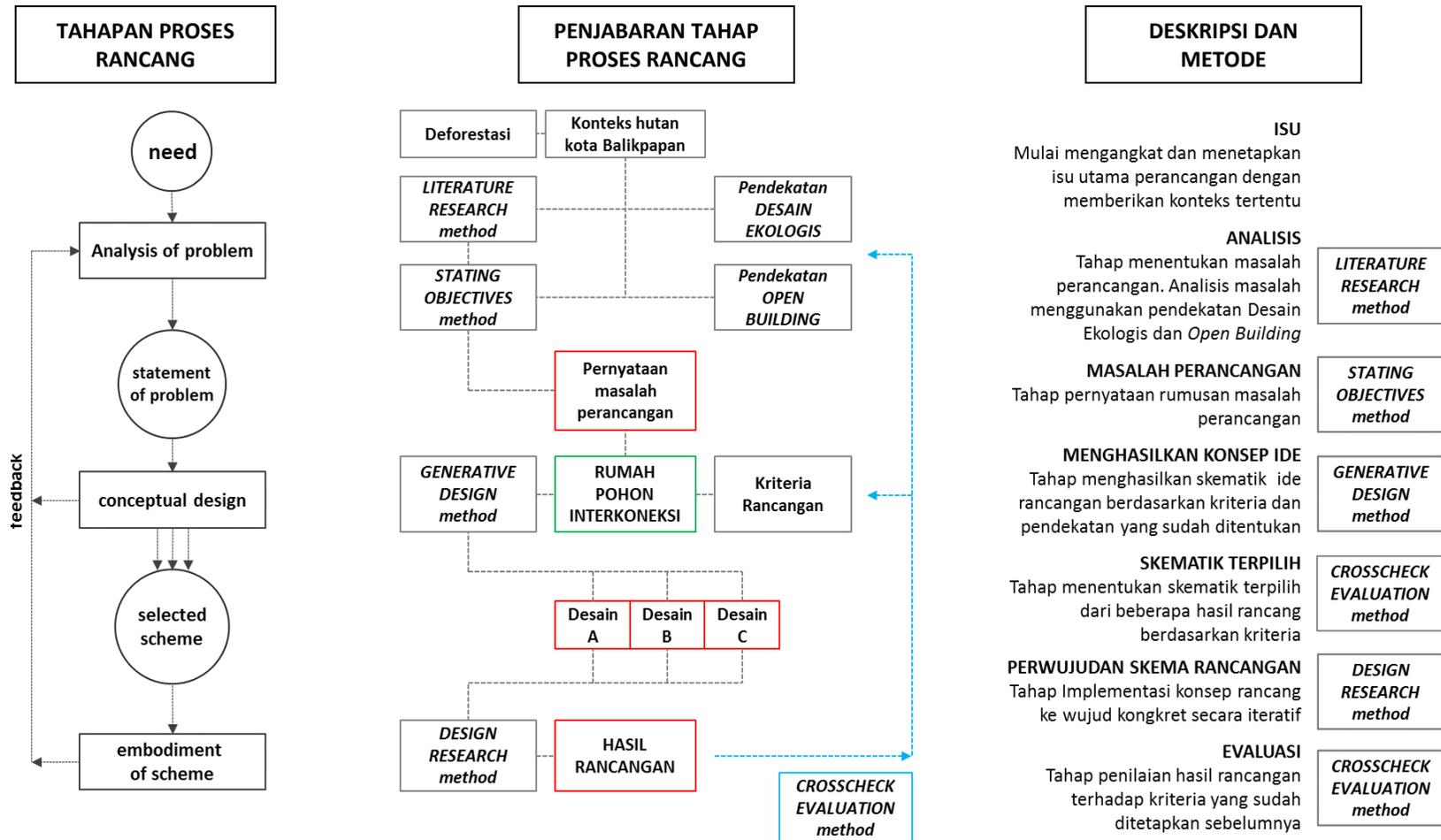
### **3.2.6 Perwujudan Skema Rancangan (*Embodiment of Schemes*)**

Pada tahap ini, proses implementasi skema dan konsep menjadi wujud yang lebih kongkret/detail. Luarannya adalah dapat berupa sekumpulan gambar yang dapat dipahami. Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah *Design Research* digunakan dalam tahap ini untuk menjadikan bentuk skema rancangan menjadi wujud fisik arsitektural yang lebih detail.

### **3.2.7 Evaluasi Hasil Rancangan (*Feedback*)**

Tahap ini adalah bentuk evaluasi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya dan dilakukan untuk mengelompokkan ragam hasil eksplorasi interkoneksi berdasarkan kemampuan, kelebihan, kekurangan dan perbedaan yang dihasilkan antar ragam bentuk eksplorasi, sehingga proses desain dapat di olah kembali untuk mengetahui pengaruh setiap bentuk pola interkoneksi. Tahap *feedback* menentukan hasil rancangan dan pola interkoneksi terpilih berdasarkan konsep open building dan pola persebaran pepohonan hutan kota di Balikpapan.

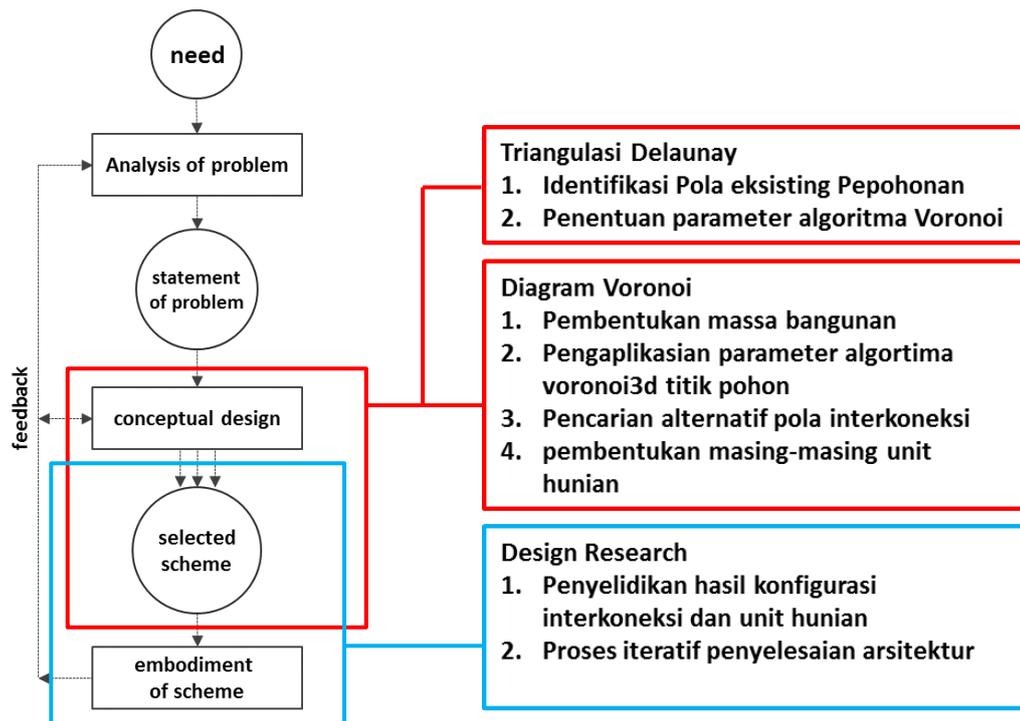
Metode yang digunakan adalah *Crosscheck Evaluation*. Hasil rancangan yang terpilih dikomparasi dengan studi preseden dan kriteria rancangan sebagai tolak ukur perbandingan rancangan. Proses *feedback* dilakukan untuk menghasilkan kesimpulan terhadap hasil rancangan yang layak dan mampu menyelesaikan permasalahan yang ada. Evaluasi yang dilakukan adalah salah satunya membandingkan dengan rancangan yang sudah ada sebelumnya.



Gambar 3.2 Adaptasi model rancang M J French pada proses perancangan

### 3.3 Metode Perancangan

Metode perancangan adalah salah satu tahap dalam rangkaian proses merancang. Metode rancang dapat berupa aktivitas yang dilakukan dan digabung dalam keseluruhan proses merancang. Pada tahap *Conceptual Design* hingga *Embodiment of Scheme* dalam proses perancangan ini, metode rancang yang digunakan untuk mengembangkan ide dan konsep rancangan adalah *Generative Design* dan *Design Research*.

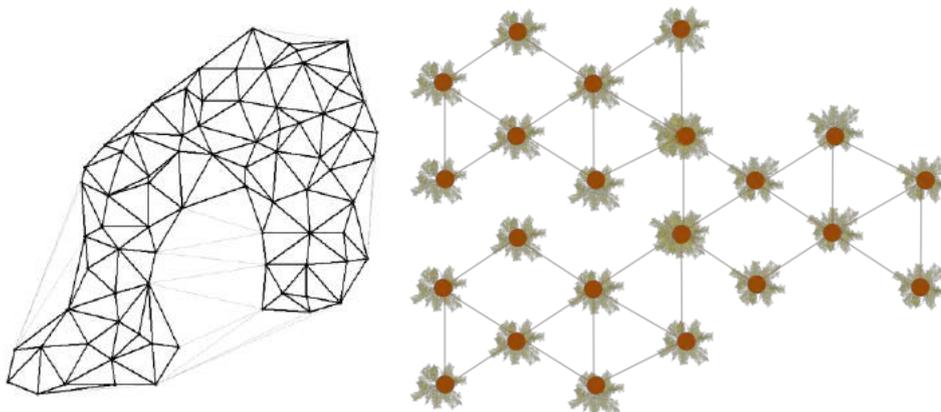


Gambar 3.3 Penerapan metode *generative design* dan *design research* pada proses perancangan

Dalam mengembangkan konsep interkoneksi, tahap pertama yang dilakukan melalui metode *generative design* dengan memanfaatkan Triangulasi Delaunay yang diterapkan pada titik-titik pohon eksisting di lokasi perancangan terpilih. Masing-masing titik dihubungkan menggunakan algoritma tersebut untuk menemukan pola geometri yang terbentuk di antara pepohonan. Garis penghubung khayal ini (Gambar 3.3), berguna untuk menentukan luas dan jarak optimal untuk ruang dalam rumah pohon. Hasil tersebut akan diekstrak menjadi parameter dalam tahap selanjutnya setelah disesuaikan dengan kebutuhan luas

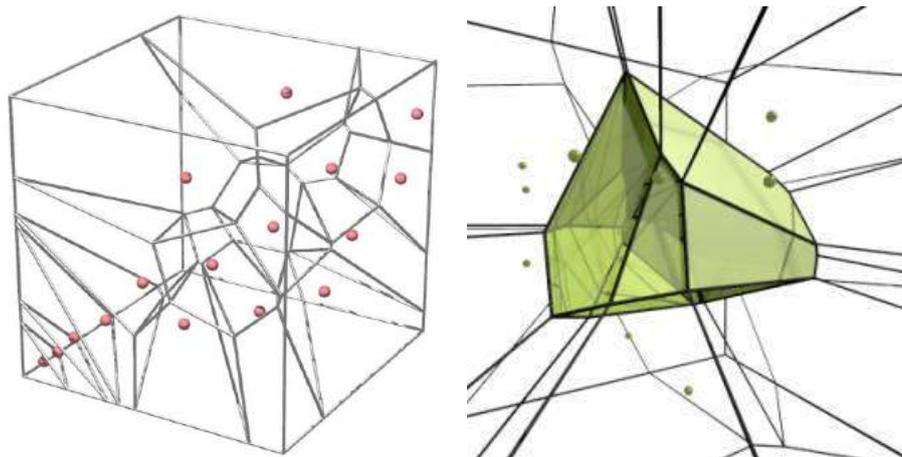
ruang minimal hunian. Setelah menemukan pola triangulasi, metode selanjutnya adalah menciptakan alternatif bentuk hunian melalui Diagram Voronoi.

Voronoi mempunyai elemen berupa titik-titik (area), titik voronoi, garis Voronoi, dan sel voronoi yang mampu mendapatkan jangkauan dan luas efektif dari suatu area. Sifat ini dapat dimanfaatkan untuk membentuk ruang hunian yang optimum dari jarak-jarak terdekat antar titik pohon.



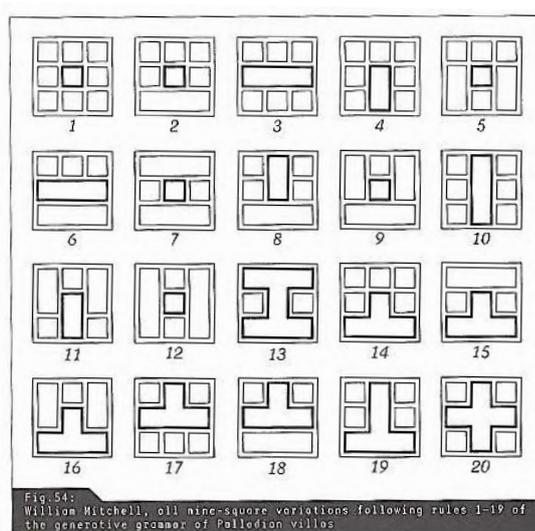
Gambar 3.4 Proses Triangulasi titik pohon untuk menemukan pola geometri yang terbentuk diantara pohon

Sesuai dengan kebutuhan menempatkan ruang hunian, diagram Voronoi dapat digunakan untuk mencari jangkauan efektif dari suatu daerah dan menentukan batas wilayah secara adil di antara pepohonan (Gambar 3.4). Setelah data dan diagram voronoi telah terbentuk, maka tahap selanjutnya adalah menjadikan *bubble*/gelembung voronoi yang terbentuk sebagai bentuk dasar unit hunian. Diagram voronoi yang sudah terbentuk secara otomatis menempati tempat terdekat dari beberapa titik pohon di sekitarnya, masing-masing elemen vertex voronoi yang didapatkan diukur dan ditetapkan sebagai parameter untuk diterapkan pada diagram voronoi 3 dimensi. Setelah data dan gelembung voronoi 3 dimensi telah terbentuk, maka tahap selanjutnya adalah menjadikan *edge*/garis tepi yang terbentuk sebagai rangka utama rumah pohon interkoneksi. Masing-masing frame dari gelembung voronoi yang terbentuk juga secara tidak langsung akan membentuk ruang dan secara otomatis menempati tempat terdekat dari beberapa titik pohon di sekitarnya sehingga hunian dapat menempati ruang di antara pohon secara maksimal.



Gambar 3.5 Proses Pembentukan Bentuk dari Diagram Voronoi 3dimensi

Setelah tahap pencarian bentuk masing-masing unit hunian, metode *design research*, diterapkan untuk mengembangkan opsi bentuk dan pola pengembangan unit hunian yang sudah ada dengan tujuan untuk menghasilkan rancangan terbaik pola konfigurasi interkoneksi terpilih. Metode ini juga diterapkan untuk pada pembedahan penataan denah Palladio's Villas (Stiny & Mitchell, 1978). *Design research* juga dapat digunakan untuk mendapatkan tatanan konfigurasi dan komposisi ruang. Oleh karena itu, *design research* merupakan sebuah proses bolak-balik dalam merancang guna mendapatkan pola atau tatanan yang dikehendaki melalui identifikasi bentuk dan hubungan ruang.



Gambar 3.6 *Design research* yang dilakukan oleh Stony dan Mitchell (Cross, 1995)

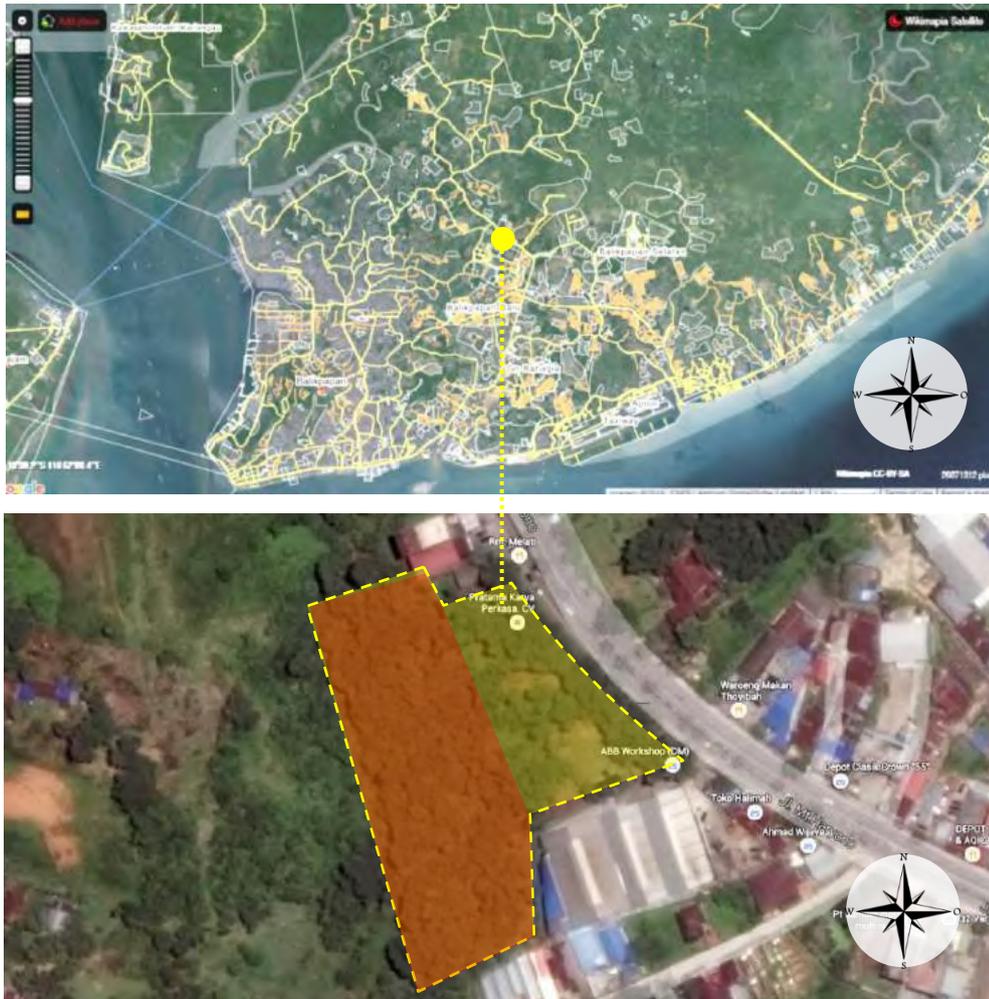
Metode *design research* dinilai aplikatif karena masalah desain yang dihadapi membutuhkan penyelesaian dengan mencari konfigurasi paling optimal unit hunian dan jaringan yang akan terbentuk. Eksplorasi yang dilakukan terhadap pola dan konfigurasi dikembangkan berdasarkan konteks hutan kota Balikpapan. Hasil eksplorasi sebelumnya yang menghasilkan berbagai alternatif rancangan dievaluasi melalui kriteria yang telah disepakati sehingga mendapatkan konfigurasi pola interkoneksi yang diharapkan.

## BAB 4

### KONSEP DAN HASIL RANCANGAN

#### 4.1 Analisis Lokasi

Pada tesis ini, lokasi yang dipilih sebagai studi kasus penelitian dan perancangan berada di Jalan MT Haryono yang secara legal termasuk kawasan kecamatan Balikpapan Utara, kota Balikpapan. Lokasi perancangan yang dipilih berupa kawasan pepohonan/hutan kota yang peruntukan lahannya telah beralih fungsi dari daerah ruang terbuka hijau menjadi area pemukiman pada hasil revisi Rencana Tata Ruang dan Tata Wilayah (RTRW) kota Balikpapan periode 2012-2032.



Gambar 4.1 Lokasi Tapak di jalan MT Haryono Balikpapan (wikimapia.org)

#### 4.1.1 Kondisi Fisik dan Geografis

Analisis tapak lokasi perancangan diperlukan untuk mengetahui karakter, masalah, dan potensi pada tapak. Terkait proses perancangan yang dipilih, analisis lahan akan berpengaruh pada rekomendasi desain dan tahap perancangan selanjutnya. Pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dan survey. Analisis fisik dilakukan menggunakan metode observasi. Kondisi eksisting tapak yang digunakan sebagai lokasi studi kasus perancangan masih berupa lahan kosong yang masih dipenuhi pepohonan. Bentuk lahan memanjang dari utara ke selatan dengan luas area yang ditutupi pepohonan sekitar 370 m<sup>2</sup> dan area yang tidak tertutupi pohon sekitar pada sisi timur. Batas-batas lokasi perancangan adalah sebagai berikut:

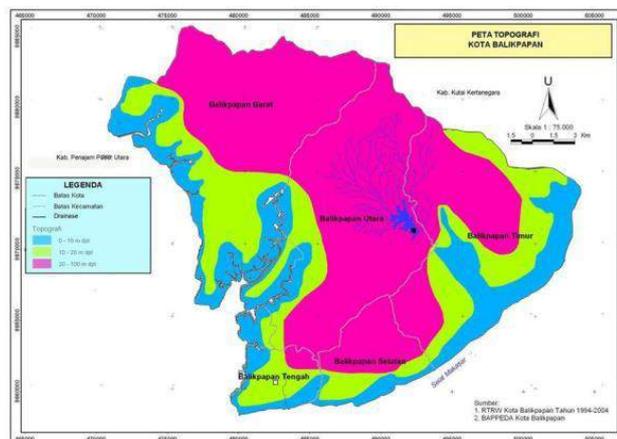
- Timur : Jalan MT Haryono
- Barat : Lahan Kosong (Perumahan)
- Utara : Lahan kosong (Perumahan)
- Selatan : Perumahan dan Pertokoan

Berdasarkan konteks perancangan, eksisting tapak masih berupa pepohonan yang cukup rapat. Kondisi tapak masih berupa hutan yang homogen dipenuhi pohon jenis meranti dewasa. Beberapa vegetasi yang tumbuh diantaranya berupa rumput dan tanaman kecil yang bersimbiosis dengan pohon.



Gambar 4.2 Foto Eksisting Lokasi Perancangan

Keadaan topografi Balikpapan seluas 85% merupakan daerah berbukit dengan kemiringan 15-40% dan 15% sisanya dengan kemiringan 0-15%. Elevasi Kota Balikpapan berada pada ketinggian 0-100 mdpl. Struktur tanah di Kota Balikpapan terdiri atas tanah podsolik merah kuning, tanah aluvial, dan pasir kwarsa. Di antara ketiga jenis tersebut, tanah podsolik merah kuning adalah yang paling banyak ditemukan (Gambar 4.3). Tanah ini memiliki tingkat kesuburan rendah disebabkan lapisan *topsoil* yang tipis dan batuan muda sehingga tanah bersifat labil. Tanah cenderung ditemukan pada daerah perbukitan yang mempunyai kemiringan di atas 15%. apabila curah hujannya tinggi akan mengakibatkan tanah tersebut mudah merosot dan terkikis karena erosi.



Gambar 4.3 Peta Topografi Balikpapan (RTRW Kota Balikpapan)

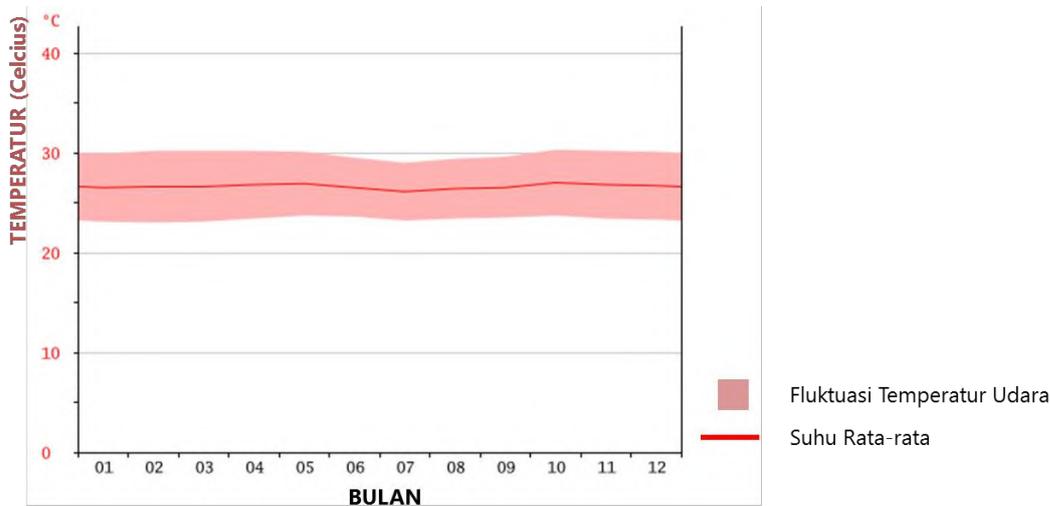
Berdasarkan data yang didapatkan, lokasi perancangan yang berada di jalan MT Haryono termasuk ke dalam area yang didominasi oleh jenis tanah podsolik merah dan hasil survey menunjukkan tapak cenderung tidak berkontur. Pada rumah pohon interkoneksi, kajian terhadap kontur dapat diaplikasikan pada pengembangan pola interkoneksi dan harus mempertimbangkan pengembangan pola secara 3 dimensi karena perbedaan elevasi titik dan ketinggian pohon. Ditinjau dari pendekatan ekologis, keadaan topografi yang tidak terlalu berkontur mengakibatkan intervensi rancangan pada eksisting tapak menjadi kecil karena potensi meratakan tapak menjadi lebih sedikit. Jenis tanah yang kurang subur berdampak pada dihindarkannya keputusan desain yang berpotensi menghalangi pertumbuhan vegetasi, salah satunya dengan memaksimalkan potensi cahaya matahari dan menyediakan cara air hujan untuk dapat mengalir ke tanah.

#### 4.1.2 Kondisi Iklim dan Cuaca Tahunan

Kondisi iklim dan cuaca yang berpengaruh pada rumah pohon adalah suhu, kelembaban, dan Curah Hujan. Tiga faktor tersebut berpengaruh pada keputusan penyelesaian desain pada tahap akhir pemilihan material dan penyelesaian detail arsitektur. Keputusan desain dalam pemilihan material dan penyelesaian desain arsitektur akan berpengaruh secara fisik pada ketahanan rumah pohon itu sendiri dan kenyamanan penghuni dalam rumah.

##### 1. Suhu dan Kelembaban

Suhu udara di suatu tempat antara lain ditentukan oleh tinggi rendahnya tempat tersebut dari permukaan laut dan jaraknya dari pantai. Secara umum daerah Balikpapan beriklim panas dengan suhu udara sepanjang tahun relatif stabil, berkisar antara 22,7°C hingga 34,6°C (Gambar 4.4), sedangkan kelembaban udara pada kisaran kelembaban sedang - tinggi yaitu berkisar antara 81%-89%.



Gambar 4.4 Grafik Temperatur Tahunan Kota Balikpapan (climatedata.org)

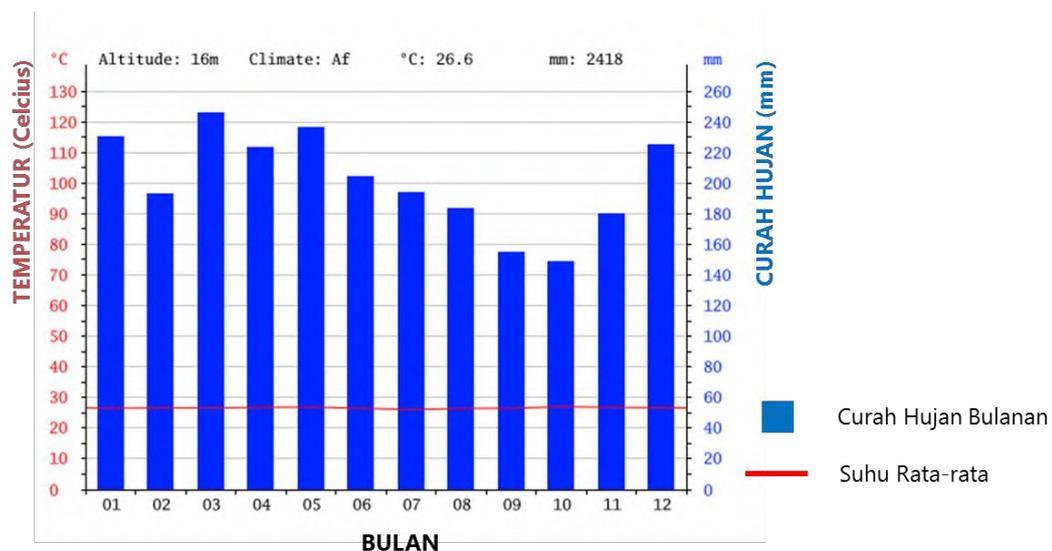
Data mengenai suhu dan kelembaban kota Balikpapan selanjutnya akan digunakan untuk menjadi asumsi merancang elemen arsitektur yang mampu mengantisipasi tingkat kenyamanan di dalam rumah. Data menunjukkan bahwa Balikpapan memiliki iklim yang lembab dengan curah hujan tinggi mengingat lokasinya berada pada kawasan hutan hujan tropis. Potensi aplikasi rancangan berdasarkan data, pertama, pada elemen dinding (jika ada) harus ada sistem bukaan yang sesuai agar kelembaban di dalam rumah bisa teratasi dengan

pertukaran udara yang cukup. Kedua, bentuk atap memiliki kemiringan yang cukup untuk dapat mengalirkan hujan.

## 2. Curah Hujan

Kota Balikpapan termasuk ke dalam wilayah Kalimantan Timur yang berada di sekitar garis khatulistiwa yang secara umum beriklim tropis basah. Kondisi iklim ini berpengaruh pada curah hujan cukup tinggi yang merata di hampir sepanjang tahun meskipun terdapat dua musim, musim penghujan dan musim kemarau. Musim penghujan biasa terjadi antara bulan Mei sampai dengan Oktober, sedangkan musim kemarau terjadi antara bulan November sampai dengan bulan April. Pada bulan-bulan tertentu terjadi musim peralihan antara musim penghujan dan musim kemarau.

Curah hujan di Kota Balikpapan mengalami perubahan tiap bulannya. Rata-rata curah hujan tertinggi selama tahun 2006 terjadi di bulan Juni yaitu 133,4 mm dan terendah pada bulan Oktober yaitu 9,0 mm. Bulan terkering adalah Oktober, dengan 149 mm hujan. Pada Maret, presipitasi mencapai puncaknya, dengan rata-rata 246 mm. Keadaan angin di Kota Balikpapan pada tahun 2006 dipantau dari Stasiun Badan Meteorologi dan Geofisika Kota Balikpapan menunjukkan, kecepatan angin berkisar antara 5,00 knot sampai 9,00 knot. Kecepatan angin paling tinggi terjadi pada bulan Juli dan Agustus.



Gambar 4.5 Grafik curah hujan kota Balikpapan (climatedata.org)

### **4.1.3 Sintesa Analisis Tapak**

Berdasarkan hasil observasi tapak ditinjau berdasarkan aspek geografis dan iklim. Terdapat potensi dan diperoleh beberapa rekomendasi yang dapat menjadi pertimbangan perancangan. Berikut adalah hasil potensi tapak dan rekomendasi terhadap rancangan yang didapatkan dari observasi:

- Elevasi lahan yang tidak terlalu berkontur dapat membantu mengurangi intervensi dalam pemerataan dan pembersihan lahan.
- Lahan yang berkontur dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan arah drainase agar efisien dan mengakomodasi semua unit hunian.
- Tapak berada memanjang dari utara ke selatan dari jalan MT Haryono, sehingga rancangan mengikuti GSB dan mundur untuk mengatasi debu dan kebisingan dari jalan.
- Jalur pejalan kaki di bawah hunian sebagai bentuk penyediaan ruang bersama dan menempatkan lahan parkir di sisi timur kawasan rumah yang berbatasan dengan jalan.
- Tapak berada memanjang dari utara ke selatan dari jalan MT Haryono, sehingga rancangan dapat memanfaatkan arah barat dan timur untuk beberapa bukaan agar standar kenyamanan cahaya dapat terpenuhi.
- Material dan bukaan pada dinding harus mengakomodasi dan sesuai dengan standar untuk memastikan terjadi cross ventilation untuk mengurangi kelembaban dalam ruangan.
- Curah hujan yang tinggi harus diatasi dengan mempertimbangkan arah kemiringan, arah drainase, dan kisi-kisi yang cukup untuk mengatasi air hujan masuk ke dalam ruangan.

## **4.2 Analisis Kebutuhan Ruang**

Ruang berkegiatan dan ruangan adalah dua entitas yang berbeda. Pemahaman ini harus menjadi paradigma dalam proses analisis selanjutnya. Ruang aktivitas adalah ruang dan sistem yang dibutuhkan untuk mengakomodasi suatu kegiatan atau potensi kegiatan lain secara terbuka, sedangkan sebuah ruangan adalah ruang yang tertutup yang mungkin berhasil mewadahi kegiatan atau dapat dibuat dengan atau tanpa pertimbangan mendalam mengenai apa yang

akan terjadi di ruang tersebut. Dalam memahami proses dan kegiatan penghuni yang diinginkan atau dibutuhkan, hal-hal yang dibutuhkan dan diinginkan dari sebuah hunian, kegiatan yang dilaksanakan dalam menjalani kehidupan, dan cara rumah dapat memfasilitasi semua hal tersebut.

Parker Morris (dalam Thompson, 2007) menggambarkan pendekatan aktivitas sebagai langkah tidak langsung dalam merancang. Penataan kamar dan ruang harus menjadi hasil, bukan titik awal dari sebuah desain. Tata letak dikembangkan dari hubungan antar kegiatan, kegiatan yang dapat dilakukan secara simultan atau bersama-sama, dan yang harus dipisahkan. Dengan cara ini, ruang dikembangkan berdasarkan kebutuhan penghuni dan berkembang sebagai konsekuensi dari pemikiran, bukan berasal dari standar yang sama dari solusi yang pernah digunakan sebelumnya.

#### **4.2.1 Kajian Aktivitas dan Ruang**

Luas masing-masing hunian dipertimbangkan dari beberapa aspek meliputi standar luas bangunan dan kajian aktivitas penghuni. Pedoman Rumah Sederhana Sehat mempertimbangkan kebutuhan udara segar, luas ruang, studi ruang, macam dan luas ruang, perilaku manusia, dan kebutuhan manusia. Pada pedoman tersebut, Rumah diasumsikan untuk dapat mencukupi kebutuhan hingga penghuni 4 orang (Kementrian PU, 1991). Berdasarkan standar tersebut, Rumah pohon diasumsikan menampung beberapa macam penghuni, mulai dari lajang, pasangan, dan keluarga inti. Jumlah penghuni ditentukan 1 orang (lajang), 2 orang (pasangan), 3-4 orang (keluarga inti), terdiri dari bapak, ibu, dan 2 (dua) orang anak. Penentuan macam dan luas ruang dipertimbangkan dari:

1. Jumlah penghuni

Jumlah penghuni diasumsikan untuk penghuni single (1 orang), penghuni pasangan (2 orang), dan penghuni keluarga inti kecil (3-4 orang).

2. Kegiatan penghuni

Kegiatan penghuni yang ada dirujuk dari penelitian yang dilakukan oleh Djumiko (2012). Pada aktivitas hunian di Rumah Sederhana Sehat, diasumsikan bahwa kegiatan yang terjadi adalah bagi para penghuni yang sedang tidak bekerja

di dalam rumah, sehingga asumsi kegiatan yang terjadi dalam rumah adalah kegiatan rumah tangga saja. Macam dan kegiatan pokok penghuni sebagai berikut.

- a) Bapak : santai, makan, tidur, mandi.
- b) Ibu : santai, makan, tidur, cuci, mandi, memasak.
- c) Anak : santai, makan, tidur, mandi, belajar.

3. Studi aktivitas berdasarkan waktu

Tabel 4.1 Studi aktivitas dalam rumah berdasarkan waktu

Waktu	Aktivitas	Ilustrasi	Ruang
0500	Bangun, membersihkan diri, Persiapan berangkat kerja		Kamar, Kamar Mandi
0700	Mempersiapkan makan,		Servis
0800	Berangkat kerja.		Ruang tamu
0900	Bermain		Ruang Santai, Ruang Publik,
1200	pekerjaan rumah		Servis, Ruang Serbaguna
1300	Pekerjaan rumah, anak kecil bermain		
1500	Bersantai, bermain		Ruang Santai
1800	Pulang kerja, Bersantai, Persiapan makan malam,		Ruang Serbaguna
1900	Bercengkerama dengan tetangga tamu, anak persiapan tidur		Ruang Serbaguna, Kamar
2200	Tidur		Kamar

Sumber: dimodifikasi dari Thompson (2007)

Berdasarkan hasil studi terhadap aktivitas dan waktu penggunaan ruang, masing-masing kegiatan dapat berlangsung secara bergantian, kecuali pada beberapa aktivitas besar seperti mandi/cuci, bercengkerama/bersosialisasi, dan tidur. Pada kajian didapatkan bahwa masing-masing kegiatan tidak perlu disediakan ruangan secara terpisah dari fungsinya, melainkan dipisahkan berdasarkan asumsi waktu. Hasil yang didapatkan adalah beberapa ruang yang wajib ada untuk memenuhi dan mengakomodasi beberapa jenis kegiatan sekaligus karena keterbatasan ruang yang disediakan dan untuk mengefektifkan penggunaan lahan.

Rumah pohon yang membentuk sebuah hunian bersama juga membutuhkan program ruang lain di luar unit hunian. Kebutuhan ruang di luar unit hunian adalah bagian bersama yang dapat diakses oleh semua penghuni dan mengakomodasi aktivitas sehari-hari penghuni. Berikut ini adalah tabel kebutuhan ruang:

Tabel 4.2 Studi Standar Ruang Bersama

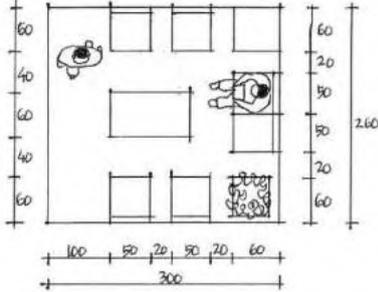
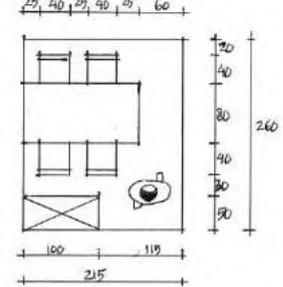
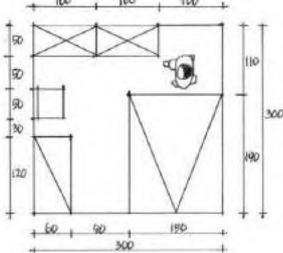
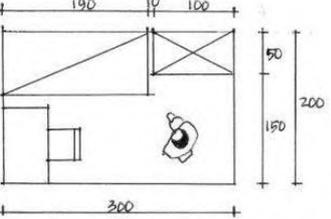
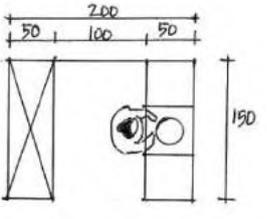
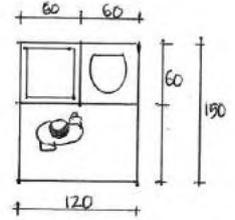
<b>Ruang</b>	<b>Standar</b>	<b>Sumber</b>
Area Pakrkir Mobil	1 mobil per 10 unit hunian	Peraturan Pemerintah tentang Rumah Susun
Area Parkir Motor	1 motor per unit hunian 1 kamar. 1,5 motor per unit hunian 2 kamar	Peraturan Pemerintah tentang Rumah Susun
Ruang Terbuka Hijau	30% dari luas area total	Peraturan Pemerintah tentang Rumah Susun

Sumber: PP No.4 tentang rumah susun, 1988

#### **4.2.2 Studi Luas Ruangan**

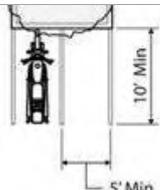
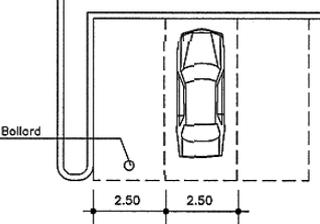
Berdasarkan pedoman Rumah Sederhana Sehat (Permen PU, 1991), hunian yang layak dihuni harus memiliki luas ideal, dalam arti memenuhi kebutuhan luas untuk bangunan sederhana yang sehat baik sebelum maupun setelah dikembangkan. Kebutuhan ruang untuk menampung kegiatan penghuni dari standar *Neufert, Architecture Handbook*, dan Peraturan Rusun, studi luas minimal yang dibutuhkan pada beberapa kegiatan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Studi Luas Ruangan

Ruang	Luas Ruangan	Ilustrasi Denah
Ruang Santai	= 3,00m x 2,60m	 <p>The floor plan shows a lounge area with a sofa (600x100), a coffee table (100x60), and two chairs (60x60). The room is 3000mm wide and 2600mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>
Ruang Makan	= 2,15m x 2,60m	 <p>The floor plan shows a dining table (1100x800) with four chairs (600x600). A kitchen area is visible at the bottom right. The room is 2150mm wide and 2600mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>
Ruang Tidur Double	= 3,00m x 3,00m	 <p>The floor plan shows two beds (1900x900), a wardrobe (1100x1100), and a desk (1700x900). The room is 3000mm wide and 3000mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>
Ruang Tidur Single	= 2,00m x 3,00m	 <p>The floor plan shows a bed (1900x900), a desk (1100x900), and a wardrobe (1500x900). The room is 3000mm wide and 2000mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>
Dapur	= 2,00m x 1,50m	 <p>The floor plan shows a kitchen with a sink (500x500), a stove (1000x500), and a refrigerator (500x1500). The kitchen is 2000mm wide and 1500mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>
Kamar Mandi / Toilet	= 1,20m x 1,50m	 <p>The floor plan shows a toilet (600x600), a sink (600x600), and a shower area (600x1500). The bathroom is 1200mm wide and 1500mm deep. Dimensions are marked in millimeters.</p>

Sumber : Neufert (1970)

Tabel 4.4 Lanjutan Studi Luas Ruang

Ruang	Luas Ruang	Ilustrasi Denah
Parkir Motor	= 0,80m x 1,80m	
Parkir Mobil	= 2,50m x 5,00m	
Ruang Terbuka Hijau	= Minimal 30% dari total tapak	

Sumber : Neufert (1970) dan Pedoman Pembangunan Rusun (1988)

Secara garis besar, perhitungan luas bangunan tempat tinggal dan luas ideal yang memenuhi persyaratan kesehatan, keamanan dan kenyamanan bangunan seperti berikut:

1. Kebutuhan ruang minimal menurut perhitungan dengan ukuran standar minimal ditetapkan seluas 9 m<sup>2</sup>, atau standar minimal 7,2 m<sup>2</sup> per orang. Perhitungan tersebut digunakan dengan mempertimbangkan bentuk akhir rumah pasca pengembangan.
2. Unit per hunian dikombinasikan menjadi rumah tinggal yang diharapkan pertumbuhannya menjadi rumah lengkap. Diasumsikan sebagai rumah yang memiliki wujud belum sempurna akan tetapi memiliki komponen sistem yang utuh, sudah berfungsi serta akan menjadi rumah yang sempurna dengan fungsi penuh.
3. Unit hunian hanya menyediakan wadah untuk kebutuhan ruang-ruang kegiatan paling mendasar. Rumah ini nantinya akan dikembangkan oleh pemiliknya secara bertahap didasarkan kebutuhan.

### 4.2.3 Sintesa Analisis Kebutuhan Ruang Hunian

Rancangan hunian harus memenuhi tuntutan kebutuhan paling mendasar dari penghuni untuk mengembangkan rumahnya, dalam upaya peningkatan kualitas kenyamanan, dan kesehatan penghuni dalam melakukan kegiatan hidup sehari-hari. Hasil sintesa analisis menunjukkan ruang-ruang yang perlu disediakan sekurang-kurangnya terdiri dari:

- 1 ruang tidur yang memenuhi persyaratan keamanan dengan bagian-bagiannya tertutup oleh dinding dan atap serta memiliki pencahayaan yang cukup berdasarkan perhitungan serta ventilasi cukup dan terlindung dari cuaca. Bagian ini merupakan ruang utuh sesuai dengan fungsi utamanya.
- 1 ruang serbaguna merupakan ruang kelengkapan rumah dimana didalamnya dilakukan interaksi antara keluarga dan dapat melakukan aktivitas-aktivitas lainnya. Ruang ini terbentuk dari kolom, lantai dan atap, tanpa dinding sehingga merupakan ruang terbuka namun masih memenuhi persyaratan minimal untuk menjalankan fungsi awal dalam sebuah rumah sebelum dikembangkan.
- 1 kamar mandi/toilet/cuci merupakan bagian dari ruang servis yang sangat menentukan apakah rumah tersebut dapat berfungsi atau tidak, khususnya untuk kegiatan mandi cuci dan kakus.

Tabel 4.5 Tabel Standar Kebutuhan Masing-masing Ruang pada Hunian

No	Ruang	Luas/Dimensi	Sumber
1	Ruang Tidur	= 3,00 m x 3,00 m = ~9m <sup>2</sup>	Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat
2	Ruang Serbaguna	= 3,00 m x 3,00 m = ~9m <sup>2</sup>	Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat
3	Servis (Dapur, Mandi, Cuci )	= 2,00 m x 1,50 m = ~3m <sup>2</sup>	Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat, Ernst Neufert

Sumber: Pedoman Rumah Sederhana Sehat, PU (1991)

Ketiga ruang tersebut merupakan ruang-ruang minimal yang harus dipenuhi sebagai standar minimal dalam pemenuhan kebutuhan dasar. Sebagai rumah yang masih dapat dikembangkan, konsep unit hunian rumah pohon dalam hal ini diwujudkan sebagai suatu rancangan yang dapat tumbuh menjadi rumah yang memenuhi standar kenyamanan, keamanan, dan kesehatan.

Fasilitas bersama yang berupa ruang untuk umum, tangga, parkir, RTH, harus mempunyai ukuran yang memenuhi persyaratan dan diatur serta dikoordinasikan untuk dapat memberikan kemudahan bagi penghuni dalam melakukan kegiatan sehari-hari baik dalam hubungan sesama penghuni, maupun dengan pihak-pihak lain, dengan memperhatikan integrasi dengan keseluruhan bangunan (Peraturan Pemerintah, 1988)

Tabel 4.6 Analisa Kebutuhan Luas Ruang Bersama

No	Ruang	Luas/Dimensi	Sumber
1	Parkir Motor	Rasio 1:2 = 1,80m x 0,80 m = ~1,54m <sup>2</sup>	PP No.4 tahun 1988 tentang rumah susun
2	Parkir Mobil	Rasio 1:10 = 2,50m x 5,00m = ~7,50 m <sup>2</sup>	PP No.4 tahun 1988 tentang rumah susun
3	Ruang Terbuka Hijau	Minimal 30% dari total tapak	Pedoman Umum pembangunan Rusun

Sumber PP No.4 Tahun 1988 tentang rumah susun

### 4.3 Analisis Pohon Eksisting

Analisis pada tahap ini berkaitan dengan studi pola pertumbuhan dan bentuk arsitektur pohon eksisting. Konsep interkoneksi berhubungan dengan konfigurasi interkoneksi yang akan terbentuk dengan mengidentifikasi dan merumuskan ruang yang terbentuk di antara pepohonan secara vertikal dan horizontal, baik pada saat ini dan di masa mendatang. Selain itu, potensi dan fungsi pohon yang lain yang berkaitan dengan kegiatan rumah maupun fisik rumah tinggal juga akan diobservasi sebagai pengaplikasian prinsip desain ekologis pada perancangan.

### 4.3.1 Model Arsitektur Pohon Eksisting

Berdasarkan hasil survey, spesies pohon pada lokasi perancangan cenderung homogen dan didominasi pohon jenis Meranti putih (*Shorea bracteolata* Deyr). Jenis pohon Meranti Putih maupun keluarga pohon Meranti lain memiliki pola pertumbuhan sesuai model Massart. Batang utama pohon tumbuh secara menerus/kontinu tanpa mengalami segmentasi secara vertikal/ke atas dengan pertumbuhan cabang secara horizontal hanya pada ujung terminalnya. Hal tersebut menyebabkan percabangan hanya akan ditemukan pada 20% dari puncak pohon meranti.

Hasil survey juga menunjukkan populasi pohon pada lahan eksisting berada pada rentang diameter 60-110cm. Dari koefisien tumbuh yang sudah diteliti sebelumnya (Putra et al, 2004), pohon Meranti dengan rentang diameter tersebut menjangkau ketinggian hingga 9-16 meter sehingga ruang yang terbentuk dapat dimanfaatkan secara optimal karena dimensi ruang yang terbentuk cenderung tidak berubah tergantung ketinggian pohon itu sendiri.



Gambar 4.6 Fisik Batang Pohon Meranti

Perancang harus mempertimbangkan setiap ekosistem sebagai entitas yang berbeda dan dianalisis secara khusus (Yeang, 1995). Rancangan harus dilihat dalam konteks sesuai ekosistem yang berjalan sebagai sebuah kesatuan dan bukan sebagai hubungan khusus salah satu komponen saja. Pada perancangan rumah pohon interkoneksi, pohon berperan besar dalam perancangan karena tidak hanya

berfungsi menyalurkan beban unit hunian, tetapi juga menentukan hasil bentuk dan keputusan desain lain dalam rancangan. Pada konteks struktur, hasil rancangan harus memperhatikan pemilihan struktur yang sesuai dengan bentuk pertumbuhannya dan tetap memberikan keleluasaan bagi pohon untuk tetap tumbuh dan berkembang.

#### **4.3.2 Eksisting Sebaran Pohon**

Studi yang berkaitan dengan pola persebaran pohon bertujuan untuk mendapatkan data persebaran, jarak antar pohon, dan luas ruang yang terbentuk di antara pohon. Konsep interkoneksi berhubungan dengan titik pohon yang akan menjadi titik pengembangan rancangan. Perumusan ruang yang terbentuk dilakukan dengan menganalisis titik pohon dan memprediksi ruang maya di antara pepohonan secara horizontal untuk mendapatkan sekumpulan data yang selanjutnya akan digunakan dalam melakukan pengembangan rancangan dengan metode *generative design*.

Metode Survey digunakan dalam proses pengambilan data. Strategi pencatatan pola sebaran pohon menggunakan *GPS Handheld* dengan tingkat akurasi hingga grid 1x1 meter. Hasil data primer yang didapatkan berupa titik-titik koordinat berdasarkan garis lintang (*Northing*) dan garis bujur (*Easting*) yang akan diaplikasikan pada software untuk mendapatkan permodelan 3 dimensi dan 2 dimensi. Data survey pola sebaran pohon tersebut juga melampirkan elevasi pohon terhadap permukaan laut.

Pola persebaran pohon dianalisis untuk mencari bentuk geometri dasar dan radius rata-rata pohon untuk menemukan konfigurasi keterhubungan unit hunian di antaranya yang paling efisien. Hasil yang sudah didapat selanjutnya di analisis menggunakan metode Triangulasi Delaunay dan dielaborasikan dengan analisis pola ruang pepohonan untuk menjadi parameter dalam pencarian konfigurasi hunian.

Tabel 4.7 Data Koordinat Titik Pohon

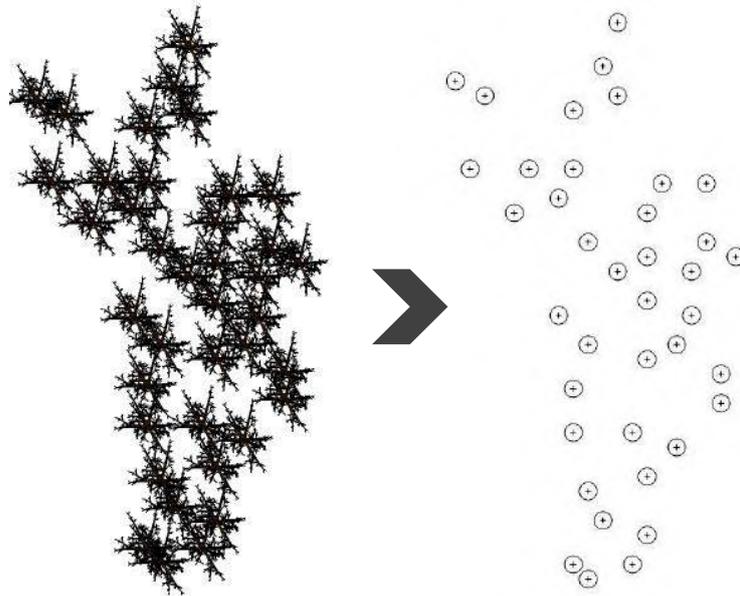
Point	Easting	Northing	Elv+	Point	Easting	Northing	Elv+
1	485300	9864384	22	21	485312	9864360	21
2	485301	9864378	22	22	485312	9864351	20
3	485302	9864383	22	23	485313	9864375	20
4	485304	9864375	22	24	485313	9864372	20
5	485307	9864376	22	25	485313	9864369	20
6	485307	9864368	22	26	485313	9864365	20
7	485308	9864382	21	27	485313	9864357	20
8	485308	9864378	21	28	485313	9864353	20
9	485308	9864363	21	29	485314	9864377	21
10	485308	9864360	21	30	485315	9864366	20
11	485308	9864351	21	31	485315	9864365	21
12	485309	9864373	21	32	485315	9864359	21
13	485309	9864366	21	33	485316	9864371	21
14	485309	9864356	21	34	485316	9864368	20
15	485309	9864350	20	35	485317	9864377	21
16	485310	9864385	21	36	485317	9864368	20
17	485310	9864354	21	37	485318	9864362	21
18	485311	9864388	21	38	485318	9864364	21
19	485311	9864383	21	39	485319	9864372	21
20	485311	9864371	21				

Sumber : Hasil Survey

Pada hasil survey (Tabel 4.7), kriteia pohon yang diperhitungkan adalah yang memiliki diameter 70cm atau lebih. Data yang berupa tabel dipindahkan ke dalam bentuk permodelan 3 dimensi untuk memudahkan pengukuran, pemetaan, dan ilustrasi pada tahap rancangan selanjutnya. Proses pemindahan data koordinat titik pohon hasil survey dilakukan dengan cara manual. Berdasarkan data koordinat yang didapatkan, berikut adalah ilustrasi pemetaan titik pohon pada lokasi perancangan:



Gambar 4.7 Ilustrasi Titik pohon eksisting terhadap Lokasi Tapak



Gambar 4.8 Hasil pemetaan Titik pohon eksisting

### 4.3.3 Kajian Kekuatan Mekanik Pohon

Berdasarkan penelitian tentang sifat fisik pohon Meranti (Putra et al, 2004), pori kayu semuanya soliter, sebagian bergabung 2-3 dalam arah radial, kadang-kadang berkelompok miring atau hampir tangensial. Diameter umumnya

200-400 mikron, frekuensi 2-8, umumnya 2-5 per mm<sup>2</sup>. Sebagian berisi tilosis, gom berwarna coklat sampai kuning pucat (damar). Parenkimnya/kulit batang termasuk tipe paratrakeal berbentuk selubung tidak lengkap, aliform sampai konfluen. Terdapat pula parenkim apotrakeal yang berupa pita-pita pendek. Jari-jari pada *Shorea Bracteolata* dan *Shorea Ochracea* tersusun bertingkat, berisi banyak silika. Berdasarkan data, pohon Meranti memiliki kekuatan stuktur sebagai berikut:

- Ditinjau dari kuat lenturnya, meranti putih mempunyai indikasi masuk pada kayu kelas V.
- Dilihat dari kuat tarik kayu, kayu meranti putih masuk dalam kelas I yaitu lebih dari 150 kg/cm<sup>2</sup>.
- Dilihat dari kuat tekannya, kayu meranti putih masuk dalam kelas IV yaitu kayu termasuk kelas IV mempunyai kuat tekan 300-215.
- Ditinjau dari kuat gesernya, kayu meranti putih masuk dalam kelas I

Tabel 4.8 Berat jenis dan kelas kuat kelompok Meranti Putih

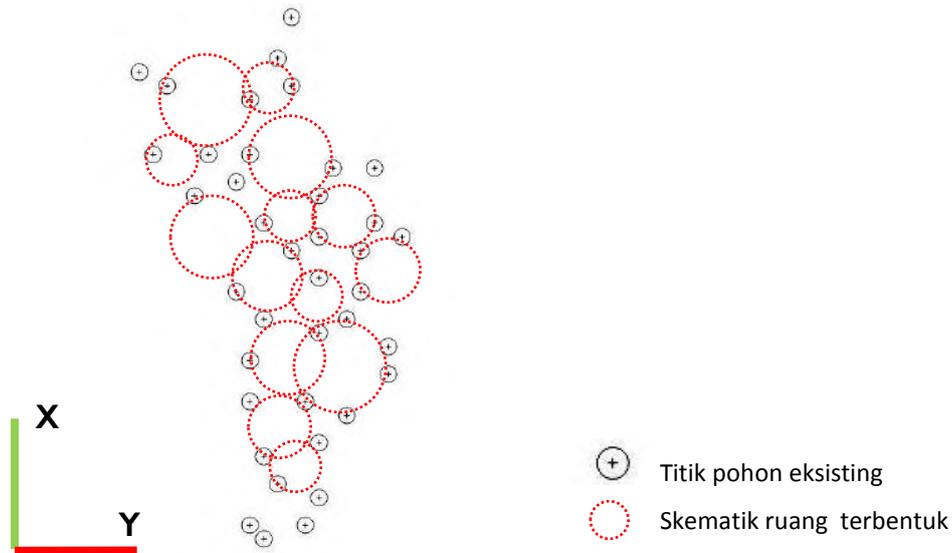
Jenis Kayu	Berat Jenis	Kelas Kuat
Shorea Bracteolata	0,66 (0,51 – 0,84)	II – III
Shorea Javanica	0,63 (0,47 – 0,83)	II – III
Shorea Assamica	0,50 (0,42 – 0,55)	III
Shorea Lamelatta	0,73 (0,44 – 0,91)	II – III
Shorea Ochracea	0,76 (0,57 – 0,89)	II – III
Shorea Virescens	0,50 (0,38 – 0,62)	III

Sumber: Putra et al, 2004

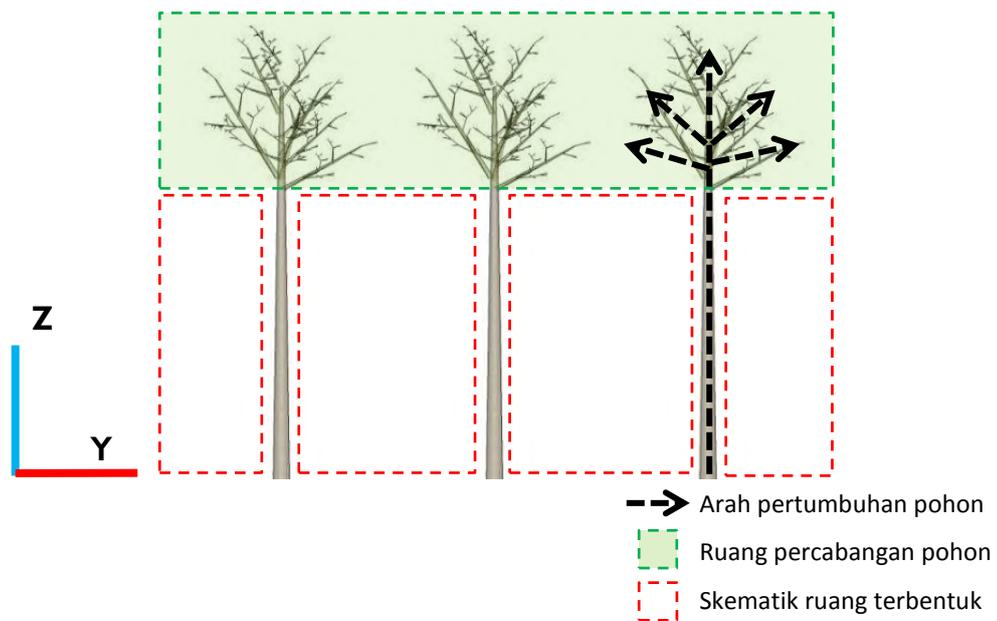
Pada kajian kekuatan mekanik pohon Meranti, ditemukan bahwa kayu pohon ini secara alamiah termasuk golongan kayu yang mampu menerima beban besar. Beban yang diterima pada pohon dapat dibagi ke beberapa pohon lain di sekitarnya sehingga masing-masing pohon dapat menerima beban relatif lebih ringan. Hal paling penting yang harus diperhatikan adalah pola pertumbuhan pohon. Pola ini harus diantisipasi dengan penerapan struktur yang mampu menyesuaikan kondisi tersebut. Sistem struktur meliputi hubungan struktur terhadap pohon dan hubungan sistem struktur terhadap beban hunian yang diterima.

#### 4.3.4 Analisa Potensi Ruang di antara Pepohonan

Analisis ini berguna untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang karakteristik pohon. Salah satu aspek yang penting adalah morfologi pohon yang menghasilkan ruang dan akan disintesa untuk mendapatkan parameter pembatas dan pengembangan voronoi 3D. Analisis ini sepenuhnya difokuskan pada bentuk dan morfologi pohon eksisting secara fisik.



Gambar 4.9 Pola Pertumbuhan Pohon Meranti dan Ruang di antara Pohon dari sumbu X dan Y (horizontal)

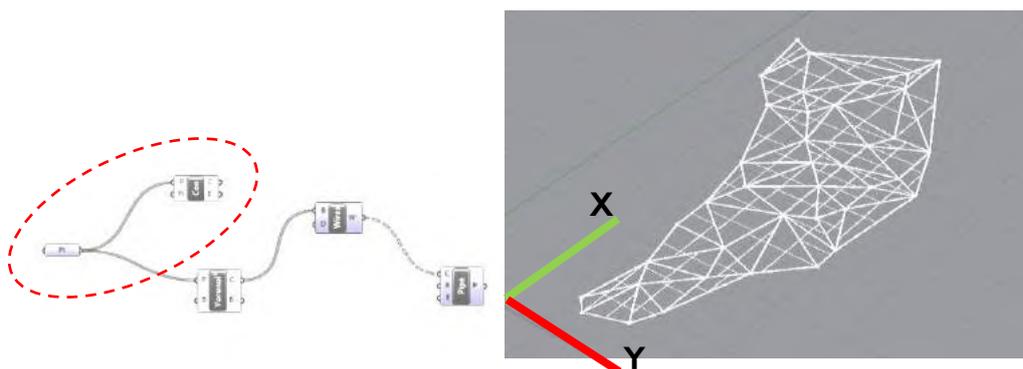


Gambar 4.10 Pola Pertumbuhan Pohon Meranti dan Ruang di antara Pohon pada sumbu Z (vertikal)

Hasil kajian spesies pohon pada tapak berguna untuk mendapatkan rancangan pengembangan unit hunian yang paling optimal. Pengembangan dapat dilakukan secara vertikal dan horizontal namun tetap dibatasi area percabangan pohon di puncaknya karena percabangan pohon terjadi pada bagian punack saja sehingga ruang yang terbentuk tidak terintervensi pertumbuhan cabang pada batang pohon (Gambar 4.10). Terdapat beberapa batasan ruang pada sumbu X dan sumbu Y dimana pola sebaran pohon tidak merata dan mengakibatkan area yang terbentuk berbeda-beda pada tiap tempat (Gambar 4.9).

#### 4.3.5 Identifikasi Pola Pepohonan dengan Triangulasi Delaunay

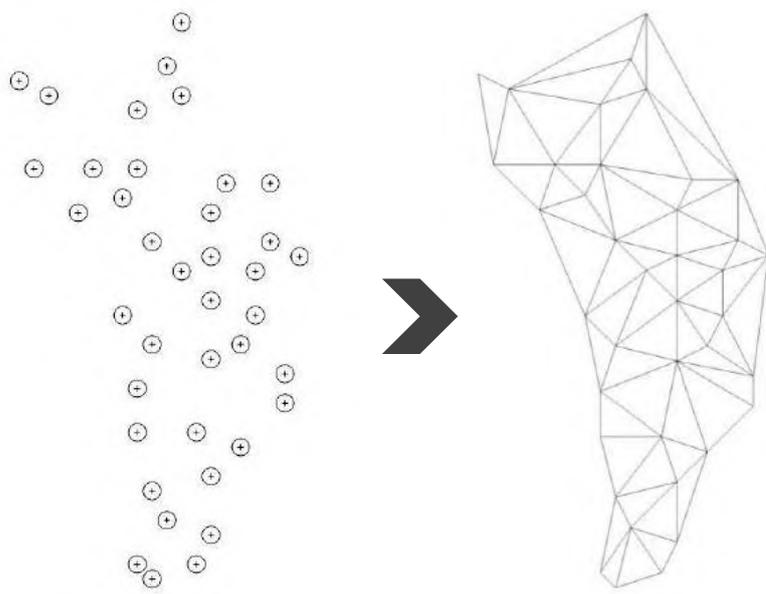
Pada tahap ini, hasil pemetaan titik pohon yang diterapkan pada permodelan 3 dimensi dihubungkan untuk mencari garis terdekat dari setiap titik. Penerapan itu disebut Triangulasi Delaunay, salah satu metode *generative design*. Penerapan Triangulasi tersebut berguna untuk membantu mengekstrak pola visual menjadi data yang lebih terukur. Hal itu bisa dicapai karena Triangulasi delaunay mampu menemukan pola dan hubungan yang terbentuk dari titik persebaran pohon yang terkesan acak dengan membentuk pola geometri yang lebih sederhana. Data yang dihasilkan akan dielaborasikan dengan studi lainnya terhadap karakter pohon sebagai parameter. Hasil elaborasi tersebut yang akan dilanjutkan pengaplikasiannya menggunakan Diagram Voronoi.



Gambar 4.11 (kiri) Algoritma Triangulasi Delaunay; (kanan) Hasil Penerapan Traingulasi pada titik pohon eksisting

Data yang didapatkan berupa luas paling maksimal dari masing-masing garis yang terbentuk dari hubungan setiap titik pohon dan garis dengan jarak

kedekatan tertinggi antar beberapa titik. Pada hasil kajian sebelumnya, lokasi pohon-pohon eksisting sudah dikonversikan menjadi data koordinat 3d dimensi. Pengaplikasian titik-titik pohon eksisting dengan Triangulasi Delaunay diterapkan menggunakan plugin Grasshopper pada software Rhinoceros (Trial Version by Robert McNeel & Associates). Algoritma yang diterapkan (Gambar 4.11) adalah sebagian kecil dari rangkaian algoritma yang akan diterapkan untuk menghasilkan bentuk rumah pohon. Pola eksisting pepohonan dapat diidentifikasi secara visual pada hasil triangulasi (Gambar 4.12). Hasil triangulasi kemudian diuraikan berdasarkan nilai masing-masing elemennya untuk mendapatkan data terukur.



Gambar 4.12 Penerapan triangulasi Delaunay pada titik pohon eksisting

Sesuai hasil triangulasi titik-titik pohon, ditemukan rumusan mengenai pola eksisting pepohonan, yaitu:

- Setiap titik pohon yang berada di tengah kerumunan pepohonan memiliki koneksi sebanyak 4 hingga 6 titik.
- Masing-masing titik pohon dihubungkan dan dipisahkan jarak selebar 2 meter hingga 8,5 meter.
- Luas segitiga yang terbentuk di dalam pola tersebut bervariasi mulai dari 2,5 m<sup>2</sup> hingga 16,5 m<sup>2</sup>

#### **4.3.6 Sintesa Analisis Pola Ruang Pepohonan**

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan terhadap pola eksisting pepohonan untuk mendapatkan data sebagai parameter, berikut adalah rekomendasi yang didapatkan untuk diterapkan pada tahap selanjutnya:

- Bentuk hunian yang dapat dipotimasi apabila titik yang berada di tengah area triangulasi diatur ketinggian dan jumlahnya untuk dapat menghasilkan alternatif desain
- Titik parameter yang berada di antara pohon dengan jarak kurang dari standar harus digabungkan dengan titik lain agar terbentuk volume ruang yang cukup
- Denah unit hunian dapat dikembangkan dari pola dasar segitiga menjadi bentuk yang lebih kompleks agar dapat menambah potensi jaringan yang bisa dihubungkan.
- Pada hasil analisis dan kajian mengenai aktivitas dan kebutuhan minimal ruang masing-masing penghuni, ditemukan bahwa minimal ruang per orang harus disediakan  $7,2 \text{ m}^2$  dengan luas ideal  $9 \text{ m}^2$ . Masing-masing unit hunian yang terbentuk dari pola tersebut harus memenuhi standar tersebut tetapi juga mempertimbangkan ukuran luas yang tersedia.

#### **4.4 Pengembangan Kriteria Perancangan**

Penyusunan konsep rancangan dilakukan dengan analisis masing-masing aspek rancang yang disesuaikan dengan kriteria. Pada sub bab ini akan dibahas masing-masing tahap yang dilalui sesuai dengan metode yang dipilih. Bila dikaitkan dengan kondisi eksisting dan terhadap kriteria yang sudah ditetapkan, maka konsep desain yang dihasilkan dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 4.8 Pengembangan Kriteria Perancangan

Aspek Rancang	Analisis	Kriteria
Perancangan Tapak dan Massa (Konfigurasi Hunian)	Keterbatasan lahan dan kerapatan ruang yang dibentuk dari pepohonan mengharuskan Pola Pepohonan eksisting menjadi titik pengembangan rancangan agar Prinsip <i>open building</i> dapat diterapkan untuk mengakomodasi perubahan dan penambahan kebutuhan penghuni	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pola interkoneksi harus berintegrasi dan memanfaatkan ruang di antara pepohonan tanpa merusak ekosistem.</li> <li>- Mengokupansi lahan secara optimal sesuai dengan pola persebaran pepohonan eksisting.</li> <li>- Mengantisipasi potensi perubahan kebutuhan ruang dalam jaringan unit hunian dengan tetap memenuhi standar.</li> <li>- Memberikan peluang terciptanya ekspresi arsitektur yang berbeda pada setiap hunian.</li> <li>- Memberikan kemudahan mengatur tingkat privasi masing-masing hunian.</li> </ul>
Pengembangan Ruang Hunian	Kebutuhan ruang tiap penghuni berbeda berdasarkan tingkat okupansi dan Aktivitas rumah beragam dan harus diakomodasi ke dalam ruang yang terbatas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luas standar hunian per orang minimal 9m<sup>2</sup> (Pedoman Rumah Sederhana Sehat, 1991)</li> <li>- Pembagian ruang dan fungsi dalam rumah minimal menyediakan 3 fungsi, serbaguna, tidur, dan mandi/cuci.</li> <li>- Tipe unit hunian yang dibedakan berdasarkan jumlah okupansi penghuni rumah. (single, pasangan, dan keluarga)</li> </ul>
Sistem Bangunan Rumah Pohon	Sistem struktur memberikan dampak terhadap pohon dan ekosistem di sekitarnya, dan diperlukan penanganan unik agar Unit hunian mendapatkan kualitas penghawaan dan pencahayaan yang baik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistem struktur tidak menghalangi proses pertumbuhan pohon.</li> <li>- Secara ekologis meminimalkan kerusakan terhadap vegetasi asli yang terbentuk di antara pepohonan.</li> <li>- Unit hunian memenuhi standar penghawaan dan pencahayaan sesuai Pedoman Rumah Sederhana Sehat</li> </ul>
Fasilitas Bersama	Keberadaan fasilitas bersama dalam keterbatasan ruang yang tersedia akibat kerapatan pola pepohonan eksisting perlu dipikirkan agar semua menjadi terintegrasi ke dalam satu sistem yang efisien.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang publik dapat diakses oleh semua penghuni.</li> <li>- Mengakomodasi terjadinya interaksi sosial antar penghuni.</li> <li>- Sistem struktur dan sirkulasi terintegrasi dengan sistem bangunan lainnya.</li> </ul>

Konsep desain yang ingin dicapai dalam eksplorasi interkoneksi ini akan dianalisis dari hasil sintesa analisis tapak yang meliputi kondisi eksisting pepohonan, luas area rata-rata pada setiap zona yang terbentuk antara pohon, dan studi ruang minimal pada setiap unit yang nantinya akan dikaji untuk menyusun konsep berdasarkan kriteria perancangan. Eksplorasi konfigurasi interkoneksi mulai dikembangkan dengan memetakan titik pohon eksisting menggunakan triangulasi delaunay, kemudian dari hasil yang didapat dilakukan penjabran dan pengelompokan seperangkat data sebagai persiapan parameter membentuk dengan metode desain generatif. Setelah paramet dan sekumpulan data selesai disusun, dengan menggunakan algoritma voronoi akan dihasilkan beberapa alternatif hasil rancangan untuk mencapai hasil aling optimal yang paling mendekati kriteria yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Beberapa hasil alternatif skema akan di studi berdasarkan tingkat fleksibilitas pola perkembangan, luas jangkauan pola yang terbentuk, dan efisiensi struktur yang digunakan. Hal ini menjadi landasan dalam membuat konsep interkoneksi serta ditambah dengan konsep permodelan yang sudah ada. Hasil alternatif tersebut dalam setiap pengembangannya dari tahap ke tahap juga akan dilakukan pendekatan teori yang sudah dibahas pada kajian pustaka sebelumnya.

#### **4.5 Hasil Eksplorasi Perancangan**

Tahap eksplorasi perancangan merupakan perwujudan konsep-konsep rumah pohon interkoneksi sesuai dengan kriteria yang sudah ditetapkan. Rumah pohon interkoneksi dirancang menggunakan pendekatan prinsip desain ekologi dan *open building*.

##### **4.5.1 Perancangan Tapak dan Massa**

###### Kriteria :

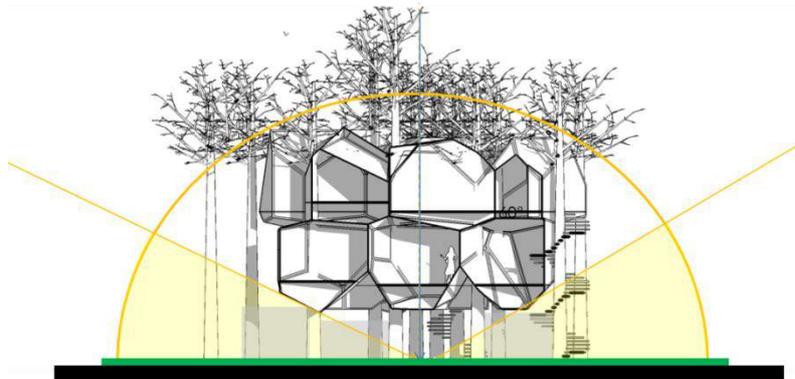
- Perancangan tapak mempertimbangkan pertumbuhan pohon dan vegetasi alami yang tumbuh di antara pohon
- Penataan massa memberikan kesempatan yang sama bagi unit hunian dalam mendapatkan cahaya matahari dan penghawaan

- Penempatan area untuk ruang bersama memiliki tingkat keterjangkauan sama bagi masing-masing penghuni

Konsep :

Berdasarkan hasil analisis potensi tapak, penyediaan ruang bersama ditentukan berada pada tiga lokasi pada massa. Sisi timur lahan yang tidak ditumbuhi pepohonan dialokasikan sebagai tempat parkir dan *entrance* utama. Ruang di bawah rumah pohon ditetapkan sebagai area sirkulasi dan ruang bersama. Unit hunian yang tidak berbatasan luar baik pada sisi barat dan timur ditetapkan sebagai ruang bersama di atas level tanah.

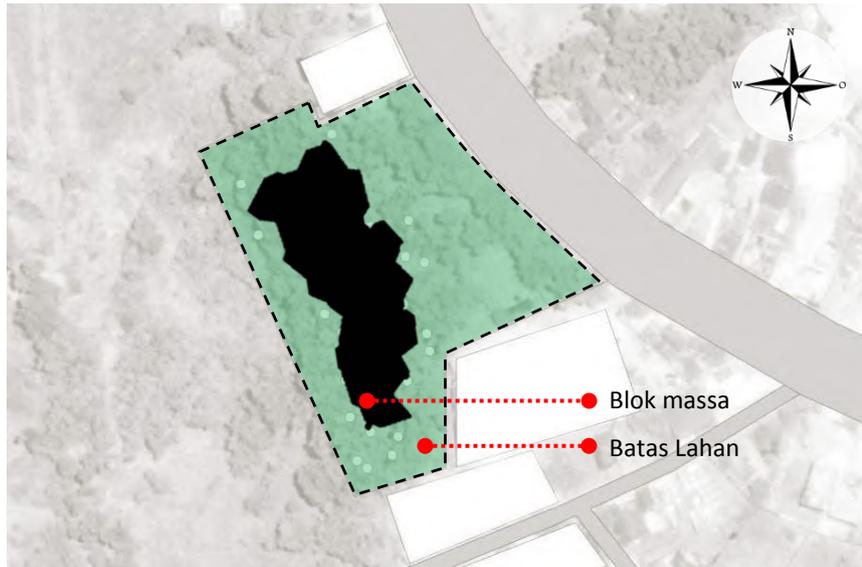
Dalam memperhatikan kebutuhan cahaya matahari oleh vegetasi alami, massa bangunan di angkat agar tidak menyentuh tanah dan memberikan kesempatan bagi tumbuhan untuk tumbuh (Gambar 4.28). Keputusan ini juga sebagai bentuk pengendalian cahaya matahari agar menjangkau bagian bawah hunian dengan tujuan agar bagian tersebut tidak lembab dan vegetasi dapat tetap hidup. Massa bangunan ditentukan memanjang dari sisi utara ke selatan agar sisi barat dan timur yang terkena matahari secara langsung. Karena pepohonan eksisting percabangan dan pertumbuhan daun yang lebat.



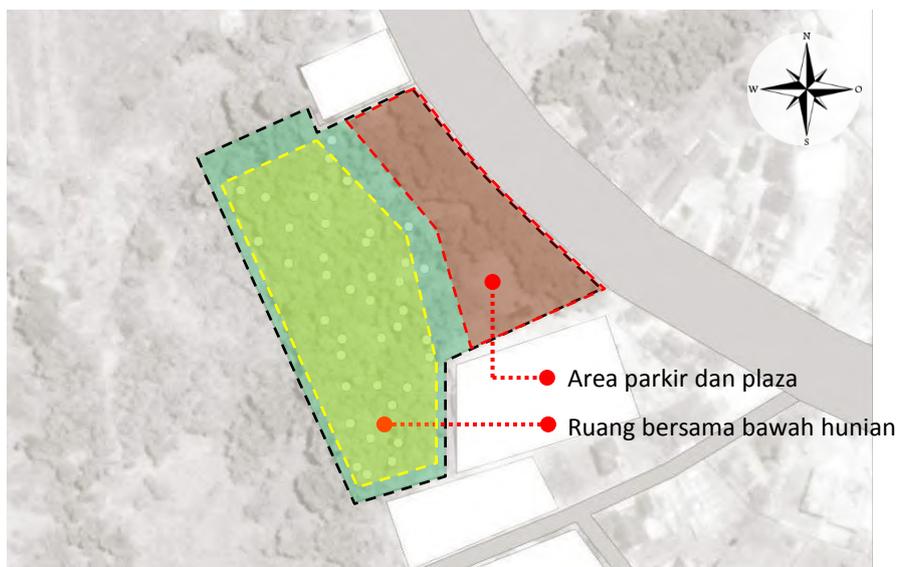
Gambar 4.13 Pertimbangan cahaya matahari agar menjangkau bawah hunian

Blok massa ditetapkan memanjang dari utara ke selatan agar area yang terpapar matahari pada sisi timur dan barat dapat dimaksimalkan (Gambar 4.29). Konsep ini diharapkan dapat memberikan kesempatan yang sama bagi unit hunian dalam mendapatkan cahaya matahari dan penghawaan, kanopi pohon yang cukup lebat menjadi pertimbangan posisi konfigurasi massa tersebut. Pada konteks

lahan, posisi pepohonan sudah secara alami meyebat ke arah utara dan selatan sehingga memberikan kemudahan pengaplikasian konsep tersebut. Namun pada konteks lahan yang lain, tetap harus dipertimbangkan untuk menjadikan blok massa menghadapkan sisi terluasnya pada sisi timur dan barat. Syarat umumnya adalah masing-masing unit hunian mendapatkan minimal satu sisi yang berbatasan dengan luar kumpulan massa.



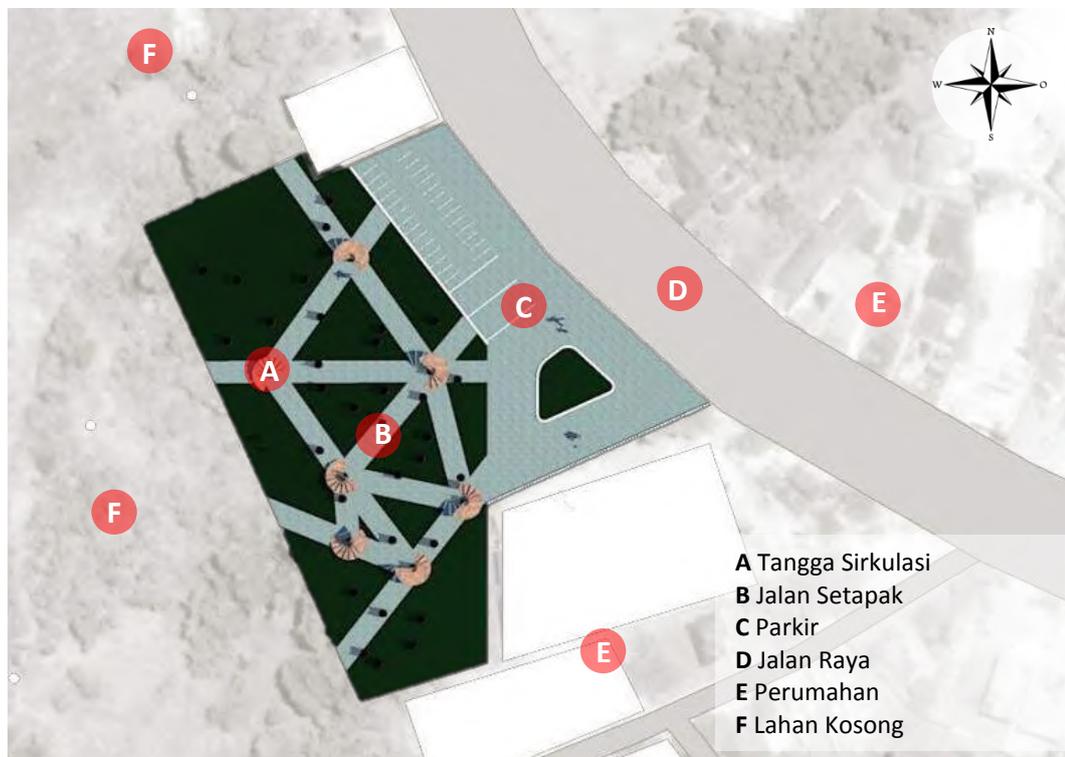
Gambar 4.14 Skematik Penempatan Blok Massa Unit Hunian pada Tapak



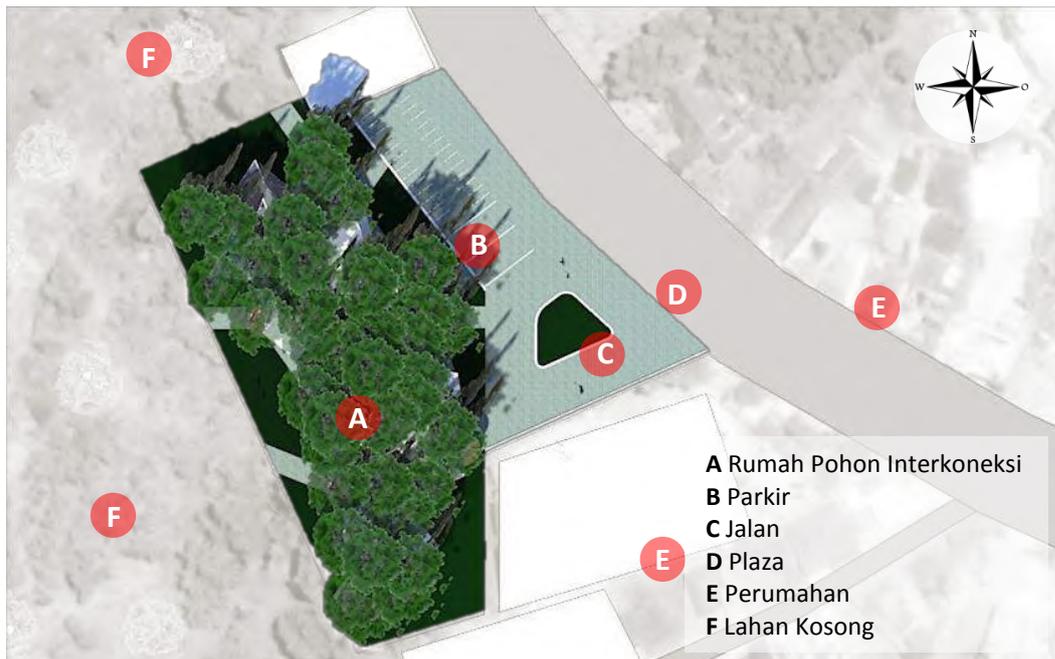
Gambar 4.15 Skematik penempatan area parkir hunian, plaza, dan ruang terbuka

Lokasi yang berada di bagian bawah unit hunian tidak dapat diakses oleh kendaraan untuk menjaga keberadaan ekosistem yang terbentuk di antara pepohonan. Penempatan area publik yang melingkupi tempat parkir dan plaza ditentukan berada pada sisi timur lahan sekaligus sebagai *buffer zone* dengan memberi jarak dari jalan untuk mengatasi kebisingan dan debu masuk dari jalan raya. Penempatan ini juga menjadi pertimbangan karena ketiadaan pohon yang memenuhi standar untuk dimasukkan ke dalam pertimbangan rancang.

Hasil Perancangan:



Gambar 4.16 Layout Plan Tapak



Gambar 4.17 Site Plan

Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Penempatan blok massa ditujukan untuk memenuhi standar kenyamanan bagi masing-masing unit hunian sebagai rumah tinggal. Keputusan desain yang memberikan potensi masing-masing hunian mendapatkan pencahayaan dan penghawaan alami juga menjadi respon terhadap syarat pemenuhan kebutuhan fisik dan kenyamanan berdasarkan pedoman rumah sederhana sehat (PU, 1991). Kondisi rimbunnya kanopi pohon menjadikan cahaya matahari tidak dapat menembus keseluruhan bagian bawah bangunan, dan dapat diantisipasi melalui hasil rancangan tersebut. Pada pendekatan ekologi, prinsip desain utama adalah bagaimana menempatkan sebuah fasilitas atau bangunan buatan manusia dengan meminimalkan dampak intervensi dan perubahan terhadap lingkungan eksisting dan menjadi bangunan tersebut menjadi bagian dari ekosistem yang baru (Yeang, 1995). Hasil rancangan menjadikan massa bangunan menempati ruang diantara pepohonan tanpa merusak kondisi eksisting menjadi bentuk respon terhadap minimalisasi intervensi terhadap lingkungan. Selain itu, penempatan lokasi terbuka pada bawah bangunan dengan tetap menjamin terjangkaunya cahaya matahari dan peluang tumbuhnya vegetasi menjadi bentuk integrasi yang bangunan terhadap ekosistem eksisting.

## 4.5.2 Konfigurasi Unit Hunian

### Kriteria :

- Massa mengokupansi lahan secara optimal sesuai dengan pola persebaran pepohonan eksisting.
- Menyediakan potensi paling optimal dalam perubahan kebutuhan ruang dalam jaringan unit hunian
- Masing-masing unit hunian memenuhi standar kelayakan minimal ruang

### Konsep :

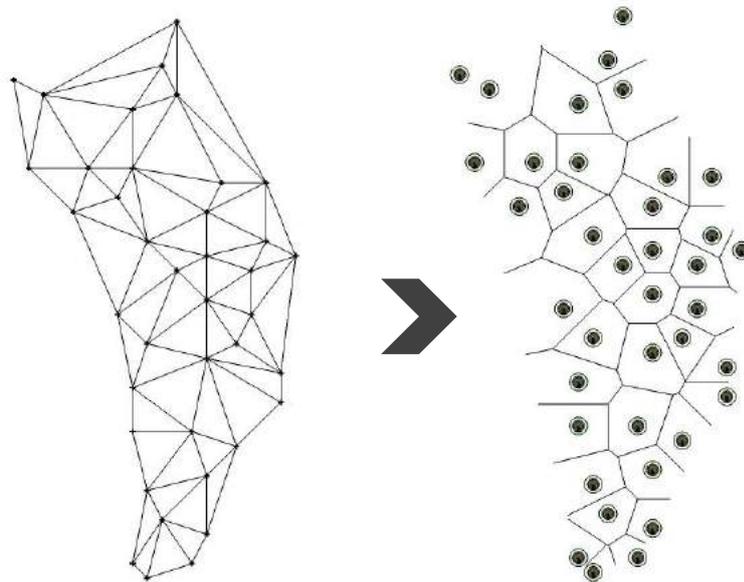
Konfigurasi antar unit hunian dikembangkan menggunakan diagram voronoi 3 dimensi mengikuti parameter yang sudah ditetapkan sebelumnya. Gelembung voronoi yang terbentuk dapat dikembangkan ke berbagai axis, X, Y, dan Z sebagai perwujudan konsep interkoneksi. Pada hasil studi sebelumnya, titik pohon eksisting menjadi acuan dalam mengembangkan hasil diagram voronoi. Peran titik-titik pohon pada tingkatan ini dapat memastikan optimalisasi okupansi massa yang akan terbentuk pada tapak. Sesuai dengan definisi interkoneksi pada konteks perancangan ini, hasil yang akan didapatkan akan di pertimbangkan berdasarkan potensi pengembangan masing-masing gelembung voronoi yang terbentuk. Pengembangan tersebut juga diatur mengikuti standar minimal unit hunian berdasarkan kriteria ( $7,2\text{m}^2$  -  $9\text{m}^2$  per penghuni) agar kelayakan hunian dapat dicapai.

### Hasil dan Pembahasan Rancangan :

Diagram Voronoi adalah salah satu metode penting dalam rangkaian proses perancangan karena menjadi acuan untuk mengembangkan hunian di antara ruang yang terjadi pada pepohonan tersebut. Sesuai dengan kebutuhan menempatkan ruang hunian, diagram Voronoi digunakan untuk mencari jangkauan efektif area sekitar pohon. Bentuk ruang yang akan dihasilkan dapat bervariasi dan tidak terduga namun tetap bisa diatur di awal agar hasil tersebut sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Salah satu aspek yang penting adalah bagaimana bentuknya dapat memenuhi standar minimal ruang hunian, okupansi lahan paling maksimal, dan potensi pengembangan yang paling optimal.

Titik voronoi 3D diperlukan dalam proses pembentukan sebuah gelembung voronoi 3D. Titik-titik ini dikembangkan dari koordinat pohon eksisting yang diatur berdasarkan hasil identifikasi dan formulasi pola pepohonan eksisting menggunakan Triangulasi Delaunay. Pada hasil sebelumnya, didapatkan bahwa beberapa ruang yang terbentuk di antara pepohonan telah memenuhi standar minimal luas hunian. namun sebagian lain memiliki jarak relatif dekat dan diprediksikan akan membentuk area dan gelembung voronoi yang sempit dan tidak layak menjadi ruang hunian.

**Langkah Pertama**, data ekstraksi hasil triangulasi diterapkan ke dalam algoritma diagram voronoi 2D. Penerapan diagram tersebut bertujuan untuk mendapatkan area sekitar pohon yang paling optimal mengokupansi ruang yang dibatasi oleh pohon di sekitarnya. (Gambar 4.13). Secara visual, penempatan pohon eksisting ini menghasilkan ruang yang bervariasi ditinjau berdasarkan tingkat kedekatan dengan titik pohon lain di sekitarnya.

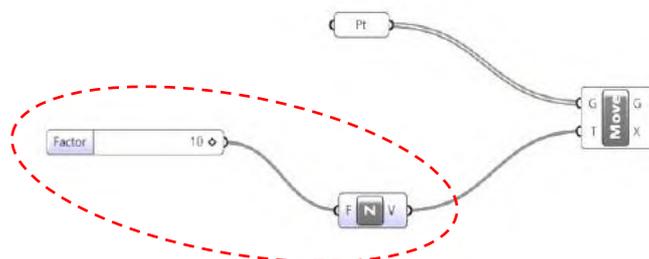


Gambar 4.18 Pola Voronoi berdasarkan titik pohon

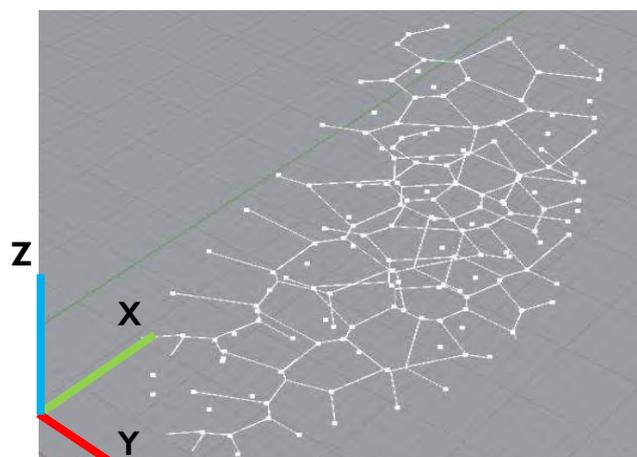
Hasil voronoi 2D tersebut belum dapat dikonversikan menjadi gelembung voronoi karena hasil studi terhadap pohon eksisting (melalui metode observasi dan Triangulasi Delaunay) belum dimasukkan sebagai parameter. Hasil yang didapatkan dari analisis pola ruang di lokasi perancangan (Gambar 4.10) berupa asumsi pengembangan ruang. Pada hasil diagram voronoi 2D, titik-titik

perpotongan diagram voronoi menempati ruang paling maksimal dalam pola pepohonan. Oleh karena itu, titik perpotongan diagram voronoi diambil sebagai titik voronoi 3D.

**Langkah Kedua**, pembatasan titik voronoi 3D harus dilakukan sesuai dengan hasil kajian pohon eksisting. Hasil analisis diagram voronoi sebelumnya, didapatkan bahwa beberapa titik perpotongan menempati jarak yang relatif terlalu dekat satu sama lain dan berpotensi menghasilkan bentuk yang tidak memenuhi standar minimum hunian dan bersudut sempit. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan memindahkan salah satu titik dari semua hasil perpotongan yang berdekatan satu sama lainnya secara vertikal (Gambar 4.15) untuk mendapatkan volume dan proporsi gelembung voronoi yang lebih baik. Berdasarkan analisis tersebut, titik puncak dan dasar pohon ditetapkan sebagai pembatas bentuk ruang voronoi. Pada titik yang mengisi di antara ruang tersebut, titik perpotongan hasil diagram voronoi 2D yang memenuhi syarat digeser pada sumbu Z (Gambar 4.14) untuk mengisi ruang tersebut.

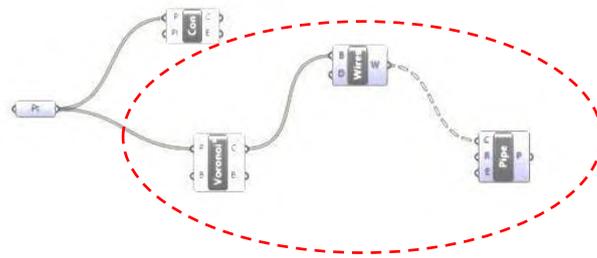


Gambar 4.19 Algoritma yang diterapkan pada titik parameter

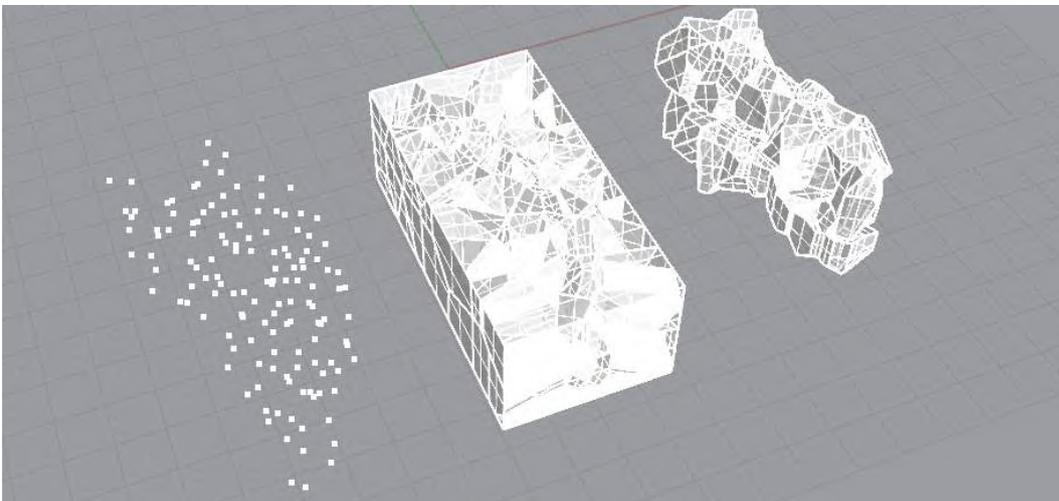


Gambar 4.20 Penerapan titik perpotongan diagram voronoi 2D menjadi titik voronoi 3D pada sumbu X, Y, Z

Berdasarkan pola dari voronoi dua dimensi yang telah dibentuk, ditemukan titik voronoi yang merupakan perpotongan dari masing-masing garis voronoi dan diatur ketinggiannya dengan jumlah titik yang berbeda agar ditemukan alternatif hunian yang berbeda dan dilakukan studi. Hal ini dilakukan karena ditemukan beberapa titik perpotongan yang akan menghasilkan gelembung voronoi yang tidak memenuhi standar. Langkah ini dilakukan sebagai antisipasi karena bentuk voronoi tidak dapat dipastikan hasil jadinya sebelum diaplikasikan, namun tetap dapat diprediksi melalui seperangkat parameter yang dimasukkan sebagai pengaturan.



Gambar 4.21 Aturan yang diterapkan untuk mengatur posisi titik



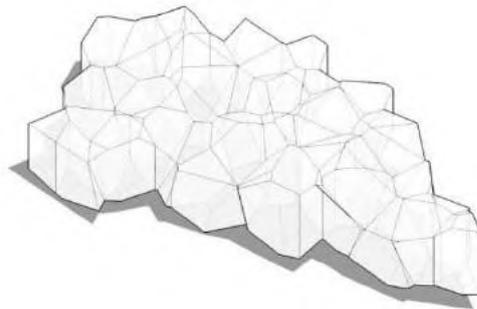
Gambar 4.22 Tahapan 'form generating' dengan diagram voronoi 3D

**Langkah Ketiga**, melakukan tahap 'form generating' (Gambar 4.17). Tahap ini secara sederhana dilakukan oleh software komputasi berdasarkan aturan-aturan algoritma yang telah ditentukan pada tahap tahap sebelumnya. Dari hasil pengaplikasian diagram voronoi 3D, didapatkan 2 bentuk massa yang dapat dikembangkan menjadi konfigurasi unit hunian yang saling membentuk

interkoneksi. Kedua hasil didapatkan dari penerapan hasil identifikasi pola pepohonan dan studi pohon eksisting. Masing-masing hasil yang didapatkan mengikuti parameter yang sama, namun perbedaannya terdapat pada penetapan titik-titik voronoi yang dipisahkan atau tidak. Berikut adalah penjabaran hasil konfigurasi yang berbeda, dan analisis kelebihan dan kekurangan satu sama lain:

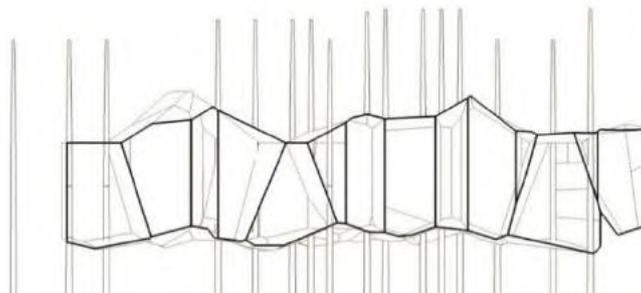
#### 1. Alternatif Konfigurasi A

Gelembung voronoi yang terbentuk pada alternatif konfigurasi A berjumlah 24 buah. Masing-masing gelembung belum semua memenuhi standar unit minimum untuk satu orang. Hal tersebut disebabkan oleh proporsi ruang terbentuk yang tumbuh ke arah atas/vertikal namun sempit pada bidang horizontalnya. Hasil ruang hunian membentuk ruang yang secara proporsi memiliki ketinggian 2 kali dimensi terlebar dari alasnya.



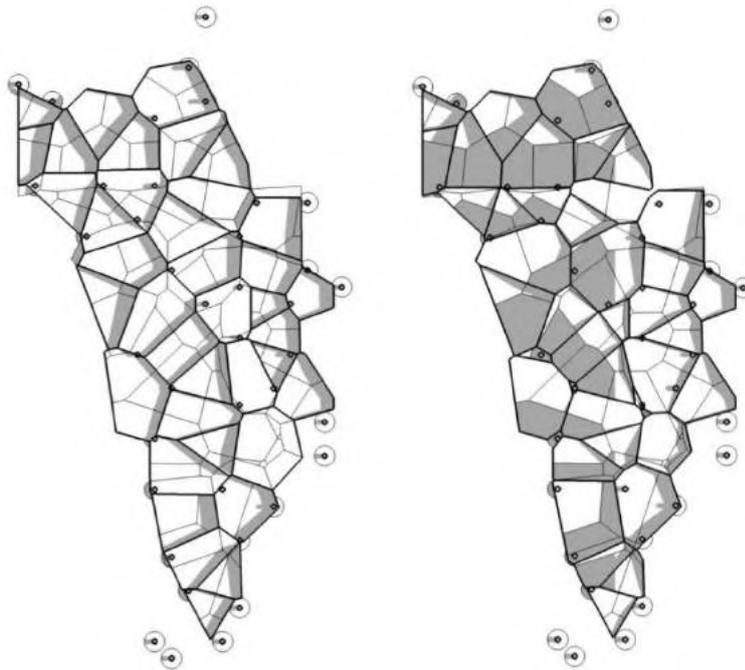
Gambar 4.23 Bentuk Interkoneksi Hunian berdasarkan satu titik voronoi

Alternatif konfigurasi ini didapatkan dari penerapan titik pada diagram voronoi 3d yang berada pada satu level elevasi, sehingga ruang yang terbentuk dibatasi oleh masing-masing ujung pohon (Gambar 4.18). Secara proporsi, ruang-ruang memiliki skala proporsi tinggi yang lebih dibandingkan dengan alasnya.



Gambar 4.24 Ilustrasi Potongan skema konfigurasi Interkoneksi alternatif A

Potensi masalah yang muncul dalam proses pengembangan unit hunian adalah kebutuhan penggabungan 2 atau 3 gelembung voronoi untuk memenuhi standar minimal satu ruangan. Selain itu, ruang yang terbentuk memiliki sudut-sudut sempit yang berpotensi menjadi ruang sisa/terbuang apabila difungsikan sebagai ruang hunian. Pada elevasi yang berbeda, layout ruang yang terbentuk relatif sama sehingga apabila alternatif ini yang dipilih, potensi pengembangan akan difokuskan secara horizontal (Gambar 4.20). Hal lain yang menjadi masalah adalah penyediaan platform yang bertumpuk-tumpuk pada satu gelembung sehingga berdampak pada akses yang harus digunakan dengan tangga dan akan memakan lebih banyak ruang beraktivitas.

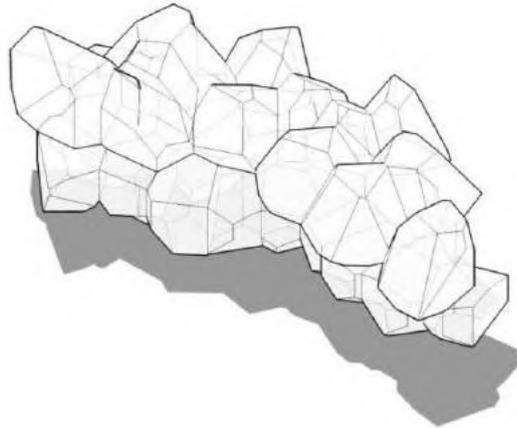


Gambar 4.25 Alternatif A: potongan denah sel voronoi untuk pembagian masing-masing unit hunian pada ketinggian yang berbeda

Ditinjau dari tingkat okupansinya, konfigurasi A mampu memaksimalkan ruang yang ada di antara pepohonan dengan luas area  $308,96\text{m}^2$ . Hal ini terindikasikan pada titik-titik pohon eksisting yang berada pada dinding/garis tepi masing-masing ruang yang terbentuk. Namun potensi ke depan yang perlu diperhatikan adalah bagaimana penempatan ruang bersama dan sirkulasi untuk menjangkau unit yang terhimpit di tengah massa.

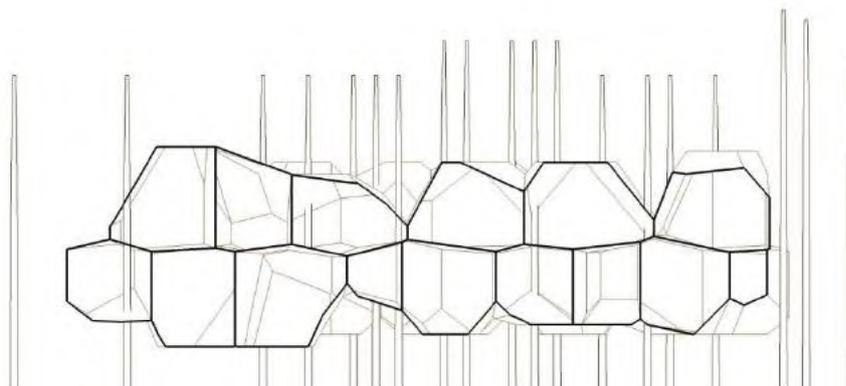
## 2. Alternatif Konfigurasi B

Pada alternatif konfigurasi interkoneksi ini, gelembung voronoi yang terbentuk berjumlah 31. Masing-masing sel telah memenuhi atau melebihi standar unit minimum untuk satu unit hunian, sehingga beberapa gabungan antara sel voronoi tidak dibutuhkan untuk memenuhi standar minimal 1 unit hunian.



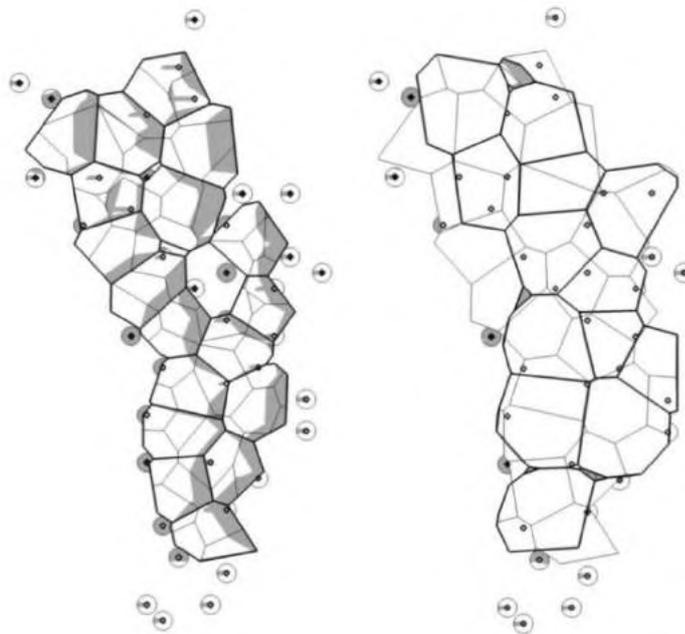
Gambar 4.26 Alternatif B: bentuk skematik pola interkoneksi berdasarkan dua titik ketinggian

Bentuk yang didapatkan dari alternatif konfigurasi B merupakan hasil penerapan titik pada diagram voronoi menggunakan 2 buah titik yang dipisahkan elevasinya berdasarkan sumbu Z. Ketinggian titik diatur dengan menerapkan standar ketinggian hunian pada kajian pustaka di Bab 2. Pada alternatif konfigurasi ini, ruang yang dibentuk oleh sel voronoi terbagi menjadi 2 tingkat secara vertikal (Gambar 4.21).



Gambar 4.27 Ilustrasi Potongan skema Interkoneksi alternatif B

Masing-masing ruang yang terbentuk pada dua ketinggian berbeda satu sama lain (Gambar 4.23) dan hasil ruang yang terbentuk secara umum mendekati skala yang sama pada tinggi dan alasnya. Hal ini berimplikasi pada potensi pengembangan dan hubungan yang terbentuk antar gelembung secara vertikal dan horizontal. Selain itu, sudut-sudut ruang yang terbentuk cenderung tumpul dan memungkinkan terpakai secara optimal dalam potensi pengaplikasian sebagai ruang hunian. Denah gelembung yang terjadi menjadikan ruang yang terbentuk adalah ruang yang bebas secara vertikal dan horizontal, tetapi tetap tidak menutup kemungkinan untuk penambahan ke sel voronoi di sisi lain. Kemudahan untuk menambah karena frame juga terdapat pada bagian vertikal.

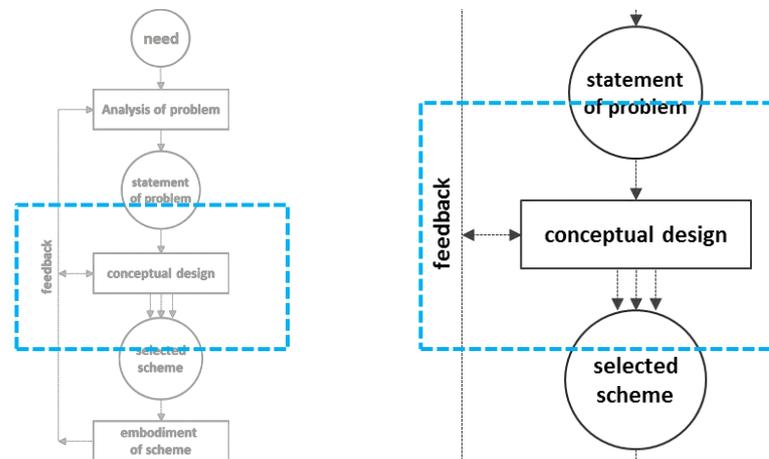


Gambar 4.28 Alternatif B: potongan denah sel voronoi untuk pembagian masing-masing unit hunian pada ketinggian yang berbeda

Alternatif konfigurasi ini juga mampu memaksimalkan Ditinjau dari tingkat okupansinya, konfigurasi ini mampu memaksimalkan ruang yang terbentuk di antara pepohonan. Letak titik-titik pohon eksisting yang berada pada dinding/garis tepi masing-masing ruang yang terbentuk menjadi indikasi tercapainya kriteria tersebut. Namun, sama halnya dengan konfigurasi interkoneksi A, potensi ke depan yang perlu diperhatikan adalah bagaimana perlakuan yang dilakukan pada keputusan rancangan untuk unit yang terhimpit.

### 3. Studi Komparasi Hasil Alternatif Konfigurasi terhadap Kriteria

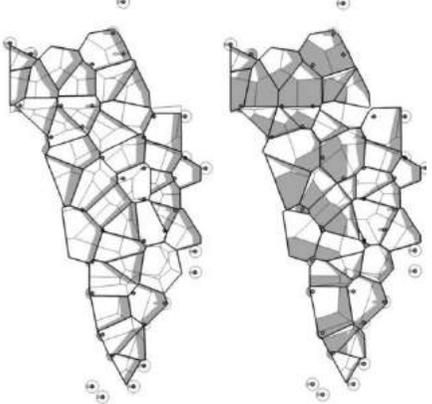
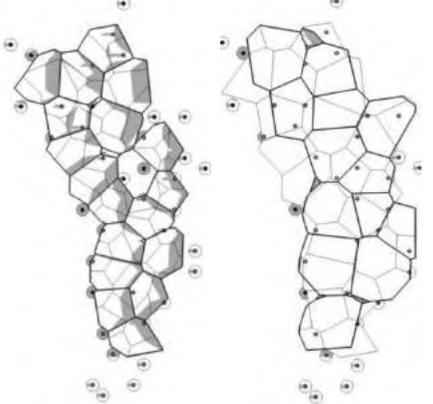
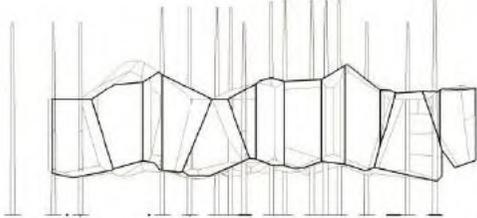
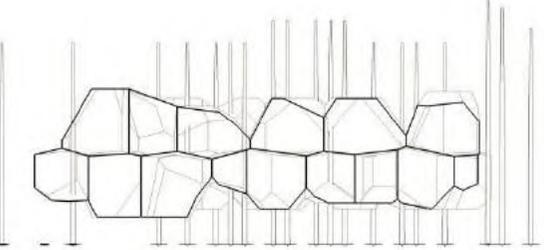
Massa bangunan keseluruhan terdiri dari unit-unit hunian yang berinterkoneksi satu sama lain. Blok massa tersebut dibentuk dengan mengatur parameter voronoi 3D yang didapatkan dari hasil studi Triangulasi Delaunay dan studi terhadap pohon eksisting. Masing-masing perpotongan diagram voronoi 2D dari titik pohon eksisting ditetapkan sebagai titik pengembangan voronoi 3D. Langkah ini menghasilkan unit hunian yang menjadikan pohon sebagai sudut pertemuan masing-masing, sehingga ruang yang ada berada di antara pepohonan sekaligus mengokupansi lahan secara optimal.



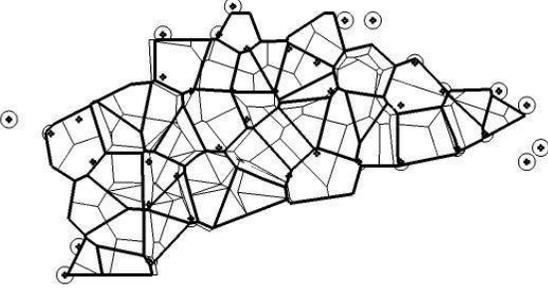
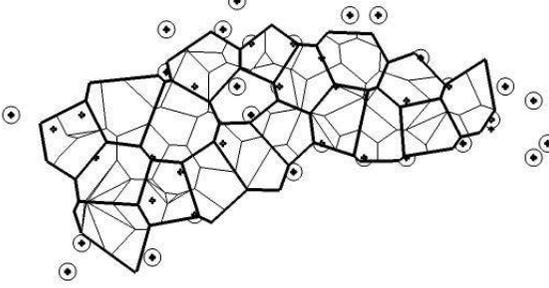
Gambar 4.29 Tahapan *feedback* pada proses perancangan

Hasil alternatif rancangan yang ada dikomparasikan terhadap kriteria yang ditetapkan di awal dalam rangka menyelesaikan masalah perancangan yang ada. Kriteria ditentukan dari pendekatan *open building* dan teori tentang rumah yang mengatur tentang kualitas keleluasaan bagi penghuni untuk mengembangkan unit huniannya baik secara vertikal maupun horizontal mengikuti kebutuhannya dan kualitas yang harus dipenuhi pada sebuah ruang hunian. Pada tahap pemilihan skematik desain ini, metode yang digunakan adalah *crosscheck evaluation* dimana kriteria yang ditetapkan sebelumnya dibandingkan dengan kedua hasil alternatif untuk mendapatkan hasil terbaik yang paling memenuhi kriteria. Berikut adalah penjabaran hasil evaluasi:

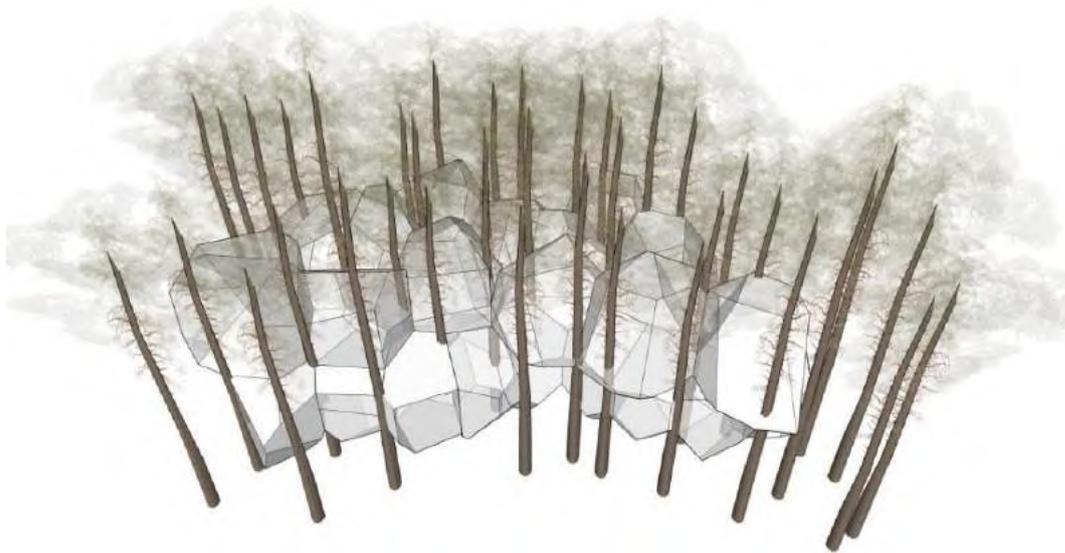
Tabel 4.9 Evaluasi Alternatif Hasil Rancangan

Kriteria	Alternatif A	Alternatif B
<p>Massa rumah pohon mengokupansi lahan secara optimal sesuai dengan pola persebaran pepohonan eksisting.</p>	 <p>Hasil Rancangan alternatif A menunjukkan area yang terokupansi seluas 308,96m<sup>2</sup>.</p>	 <p>Area di antara pepohonan yang terokupansi pada hasil rancangan alternatif B seluas 289,44m<sup>2</sup>.</p>
<p>Menyediakan potensi paling optimal dalam perubahan kebutuhan ruang dalam jaringan unit hunian</p>	 <p>Pengembangan unit hunian terbatas pada sisi yang berbatasan secara horizontal. Hasil ruang yang terbentuk menjadikan ruang pohon secara vertikal menjadi satu unit.</p>	 <p>Terdapat potensi pengembangan unit hunian secara vertikal dan horizontal karena ruang yang terbentuk dibagi pada dua ketinggian yang masing-masing mencukupi tinggi minimal hunian.</p>

Tabel 4.10 Lanjutan Evaluasi Alternatif Hasil Rancangan

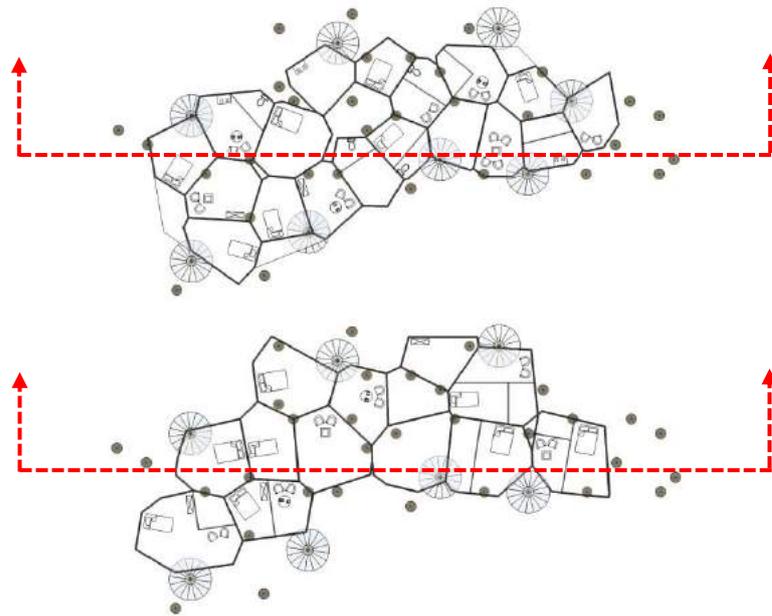
Kriteria	Alternatif A	Alternatif B
<p>Masing-masing unit hunian memenuhi standar kelayakan minimal ruang</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Gelembung voronoi yang terbentuk pada alternatif konfigurasi A berjumlah 24 buah. Tidak semua gelembung memenuhi standar unit minimum per hunian. Hal tersebut disebabkan oleh proporsi ruang terbentuk yang tumbuh ke arah atas/vertikal namun sempit pada bidang horizontalnya.</p> <p>Pada hasil alternatif ini, terdapat 14 ruang yang tidak berbatasan langsung dengan sisi luar kumpulan massa. Hal ini dapat menyebabkan ruang-ruang tersebut tidak memenuhi standar kenyamanan dan potensi penerimaan cahaya maupun penghawaan yang cukup.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Pada alternatif konfigurasi interkoneksi ini, gelembung voronoi yang terbentuk berjumlah 31. Masing-masing sel telah memenuhi atau melebihi standar unit minimum untuk satu unit hunian, sehingga beberapa gabungan antara sel voronoi tidak dibutuhkan untuk memnuhi standar minimal 1 unit hunian.</p> <p>Alternatif konfigurasi ini menghasilkan 2 ruang yang ‘terhimpit’ di tengah yang tidak mendapatkan sisi luar. Sama dengan asumsi alternatif A, ruang-ruang tersebut berpotensi tidak mendapatkan akses pencahayaan dan penghawaan alami yang cukup.</p>

Hasil studi menunjukkan kedua alternatif konfigurasi A mampu mengokupansi lahan lebih baik daripada konfigurasi B. Namun, ditemukan bahwa bentuk hunian yang terbentuk pada alternatif A terlalu kecil dan tidak memenuhi standar sehingga hunian akan sulit dikembangkan. Bentuk yang cenderung meninggi dan membentuk sudut sempit dapat menurunkan potensi pengembangan hunian secara vertikal dan ruang hunian yang tidak efisien akibat ruang yang tidak dapat dimanfaatkan.

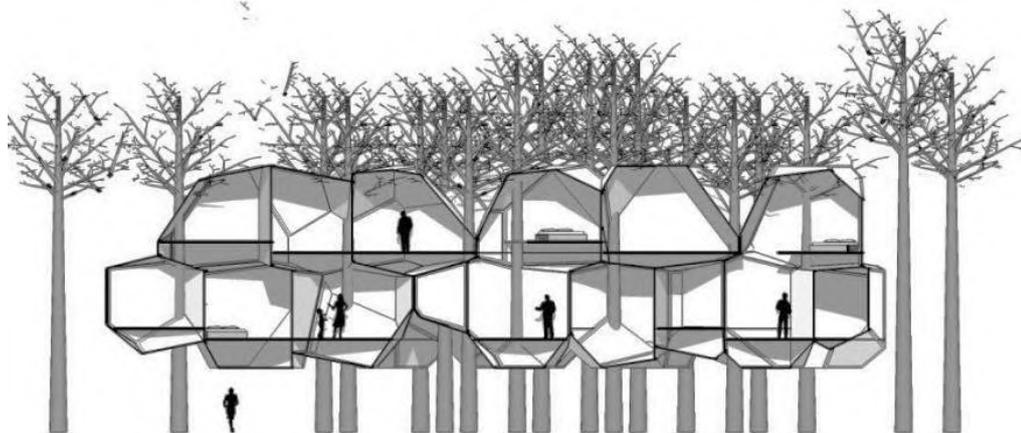


Gambar 4.30 Ilustrasi penerapan massa terpilih pada pohon eksisting

Berdasarkan studi komparasi kedua alternatif konfigurasi terhadap kriteria, alternatif konfigurasi B ditetapkan sebagai pola terpilih. Pada konfigurasi tersebut, hunian lebih mampu menempati ruang yang berada di antara pepohonan dengan leluasa dan tetap memberikan potensi pengembangan hingga tingkat unit hunian secara maksimal. Hasil eksplorasi semua unit hunian rumah pohon yang terbentuk dari Diagram Voronoi (Gambar 4.24) menjadikan lokasi titik pepohonan eksisting hutan kota Balikpapan menjadi parameter rancangan. Pembagian ruang 3 dimensi didasarkan pada sistem algoritma Voronoi, dapat menerjemahkan hubungan titik-titik pohon untuk membagi volume tertentu ke dalam unit hunian.



Gambar 4.31 Layout Plan Skematik



Gambar 4.32 Potongan Skematik Unit Hunian

### 4.5.3 Pengembangan Interkoneksi dan Ruang Hunian

#### Kriteria :

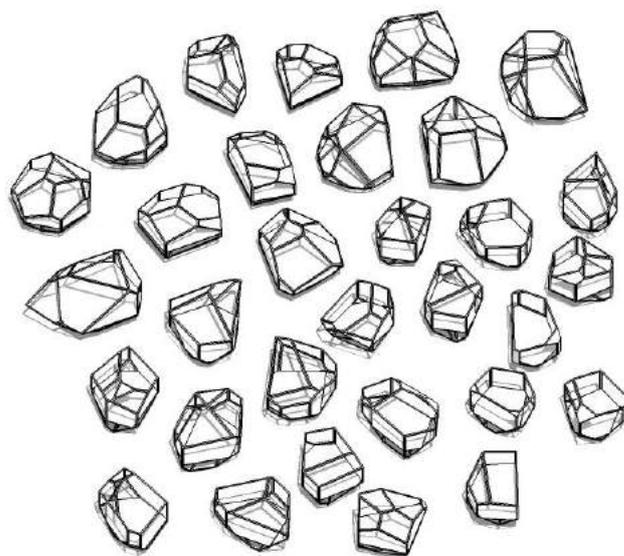
- Luas standar hunian per orang minimal  $9\text{m}^2$
- Hunian menyediakan 3 fungsi, serbaguna, tidur, dan mandi/cuci.
- Tipe unit hunian dapat dikembangkan berdasarkan jumlah okupansi penghuni rumah (single, pasangan, dan keluarga inti)
- Memberikan peluang terciptanya ekspresi arsitektur yang berbeda pada setiap hunian dan kemudahan mengatur tingkat privasi.

Konsep :

Menerapkan pengaturan luas sesuai standar sebelum menerapkan diagram voronoi agar volume dan luas alas gelembung voronoi dapat menyesuaikan standar sekaligus menjawab potensi pengembangan untuk berbagai macam penghuni dan jumlahnya. Konsep interkoneksi diterapkan dan diselidiki lebih lanjut untuk mendapatkan hasil rancangan yang sesuai kriteria.

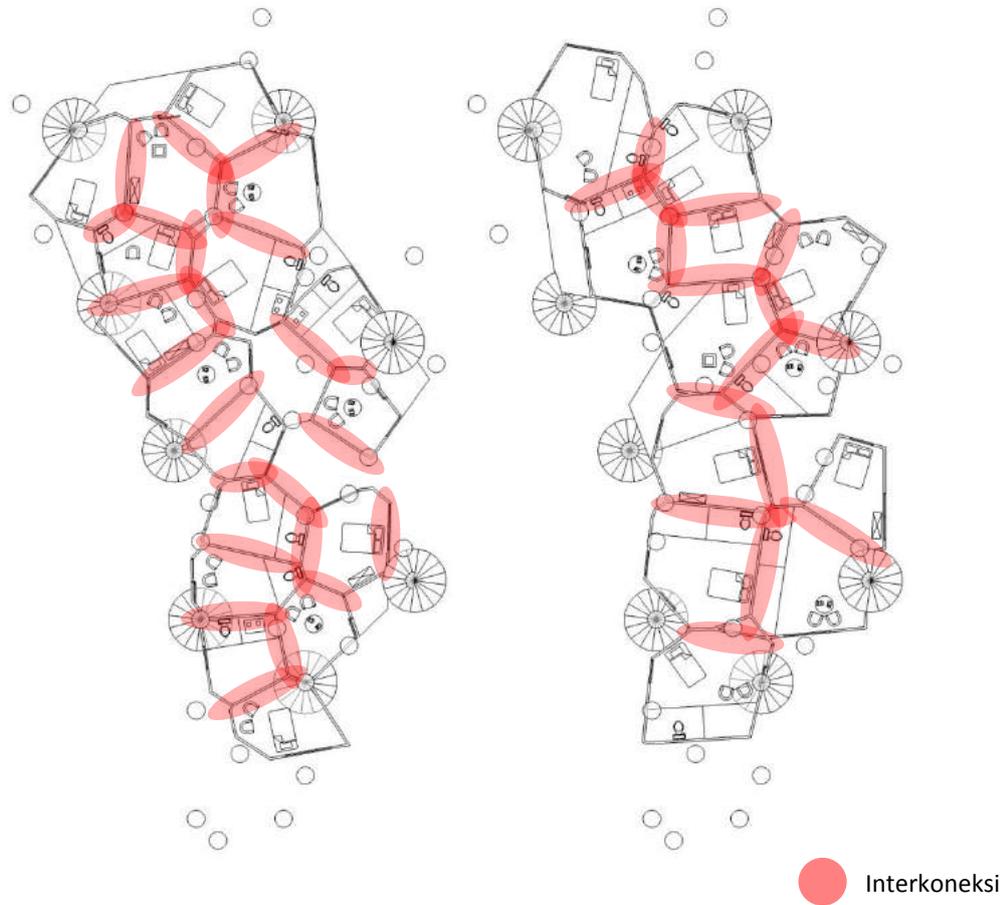
Hasil Rancangan :

Hasil yang didapatkan dari tahap eksplorasi berupa rancangan masing-masing unit hunian yang sudah disesuaikan dengan konteks tapak. Pada hasil perancangan, masing-masing unit hunian memiliki bentuk, volume, dan lokasi yang spesifik dan berbeda satu sama lainnya bergantung dari parameter dan pohon eksisting yang ada di dekatnya. Secara definitif, bentuk unit hunian adalah berasal dari bentuk gelembung yang saling bertumpuk satu sama lain dan menghilangkan volume yang bertumpuk tersebut. Hasil itulah yang menyebabkan masing-masing unit hunian dapat saling berhubungan secara fisik langsung dari sisi-sisi unit tersebut dengan unit hunian yang lain. Hasil ini dapat membuka potensi pengembangan unit hunian dengan penggabungan unit hunian yang lain yang tepat berhubungan langsung dengan unit hunian yang ada di sekitarnya. Pengembangan detail hasil ini dilakukan dengan metode *design research*.



Gambar 4.33 Hasil Eksplorasi Bentuk Unit Hunian

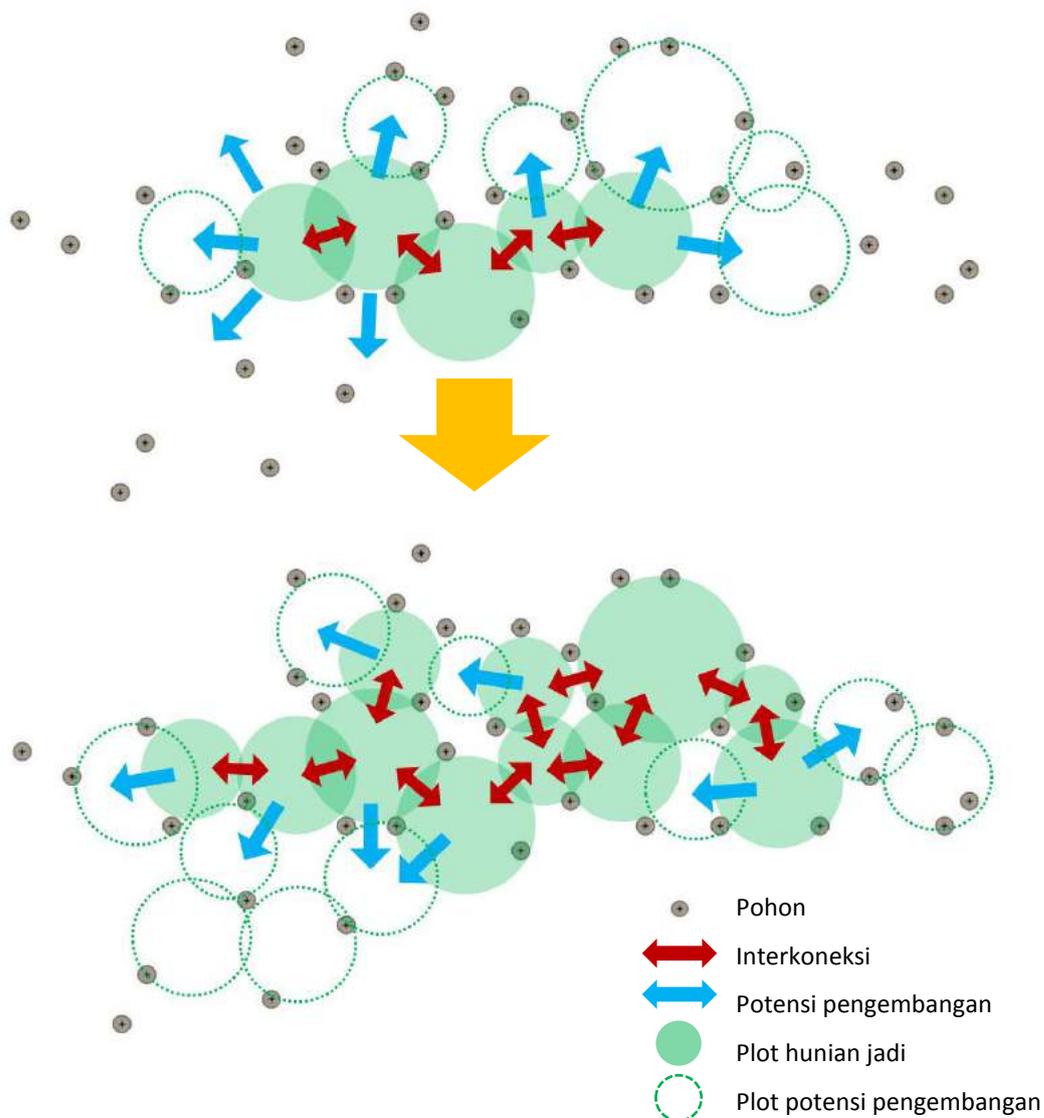
## Penjabaran Interkoneksi



Gambar 4.34 Ilustrasi Interkoneksi pada Denah rumah pohon elevasi +4.00 dan elevasi +7.00; Ilustrasi interkonesksi 3D

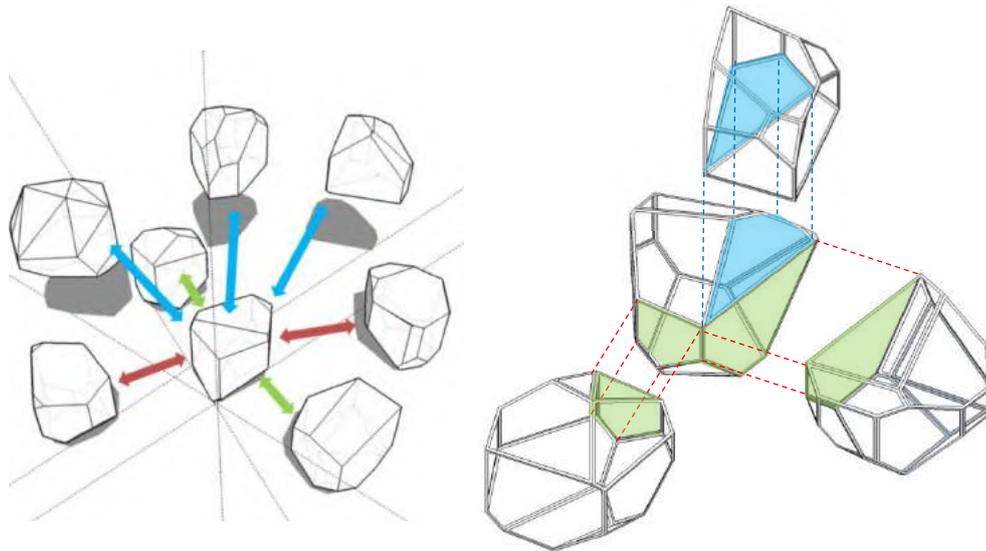
Interkoneksi yang dihasilkan berupa hubungan secara fisik dari pertemuan masing-masing sisi yang berhimpit/menempel dari masing-masing unit hunian (Gambar 4.34). Bentuk yang saling berhimpit inilah yang menjadi sifat interkoneksi sehingga masing-masing unit hunian dapat berubah maupun berkembang selama unit itu terhubung dengan unit lain. Secara fisik, sisi tersebut berupa bidang yang dibentuk rangka struktur masing-masing unit. Potensi pengembangan juga perlu diperhatikan dari sisi yang berhimpit karena luas bidang yang terinterkoneksi tidak semua memenuhi luas cukup. Interkoneksi pada sisi vertikal dihubungkan berupa void dan tangga.

Titik pohon eksisting yang diterapkan menggunakan metode *generative deisgn* sebagai acuan rancang telah membentuk unit-unit hunian rumah pohon. Metode tersebut digunakan agar konfigurasi pepohonan eksisting dapat dirumuskan dan mendapatkan bentuk ruang rumah pohon yang paling maksimal dalam menempati ruang di antara pepohonan. Masing-masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain melalui pola hubungan yang akan dirancang berdasarkan titik-titik pepohonan eksisting. Tahap sintesis ruang hunian akan diterapkan menjadi bentuk-bentuk konfigurasi interkoneksi yang berbeda, akan akan dikaji berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.



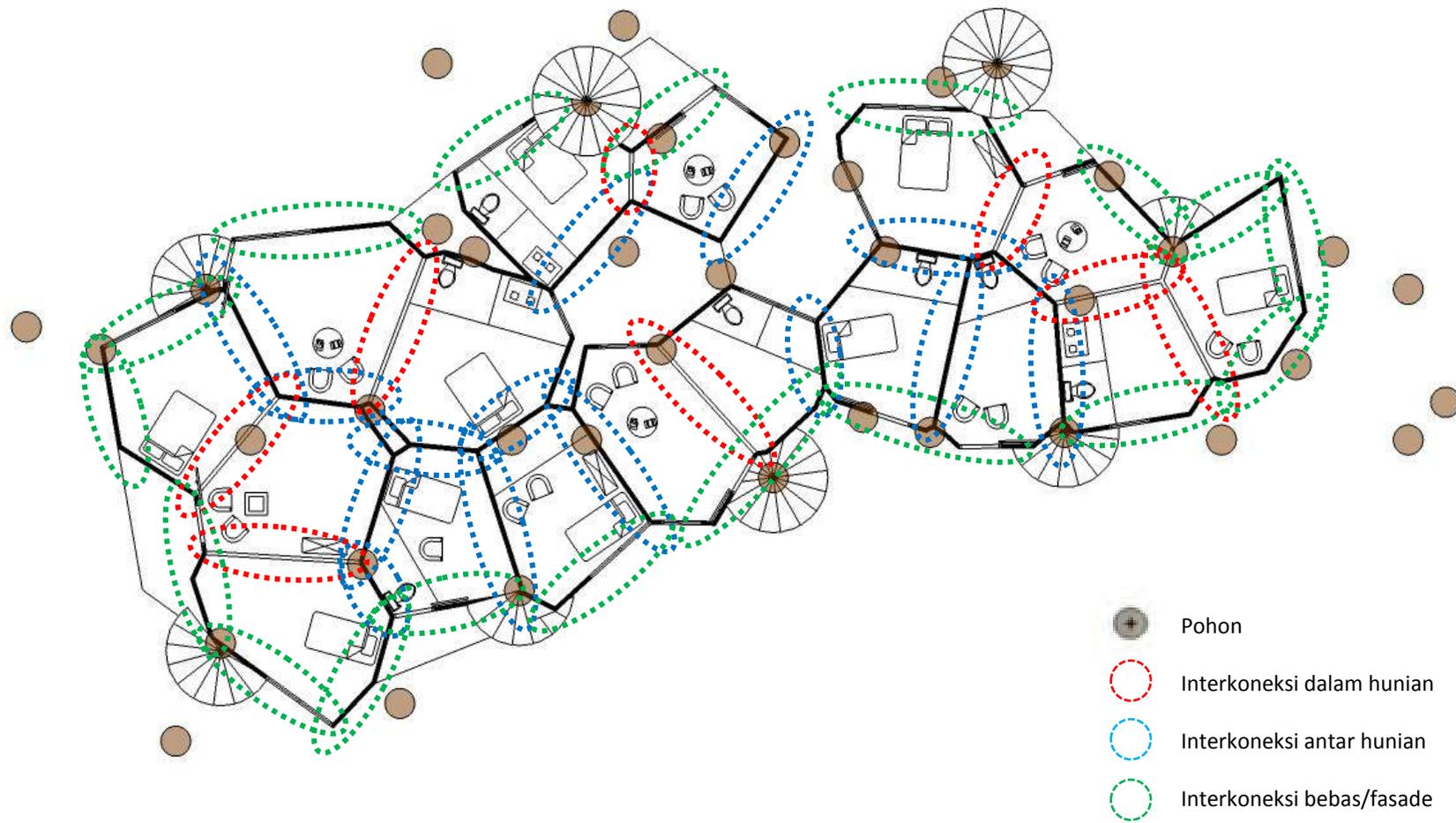
Gambar 4.35 Skematik Konsep Interkoneksi dan Pengembangan Unit Hunian

Bentuk lingkaran hijau adalah Ilustrasi ruang hunian yang terbentuk di antara pepohonan (Gambar 4.39). Tahap dalam merumuskan pola pepohonan dilakukan dengan menerapkan Triangulasi Delaunay dan mendapatkan parameter untuk diterapkan pada Diagram Voronoi. Metode desain generatif menentukan ruang yang paling optimal dan paling memenuhi standar kelayakan sebuah rumah berdasarkan kajian mengenai standar rumah sederhana sehat. Tanda panah merah mengilustrasikan hubungan interkoneksi antar unit hunian, interkoneksi terbentuk bukan hanya secara horizontal pada sumbu X dan Y, namun juga terbentuk secara 3 dimensional pada sumbu Z. Tanda panah biru mengilustrasikan potensi pengembangan hunian ke arah yang dibutuhkan sesuai dengan pola konfigurasi pohon eksisting yang terbentuk pada tapak.

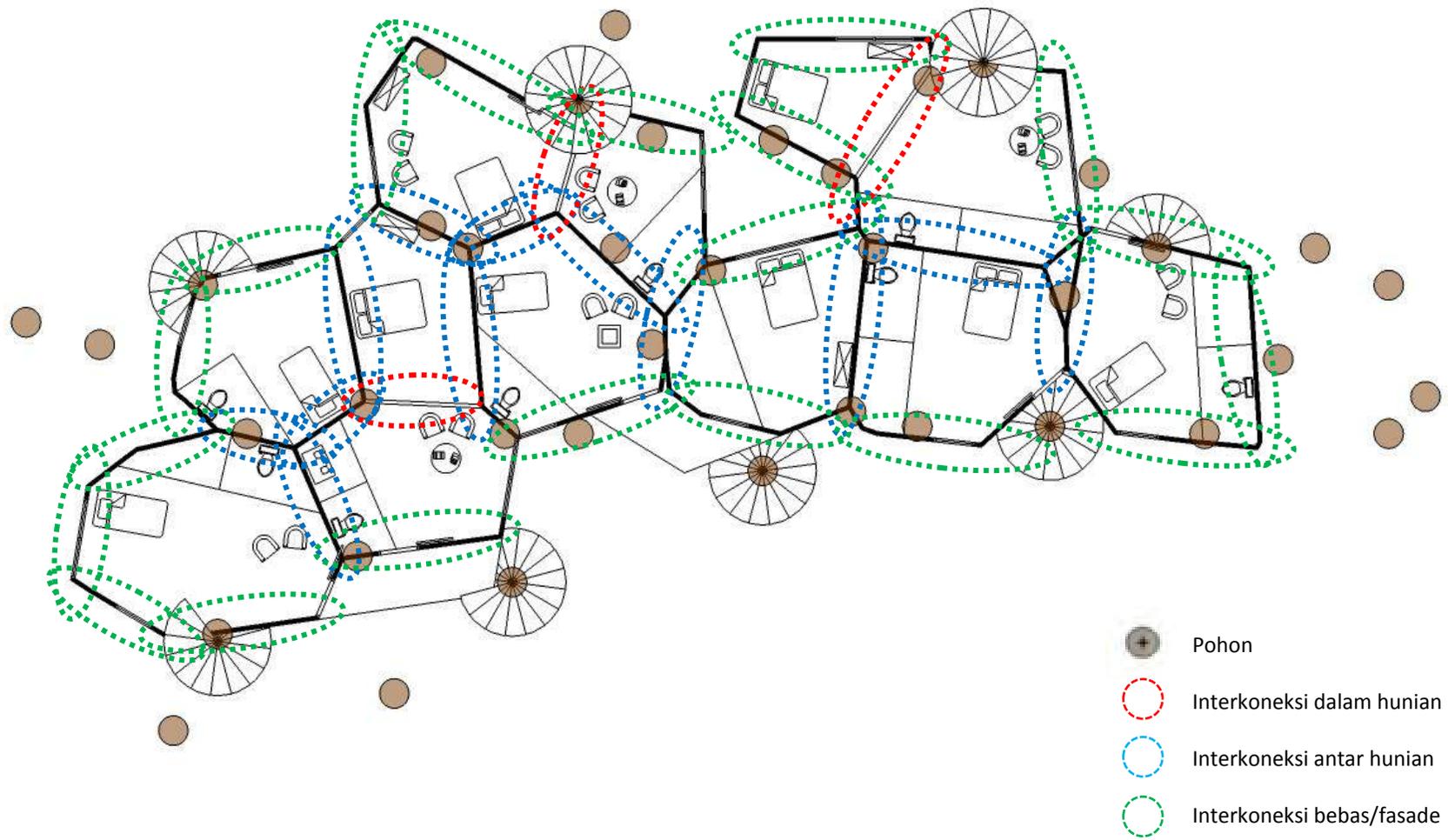


Gambar 4.36 Ilustrasi interkoneksi berdasarkan bentuk ruang hunian

Pada hasil sebelumnya, alternatif konfigurasi hunian B terpilih sebagai konfigurasi yang paling memenuhi kriteria. Konfigurasi tersebut akan dikembangkan menjadi unit-unit hunian yang lebih detail dengan memasukkan konsep interkoneksi. Tahap penyelidikan dan pengembangan interkoneksi menggunakan metode *design research*. Proses iteratif dilakukan dalam menentukan pembagian zona dan pengembangan interkoneksi yang paling sesuai dengan konteks yang diangkat.



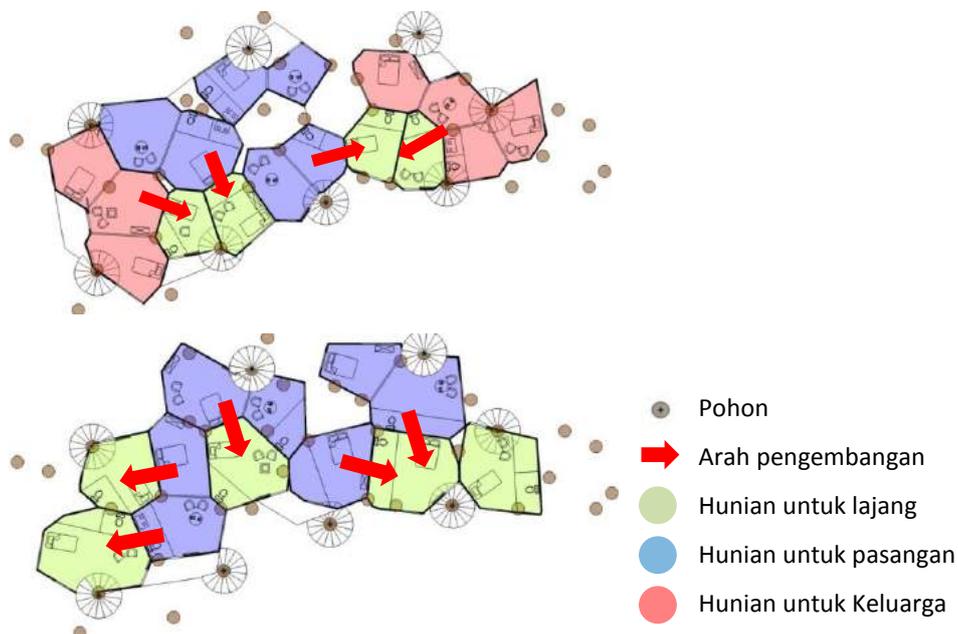
Gambar 4.37 Layout Plan konfigurasi rumah pohon (elevasi +4.00) dan skematik interkoneksi



Gambar 4.38 Layout Plan konfigurasi rumah pohon (elevasi +7.00) dan skematik interkoneksi

Pada hasil pengembangan konsep interkoneksi, ditemukan 3 macam interkoneksi yang diklasifikasikan berdasarkan penyelesaian arsitektur yang dihasilkan pada konfigurasi hunian keseluruhan (Gambar 4.35 dan 4.36). klasifikasi interkoneksi tersebut adalah sebagai berikut:

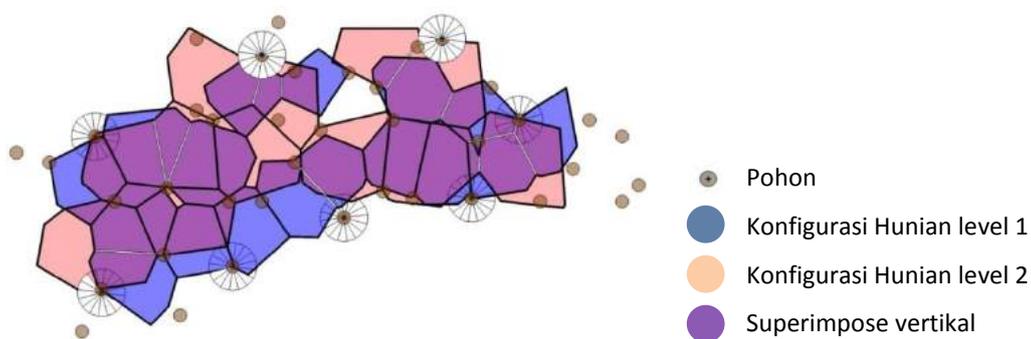
1. Interkoneksi yang berupa pembatas antar hunian, diterapkan karena masing-masing hunian membutuhkan privasi sekaligus menjadi pembatas jelas antar hunian.
2. Interkoneksi yang berupa partisi ruang. Penyelesaian ini terjadi pada batas antar unit yang telah digabungkan menjadi satu hunian utuh. Partisi tersebut dapat berupa dinding berpintu (sebagai akses) ataupun dihilangkan sama sekali, keputusan tersebut diserahkan pada penghuni.
3. Interkoneksi yang belum berhubungan dengan unit hunian lain namun tetap memiliki potensi untuk dikembangkan ke tahap pembangunan selanjutnya. Penyelesaian interkoneksi ini berupa fasade.



Gambar 4.39 Rekomendasi Zonasi dan pengembangan Hunian

Aspek lain yang perlu dikaji adalah pembagian zona dan penempatan hunian untuk menjamin potensi pengembangan di masa mendatang. Pada konteks ini, hunian rumah pohon diasumsikan untuk penghuni dengan jumlah penghuni lajang, pasangan, dan keluarga inti. Masing-masing penghuni memiliki

kecenderungan dan kebutuhan yang berbeda satu sama lainnya. Hasil analisis terhadap penghuni menunjukkan bahwa hunian untuk lajang memiliki tingkat pengembangan yang paling besar dan paling fleksibel, maka diputuskan pembagian zona hunian untuk pasangan harus berinterkoneksi dengan hunian untuk lajang. Penghuni lajang wajib berinterkoneksi dengan hunian lajang lain atau hunian untuk pasangan (Gambar 4.39). Rekomendasi ini didasari pada sifat hunian lajang yang tidak terikat dengan hunian disekitarnya dan menghasilkan potensi untuk pengembangan unit hunian lain.



Gambar 4.40 Skematik Superimposisi layout plan konfigurasi hunian

Hal tersebut berlaku tidak hanya pada pengembangan horizontal, tetapi juga pada sisi vertikalnya. Sehingga pengembangan mampu diterapkan pada sumbu X, Y, dan Z. Cara untuk mengetahui hunian yang dapat dikembangkan secara vertikal adalah dengan menumpuk/*superimpose* layout pada elevasi yang berbeda (Gambar 4.40). Penumpukan tersebut akan menghasilkan zona yang sama yang terdapat pada ruang hunian secara vertikal. Apabila area yang dihasilkan membentuk hubungan vertikal, maka pengembangan hunian dapat dilakukan.

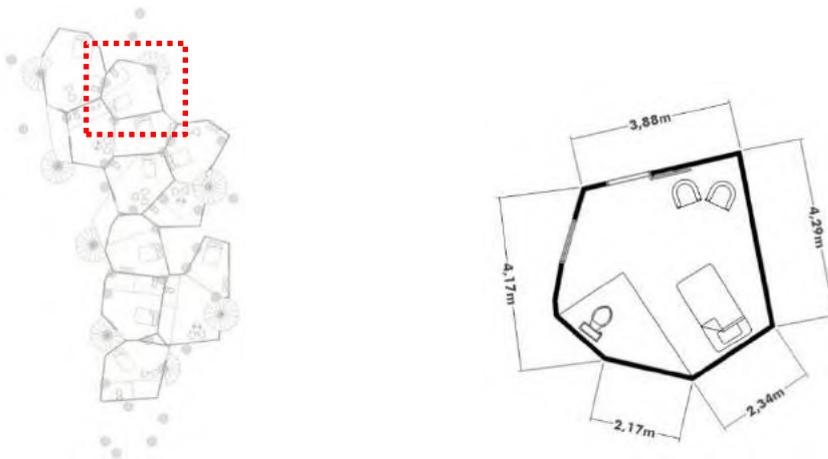
### Pengembangan Unit Hunian

Bentuk hunian yang didapatkan dari diagram voronoi memiliki sisi yang saling bertemu/berhimpit satu sama lain antar unit sehingga membentuk jaringan rumah pohon yang memanfaatkan ruang di antara pepohonan. tanda panah merah, hijau, dan biru merepresentasikan masing-masing kemungkinan hubungan dari aksis X, Y, dan Z (Gambar 4.36). Interkoneksi ini yang secara menjadi potensi pengembangan unit hunian dengan pendekatan *open building*. Potensi tersebut

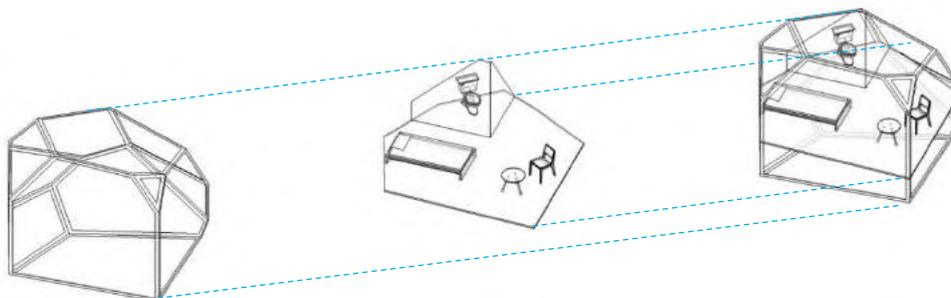
yang menghasilkan permutasi hubungan unit hunian. Penjabaran contoh permutasi rancangan hunian sebagai berikut:

1. Hunian untuk penghuni lajang

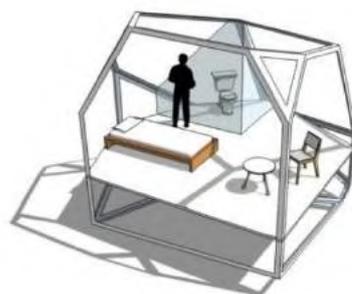
Pada unit hunian untuk single, kebutuhan ruang masih sederhana sehingga penggabungan unit hunian yang terbentuk dari 1 hingga 2 sel voronoi sudah cukup untuk mengakomodasi kebutuhan sehari-hari. Unit hunian untuk penghuni single ini terdiri dari bagian unit yang berupa area yang bebas tidak terpartisi untuk memudahkan kegiatan yang dilakukan dengan keterbatasan ruang yang ada.



Gambar 4.41 Posisi hunian pada Layout dan Denah Hunian



Gambar 4.42 Aksonometri Hunian

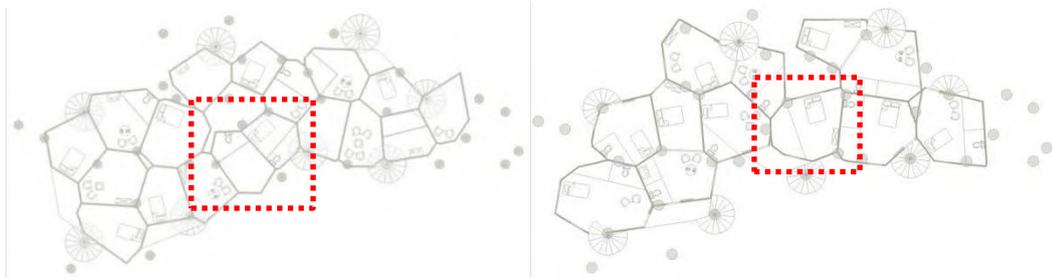


Gambar 4.43 Contoh unit hunian untuk penghuni single

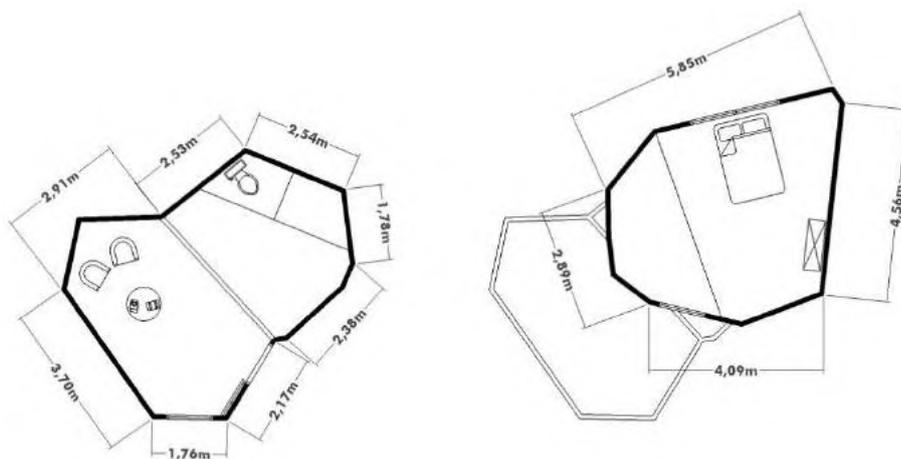
Pembagian ruang yang dilakukan pada hunian untuk satu orang dibagi aktivitas yang tidak dapat dilakukan pada satu ruang yang sama. Pembagian ruangan yang ditentukan adalah ruang serbaguna yang juga berfungsi sebagai tempat tidur dan area servis yang mengakomodasi kebutuhan mandi/cuci/kakus.

## 2. Hunian untuk penghuni pasangan

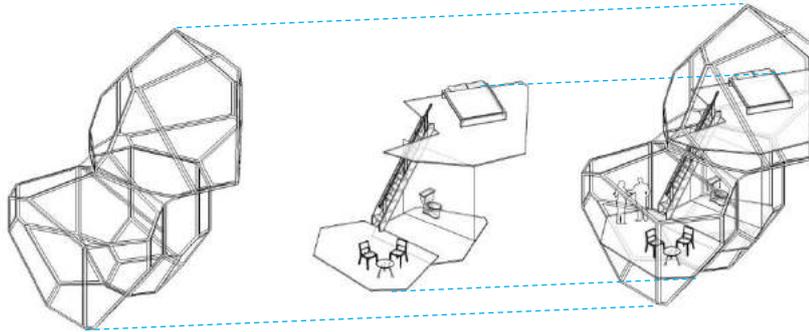
kebutuhan ruang pada hunian untuk pasangan terdiri dari penggabungan unit hunian yang terbentuk dari 1 hingga 2 sel voronoi. Penggabungan tersebut cukup untuk mengakomodasi kebutuhan sehari-hari. Unit hunian untuk penghuni pasangan terdiri dari bagian unit yang berupa area yang bebas tidak terpartisi untuk memudahkan mengantisipasi kegiatan yang spesifik.



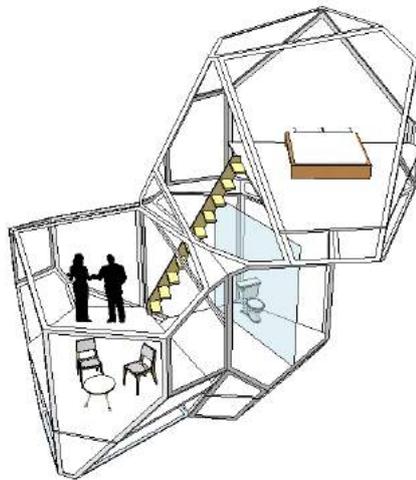
Gambar 4.44 Posisi hunian pada Layout



Gambar 4.45 Denah Hunian untuk Pasangan



Gambar 4.46 Aksonomoetri Hunian

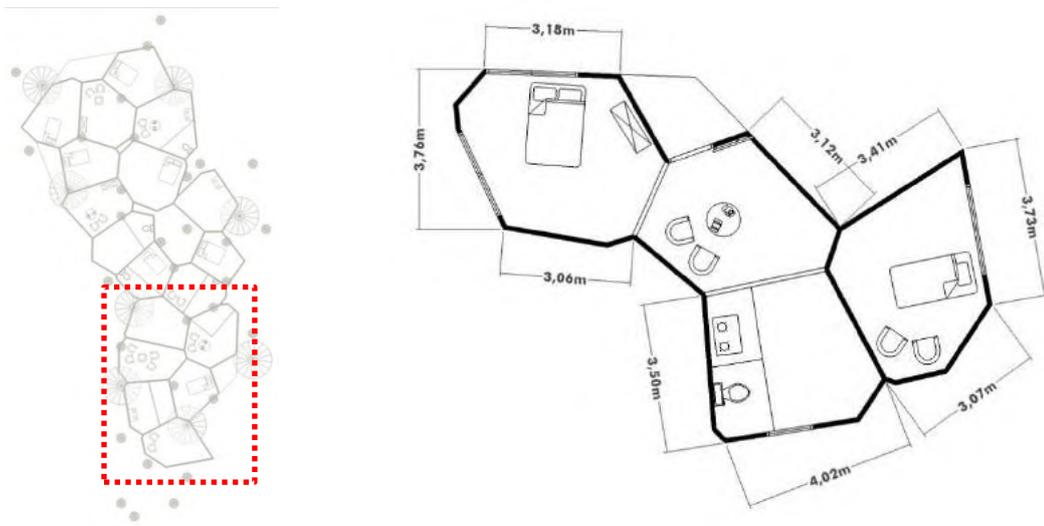


Gambar 4.47 Contoh unit hunian untuk penghuni pasangan

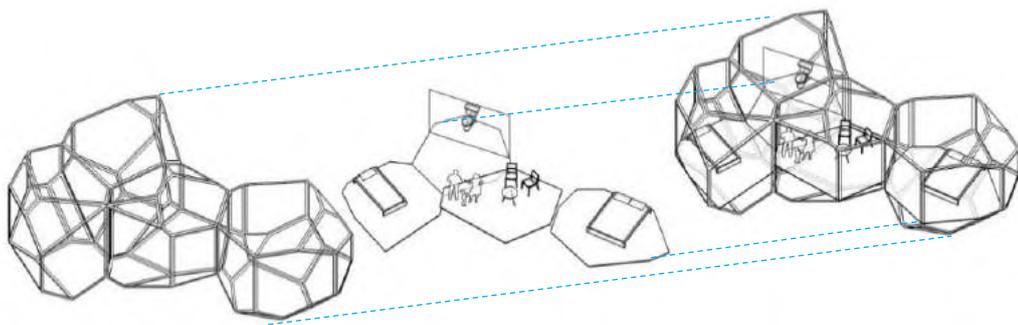
Pada unit hunian untuk pasangan, kebutuhan ruang untuk beraktivitas sudah bertambah sehingga unit hunian perlu ditambah untuk mengakomodasi kegiatan dalam rumah. Unit hunian untuk penghuni pasangan ini terdiri dari bagian unit yang berupa area yang sifatnya privat sehingga membutuhkan partisi sementara (bisa berupa pintu).

### 3. Hunian untuk penghuni keluarga inti

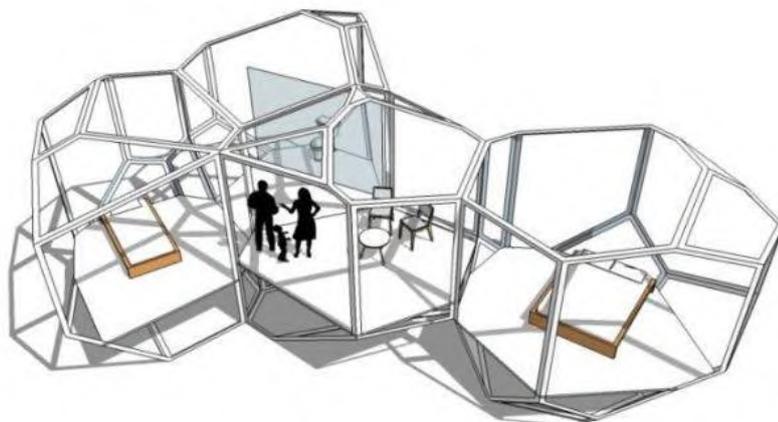
Pada unit hunian untuk keluarga inti, kebutuhan ruang untuk beraktivitas sudah cukup kompleks sehingga unit hunian perlu ditambah sejumlah yang diperlukan untuk mengakomodasi kegiatan. Unit hunian untuk penghuni keluarga ini terdiri dari bagian unit yang berupa area terbuka memisahkan dengan kegiatan yang membutuhkan ruang tertutup, dengan menyediakan elemen partisi/pembatas antar unit.



Gambar 4.48 Posisi hunian pada Layout dan Denah



Gambar 4.49 Aksonometri Hunian



Gambar 4.50 Contoh unit hunian untuk penghuni keluarga inti kecil

Pembagian ruang yang dilakukan pada hunian untuk keluarga lebih kompleks sehingga kebutuhan ruang juga membutuhkan area yang lebih luas. Beberapa aktivitas yang dapat dilakukan dalam satu ruang yang sama dengan waktu penggunaannya berbeda akan digabungkan. Ruang yang ada ditentukan untuk ruang serbaguna, tempat tidur, dan area servis yang mengakomodasi kebutuhan mandi/cuci/kakus.

#### Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Sesuai pedoman rumah sederhana sehat (PU, 1991), masing-masing unit hunian telah memenuhi standar tersebut karena hasil rancangan unit hunian telah mencukupi luas standar minimal yaitu 9m<sup>2</sup>. Aspek lain yaitu pengondisian unit hunian yang mampu mengakomodasi kebutuhan dasar sesuai hasil studi sebelumnya.

Dalam perancangan pengembangan unit hunian yang berkenaan dengan pengembangan hunian di masa mendatang teori yang digunakan adalah *open building*. Hasil rancangan menunjukkan bahwa masing-masing gelembung voronoi berperan sebagai satu unit hunian yang dapat dimodifikasi dan digabungkan dengan unit hunian lain. Pada tingkatan level *open building*, unit hunian ini berperan pada tingkatan *infill* dan *base building* sekaligus. Namun keduanya dapat dibedakan berdasarkan proses dan penempatannya. Pada saat semua unit hunian digabungkan, maka, pola konfigurasi yang terbentuk pada masing-masing hunian membentuk *base building* secara utuh, namun pada saat perubahan itu terjadi, masing-masing unit hunian yang akan berubah fungsi maupun berubah koneksinya dengan unit hunian di sekitarnya sehingga dapat dikatakan sifatnya seperti tingkatan *infill* pada *open building*. Ditinjau dari desain ekologis, ruang hunian yang ditempatkan pada ruang yang terbentuk di antara pepohonan dapat memenuhi prinsip yang berkenaan dengan minimalisasi intervensi terhadap lingkungan asli. Lebih jauh lagi, pengembangan unit ruang hunian rumah pohon dengan menggunakan metode generatif desain telah menjawab prinsip desain ekologis tentang kontekstualitas sebuah ekosistem. Pada tapak yang berbeda, walaupun pepohonan dibentuk oleh pohon yang memiliki

spesies homogen, tetapi pola yang terbentuk akan sangat berbeda dan akan menghasilkan bentukruang hunian yang sangat beragam, sehingga konteks hutan kota Balikpapan menjadi sangat melekat pada hasil perancangan.

Konsep *open building* diterapkan pada pola interkoneksi pada perancangan ini. Kendall (2002) menyatakan bahwa *open building* adalah pemahaman bahwa bangunan dapat berkembang dan mengantisipasi perubahan yang tidak terduga di masa mendatang dan terdiri dari beberapa tingkatan. Pada hasil rancangan, pemahaman yang digunakan adalah bahwa unit hunian harus dapat berkembang dan dapat dimanipulasi oleh user/penghuninya, oleh karena itu pola yang terbentuk dapat terbentuk bebas mengikuti kebutuhan masing-masing perubahan yang ada pada masanya.

Habraken (dalam kendall, 2006) menyatakan tujuan *open building* adalah menghasilkan sebuah rancangan yang responsif terhadap kebutuhan penghuninya. Sebuah bangunan yang dirancang dengan konsep *open building* akan selalu membuka peluang terjadinya perubahan, dan dapat dipastikan bahwa konsep *open building* akan menuntut partisipasi dari para calon penghuni. Dengan menjadikan hasil bentuk hunian yang didapatkan dari metode desain generatif sebagai ruang hunian pada tingkatan *base building*, maka pendekatan *open building* berperan sebagai dasar dalam konsep interkoneksi.

Apabila masing-masing unit hunian telah berganti kebutuhan, maka penghuni dapat mengembangkan unit huniannya ke unit hunian yang berinterkoneksi dengannya, dan menciptakan tatanan baru rumah pohon yang sesuai dengan kebutuhan. Beberapa titik pohon akan dimanfaatkan sebagai sirkulasi vertikal dan beberapa ruang yang dirancang untuk kosong agar berfungsi sebagai ruang publik guna mengakomodasi interaksi dan kegiatan sosial.

#### **4.5.4 Sistem Bangunan Rumah Pohon**

Sistem bangunan rumah pohon didefinisikan sebagai integrasi elemen-elemen rancang yang berkaitan satu sama lain sehingga membentuk sebuah sistem untuk melengkapi keberadaan rumah pohon itu sendiri. Beberapa elemen yang dimaksud adalah sistem struktur, sistem utilitas, dan penyelesaian umum fisik rumah pohon. penjabaran masing-masing elemen dijelaskan sebagai berikut:

## 1. Sistem Stuktur

### Kriteria :

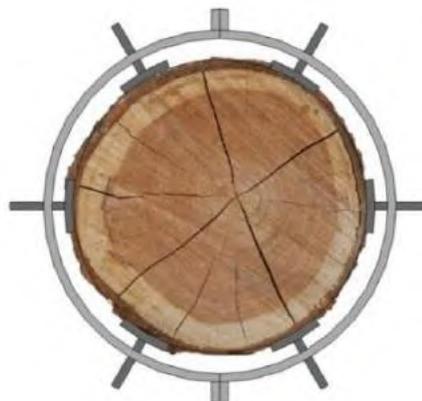
- Sistem struktur tidak menghalangi proses pertumbuhan pohon.
- Platform hunian

### Konsep :

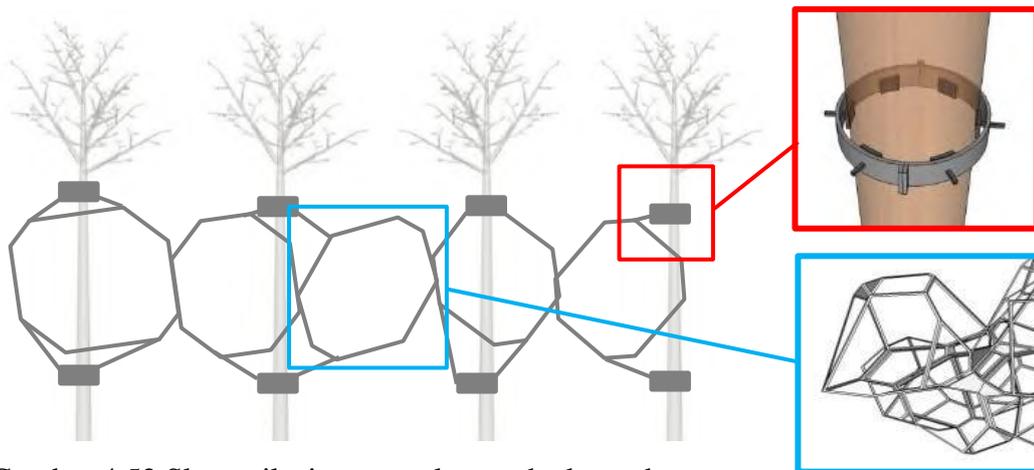
Menggunakan Sistem struktur yang tidak merusak dan dapat menyesuaikan dimensi pohon. Beberapa penyesuaian berkala juga harus diperhatikan karena pohon juga mengalami pertumbuhan. Berdasarkan hasil analisis dan kriteria yang ditetapkan, kombinasi *friction system* dipilih karena dapat menyesuaikan diameter pohon dan dapat mengikat pohon sebagai struktur tanpa harus melakukan pelubangan, pemakuan, dan tindakan melukai pohon lain.

### Hasil Rancangan :

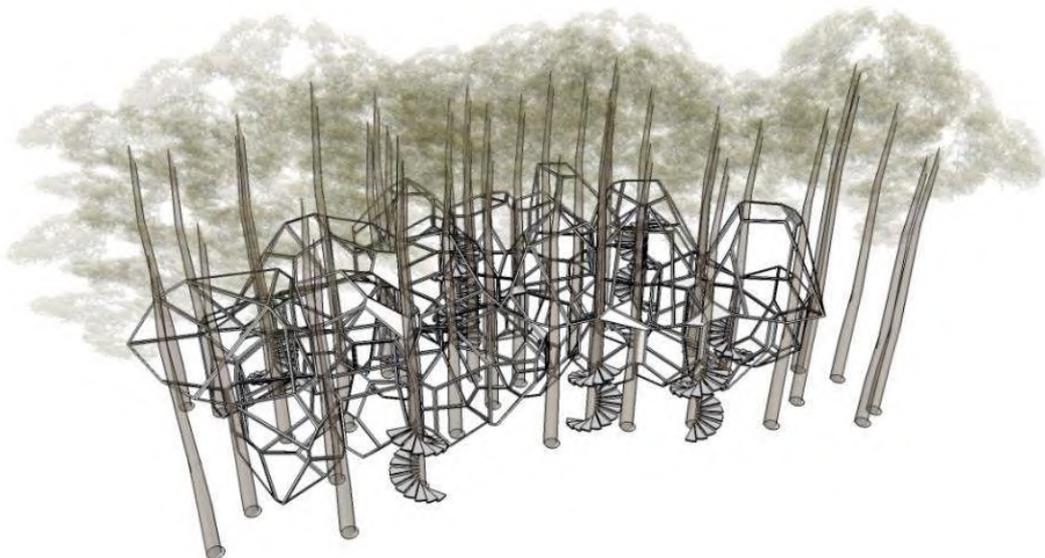
Berdasarkan hasil tinjauan mekanik pohon, pohon meranti dapat bertahan menjadi struktur yang menopang atau menyangga platform rumah pohon karena tingkat hasil uji masing-masing faktor kekuatan pohon meranti dikelompokkan sebagai kayu kelas kuat I. Hasil rancangan struktur secara skematik dibentuk menggunakan sistem struktur rangka 3 dimensi. Rangka 3 dimensi dibentuk dari garis tepi masing-masing sisi gelembung voronoi yang sudah terbentuk sebelumnya. Rangka ini yang menjadi sistem struktur utama yang menghubungkan pohon dengan rangka struktur hunian.



Gambar 4.51 Ilustrasi Sistem struktur *friction system* terhadap pohon



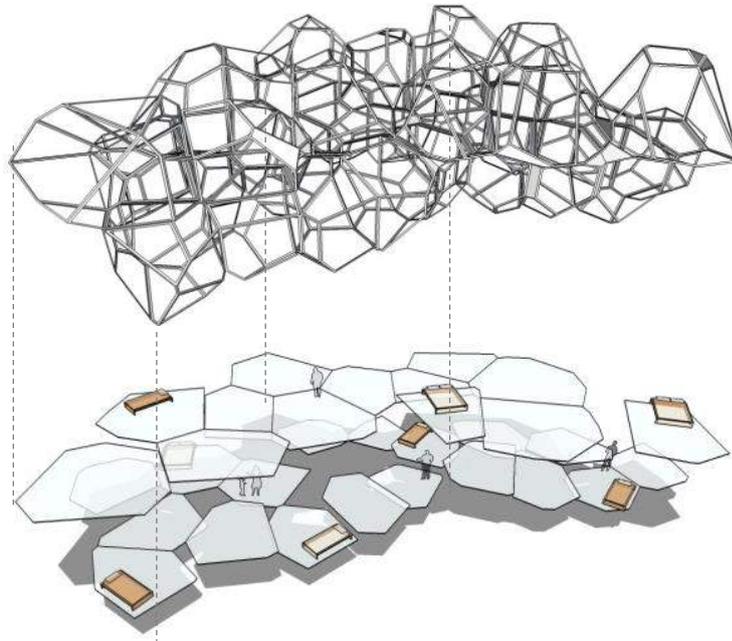
Gambar 4.52 Skematik sistem struktur terhadap pohon



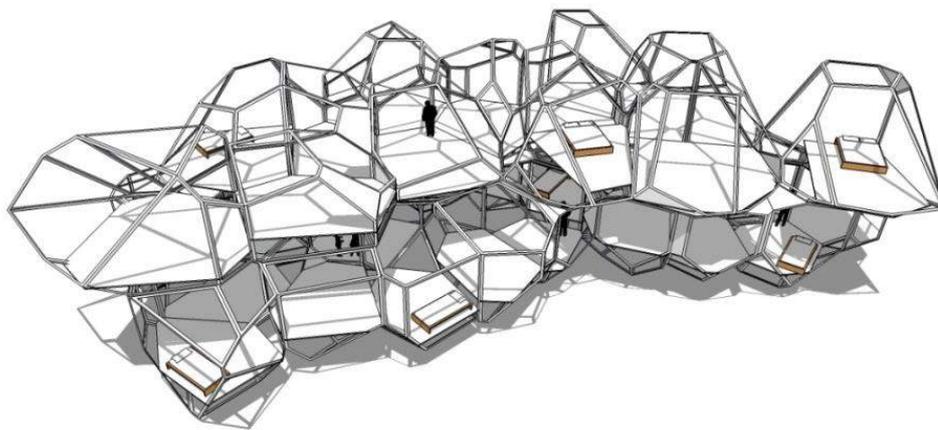
Gambar 4.53 Skematik Penempatan Rangka Struktur di antara pohon eksisting

Pada hasil perancangan, gelembung voronoi yang membentuk edge/garis/tepi ditransformasikan sebagai struktur ruang. Sistem struktur dipertimbangkan menjadi dua sistem utama. Pertama, pengaturan hubungan sistem struktur terhadap pohon eksisting. Penerapan yang dilakukan menggunakan sistem struktur *friction system* (Gambar 4.51) dengan menjepit batang pohon. Pemilihan sistem ini dipertimbangkan dari sisi ekologi pada dan kriteria yang ditetapkan, dimana pertumbuhan pohon tidak terganggu. Kelemahan yang terdapat pada sistem ini adalah ketergantungan yang besar terhadap pohon sehingga secara berkala harus disesuaikan tingkat kerapatan jepit yang diterapkan

pada pohon tersebut. Kedua, adalah sistem yang menghubungkan struktur satu dengan struktur lainnya. Masing-masing batang pembentuk rangka berbeda dengan yang lain dan harus spesifik diletakkan pada posisi tersebut.



Gambar 4.54 Rangka Rumah Pohon dan Platform masing-masing Unit Hunian



Gambar 4.55 Skematik Rancangan Struktur dan Platform Rumah Pohon

Rangka struktur ruang yang terbentuk dari gelembung voronoi hanya melingkupi dan membentuk ruang luar masing-masing hunian. Penerapan hunian membutuhkan platform datar agar kegiatan dan aktivitas dapat terakomodasi. Platform hunian sebagai salah satu bagian dari struktur juga menjadi aspek yang

dipertimbangkan. Platform ditempatkan pada ketinggian tertentu hingga alas yang dihasilkan adalah yang paling maksimal (Gambar 4.54).

#### Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Salah satu aspek rancang yang menjadi pertimbangan adalah pendekatan prinsip desain ekologis. Pada hasil sistem struktur, prinsip desain ekologis yang berkaitan adalah minimalisasi intervensi terhadap ekosistem, baik pada pohon maupun pada tanah asli. Analisis yang sudah dilakukan untuk menerapkan prinsip desain tersebut adalah kajian terhadap bentuk pertumbuhan, kajian mekanik, dan pola ruang di antara pepohonan. Hasil dari analisis tersebut sudah disintesa dan diterapkan pada rancangan untuk memenuhi kriteria. Secara prinsip, kriteria dalam merancang sistem struktur menjadikan pohon tetap dapat tumbuh tanpa mengalami kerusakan yang berdampak besar dibandingkan beban yang diberikan dan mampu menyesuaikan terhadap pertumbuhan pohon itu sendiri.

Kajian arsitektur pohon menunjukkan pola pertumbuhan pohon Meranti menerus pada batang utama dengan percabangan pada ujung meristem saja. Hasil ini menunjukkan ruang yang leluasa di antara pohon dan menjadi pertimbangan untuk menentukan sistem struktur. Berdasarkan hasil tinjauan mekanik pohon, pohon Meranti dapat bertahan menjadi struktur yang menopang atau menyangga platform rumah pohon karena tingkat hasil uji masing-masing faktor kekuatan pohon meranti dikelompokkan sebagai kayu kelas kuat I. Pada tinjauan pertumbuhan pohon meranti termasuk pohon yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Dengan mengaplikasikan sistem struktur *friction system*, struktur yang dipilih dapat menyesuaikan diameter pohon dan dapat mengikat pohon tanpa tindakan intervensi berlebihan pada pohon. Sistem struktur hunian menggunakan sistem ruang dimana pada prinsip mekanika teknik, struktur ini membagi beban kepada masing-masing jalinan rangka secara merata. Hal ini menjadi keuntungan dan dapat menjadi pertimbangan secara ekologis karena jumlah pohon yang dilibatkan berbanding lurus dengan penurunan beban yang disangga oleh masing-masing pohon.

## 2. Atap

### Kriteria :

- Material dan bentuk atap menjadikan rumah pohon memiliki umur yang lebih panjang
- Penyelesaian atap mengantisipasi rembesan dan tampias air hujan

### Konsep dan Hasil Rancangan:

Konsep yang ditawarkan adalah untuk merancang atap dengan sosoran lebih panjang di ujung dan membuat atap lebih panjang dari batas dinding sehingga hujan tidak mengalir secara vertikal di dinding. Kemudian diantisipasi dengan melakukan pelapisan ulang atau bisa membuat atap sedikit miring untuk membantu air mengalir.

### Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Atap adalah salah satu faktor penentu umur rumah pohon dalam jangka panjang. Atap berperan lebih dari sekedar penutup untuk rumah pohon. tipe atap dibedakan menjadi atap datar dan bergelombang. Penggunaan atap bergelombang lebih baik dan lebih tahan air daripada atap datar, tetapi membutuhkan waktu lebih lama dalam proses pemasangannya. Untuk membuat atap tahan air, atap miring harus dilapisi di atas dasar kayu lapis tipis dan ditutup dengan material tahan air. Hal ini bertujuan untuk mencegah air tumpah dari atap ke dinding, karena akan membasahi dan membuat rembesan ke dalam ruangan yang berdampak pada umur rumah pohon itu sendiri. Pertimbangan lain apabila yang dipilih adalah atap datar, diperlukan lapisan lembaran yang terpasang erat dan ditutup kuat agar tidak bocor. Setiap lubang kecil dapat menyebabkan kebocoran, dan berpotensi menyebabkan terjadinya genangan yang terkumpul di atap.

## 3. Dinding

### Kriteria :

- Material yang digunakan mampu meminalisir limbah
- Efisien dan memudahkan proses pemasangan

Konsep :

Material yang dipilih adalah material prefabrikasi untuk mempercepat proses pemasangan sekaligus meminimalisir hasil limbah. Pertimbangan lain adalah kemudahan untuk memodifikasi dan menghasilkan variasi fasade pada masing-masing unit.

Hasil Rancangan :

Material dinding yang diusulkan menggunakan material kayu lapis (multipleks) olahan karena ketersediaan dalam bentuk lembaran yang cukup lebar sehingga dapat dipotong dalam bentuk dan ukuran yang diinginkan. Kayu lapis juga memiliki kekuatan yang cukup karena lapisan kayunya disusun saling tegak lurus arah seratnya.



Gambar 4.56 Ilustrasi Fasade Salah Satu Unit Hunian

Kelamahan material ini adalah tampilannya yang kurang menarik dibandingkan dengan potongan papan kayu biasa. Kelebihannya adalah lembaran yang lebar dapat memperkecil peluang terjadinya pergeseran sambungan pada fasade yang berdampak pada pemuaian dan penyusutan karena kayu memiliki sifat tersebut apabila terpapar panas atau dingin. Pada beberapa sisi unit hunian, penghuni dapat menentukan untuk memberikan bukaan atau material yang masif atau terbuka secara visual baik ke dalam atau ke luar tergantung dari keinginan penghuni.



Gambar 4.57 Perspektif mata normal

Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Konsep yang diterapkan pada fasade dan bentuk merupakan hasil dari metode rancang yang digunakan. Dengan menggunakan metode *generative design*, yaitu diagram voronoi yang ditetapkan parameternya berdasarkan pola eksisting pepohonan, secara otomatis bentuk terjadi dengan sendirinya walaupun hanya berupa skema. Dalam mengembangkan fasade dan bentuk lebih detail lagi, pendekatan teori yang digunakan adalah teori ekologi dan fungsi rumah.

Prinsip ekologi diterapkan dalam mengolah fasade, pertimbangan penggunaan material yang menjadi penutup/dinding dipilih adalah material prefabrikasi yang minim *waste*/limbah dan cepat dalam pemasangan sebagai bentuk aplikasi dari prinsip ekologi untuk mengkonservasi energi, material, dan ekosistem itu sendiri.

Dalam mengolah bentuk dan pola hubungan, fungsi rumah menjadi salah satu pendekatan dalam pembahasan. Disebutkan bahwa kebutuhan rumah bukan hanya terbatas pada penyediaan fisik yang diakomodasi, tetapi juga aspek non fisik. Pada hasil rancangan rumah pohon interkoneksi, aspek non fisik bisa diterjemahkan ke dalam bentuk keleluasaan masing-masing penghuni untuk mengaktualisasikan diri dengan membentuk dan mengatur ruang, fasade, dan aktivitas yang berbeda dengan menentukan unit hunian yang unik/berbeda satu dengan yang lainnya.

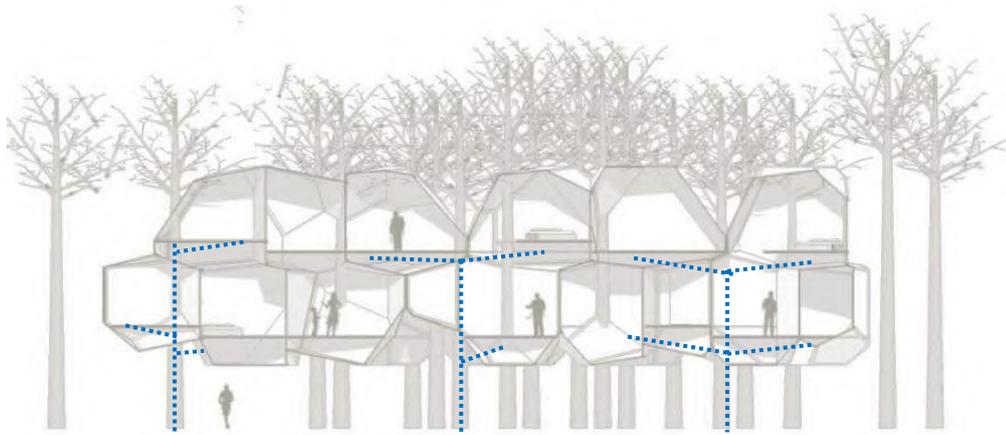
#### 4. Utilitas

##### Kriteria :

- Sistem utilitas terintegrasi dengan sistem bangunan
- Sistem yang diaplikasikan memperhatikan kemudahan perawatan
- Memudahkan perubahan dan pengembangan hunian

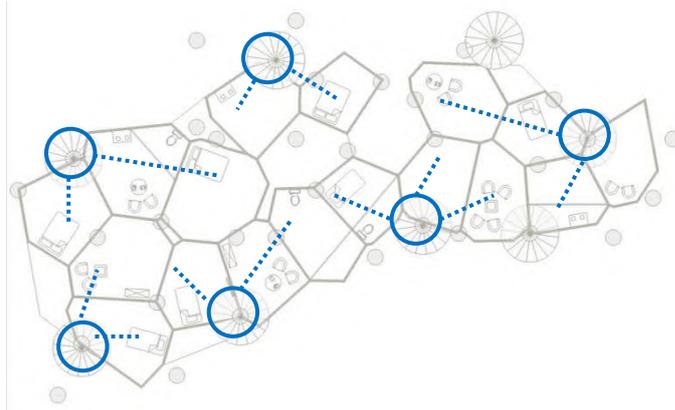
##### Konsep dan Hasil Rancangan :

Penyediaan utilitas yang terkait dengan bangunan adalah listrik, air bersih, dan air kotor. Konsep yang ditawarkan adalah seperti penerapan bangunan yang menerapkan prinsip *open building* lainnya, jaringan utilitas disediakan tempat khusus pada bagian bawah hunian. Konsep *raised floor* pada masing-masing unit hunian diajukan sebagai bentuk respon kebutuhan rancangan yang mengharuskan kemudahan dalam perawatan dan penempatan jaringan utilitas sebelum hunian ditetapkan.



Gambar 4.58 Skematik potongan posisi shaft pada rumah pohon

Pada jaringan utilitas yang bersifat vertikal, seperti penyediaan air kotor dan air bersih, konsep peletakan shaft utama diintegrasikan dengan tempat tangga sirkulasi yang berada pada pohon terdekat. Dalam mengantisipasi potensi kebocoran, pipa air kotor diperpendek dengan meletakkan kamar mandi dekat dengan masing-masing pohon terdekat dimana shaft utilitas diintegrasikan bersama pohon.



Gambar 4.59 Skematik layout penempatan utilitas pada rumah pohon

#### Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Pada pendekatan *open building*, sistem utilitas adalah salah satu aspek yang penting dan hingga kini masih terus dilakukan penelitian agar ditemukan rumusan yang efisien dan tepat dalam penempatan ruang-ruang dengan sistem utilitas rumit. Pada penerapaaan *raised floor*, penyediaan tempat untuk saluran pipa sudah dapat menyelesaikan masalah dan sering digunakan pada bangunan open building lainnya. Namun yang perlu dipertimbangkan kembali adalah peletakan dapur dan kamar mandi yang cenderung basah dan berat.

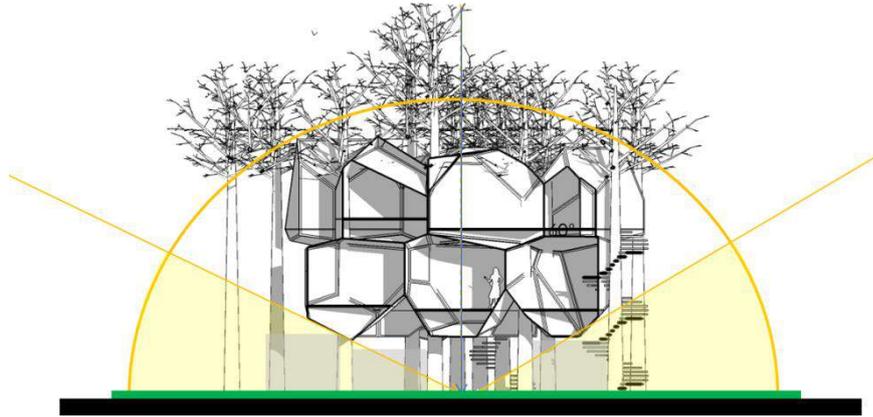
#### **4.5.5 Fasilitas Bersama**

##### Kriteria :

- Ruang publik dapat diakses oleh semua penghuni.
- Mengakomodasi terjadinya interaksi sosial antar penghuni.
- Sirkulasi dan ruang bersama terintegrasi dengan sistem bangunan keseluruhan.

Konsep :

Ruang komunal ditentukan berada pada tempat yang strategis dan berada pada jalur sirkulasi dan akses ke dalam hunian. Unit hunian tertentu yang tidak mendapatkan sisi luar yang terpapar sinar matahari langsung ditetapkan sebagai fungsi ruang bersama dan komunal.

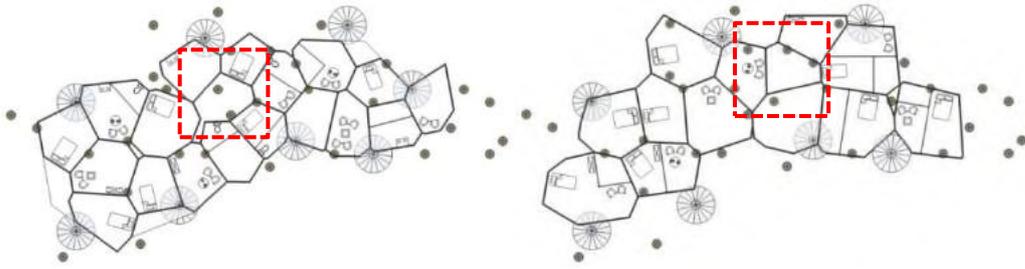


Gambar 4.60 Skematik Pertimbangan cahaya matahari agar menjangkau ruang bawah hunian

Hasil Rancangan :

Hasil rancangan masing-masing unit hunian menunjukkan bentuk interkoneksi di berbagai sisinya. Keterhubungan antar unit hunian juga timbul dengan lansekap yang antara platform pertama dengan muka tanah asli lokasi perancangan yang membuat sela dan ruang yang bisa dimanfaatkan sebagai ruang publik. Penggunaan ruang antara platform pertama dengan dapat diterapkan dengan ketentuan bahwa bentuk konfigurasi yang terjadi memanjang dari utara ke selatan untuk menjamin bahwa cahaya matahari tetap dapat menjangkau bagian tersebut.

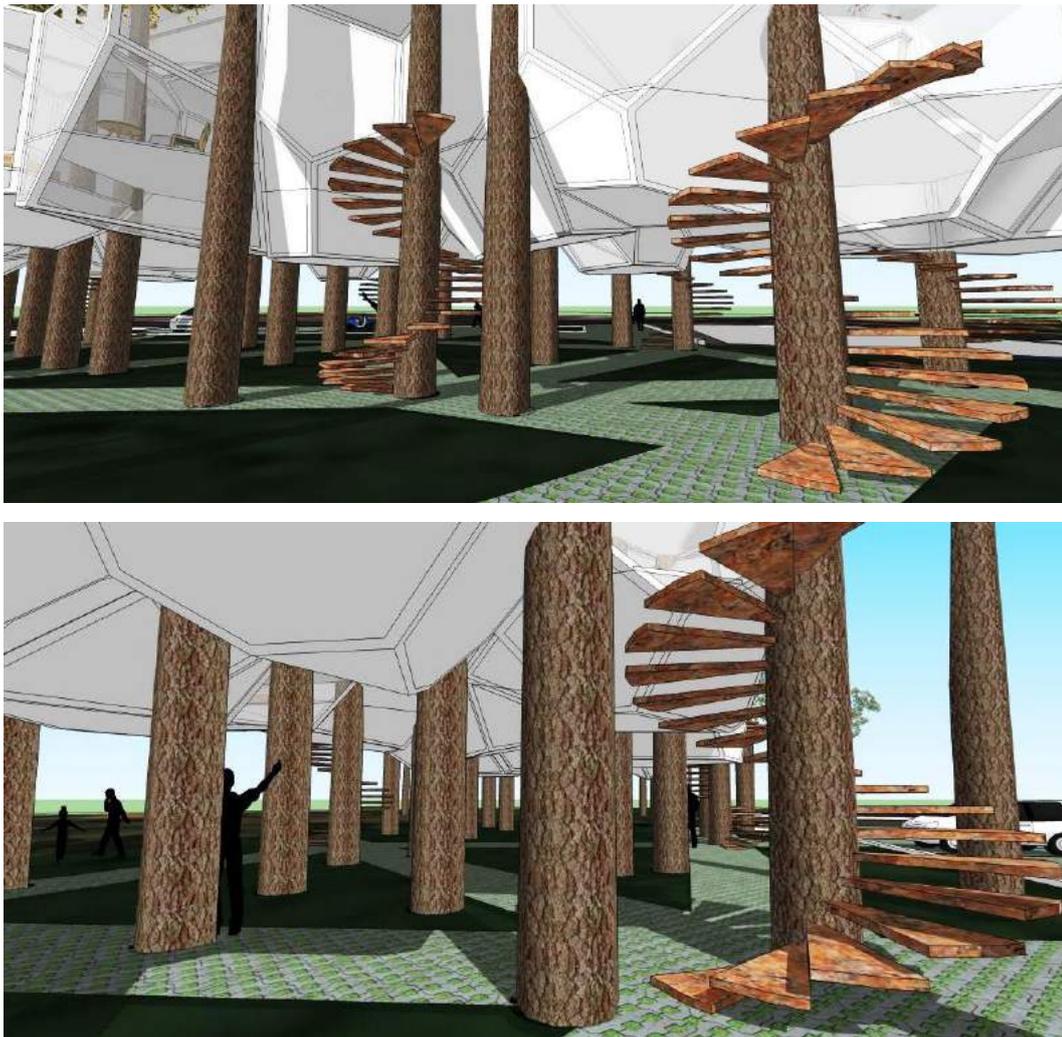
Adapun unit hunian yang berada pada posisi yang 'terjepit' sehingga tidak mendapatkan akses terhadap cahaya matahari dan penghawaan cukup akan dialihfungsikan menjadi ruang bersama. Pada ruang tersebut, frame hunian diatur terbuka untuk membantu



Gambar 4.61 Keyplan unit yang difungsikan sebagai Ruang Bersama



Gambar 4.62 Unit yang difungsikan sebagai Ruang Publik



Gambar 4.63 Ruang Bawah Rumah Pohon Interkoneksi sebagai Ruang Publik

Pembahasan terhadap Pendekatan Teori :

Aspek selain fisik sebuah rumah yang dapat diterapkan pada hasil rancangan rumah pohon interkoneksi yaitu aspek interaksi sosial yang terjadi antar penghuni. Berdasarkan hasil rancangan, unit hunian yang terbentuk tidak akan menghasilkan ruang publik yang sangat leluasa apabila tidak sedari awal masuk ke dalam asumsi perancangan, oleh karena itu, unit hunian yang menempati posisi terhimpit di antara unit lain dimanfaatkan sebagai ruang bersama/publik. Keputusan desain tersebut selain didasari untuk menyediakan ruang publik, juga sebagai bentuk respon desain untuk memaksimalkan potensi penghawaan dan pencahayaan sesuai dengan kajian Kenyamanan Rumah sesuai Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat (PU, 1991).

Walaupun bukan kebutuhan utama, namun kegiatan dan pola hidup penghuni berimplikasi pada kebutuhan untuk menyediakan ruang parkir kendaraan. Berdasarkan rekomendasi yang didapatkan dari hasil analisis terhadap tapak secara fisik, penempatan area parkir dan ruang publik tambahan ditempatkan pada bagian depan yang berbatasan dengan jalan.

#### 4.6 Rangkuman Diskusi Hasil Rancangan terhadap Teori Terkait

Tahapan diskusi hasil rancangan dilakukan sebagai evaluasi hasil rancangan agar ditinjau kembali dengan pendekatan prinsip desain ekologis dan open building sesuai. Tinjauan ini bertujuan untuk menemukan kesesuaian antara hasil perancangan dengan pendekatan yang digunakan. Dalam tahap ini, aspek utama yang mempengaruhi rancangan berbasis dari pendekatan teori dan konsep yang dipakai yang akan ditinjau. Dari hasil evaluasi ini diharapkan untuk memperoleh dasar logis pengambilan konsep yang dipakai.

Hasil rancangan yang akan disesuaikan dengan teori yang ada adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Penyesuaian Hasil Rancangan dengan Teori pada Kajian Pustaka

No	Kajian Pustaka	Hasil Rancangan
1	Prinsip Desain Ekologis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditinjau dari desain ekologis, ruang hunian yang ditempatkan pada ruang yang terbentuk di antara pepohonan dapat memenuhi prinsip yang berkenaan dengan minimalisasi intervensi terhadap lingkungan asli</li> <li>- Titik pohon eksisting sudah dijadikan sebagai acuan rancang, masing masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain melalui pola hubungan yang akan dirancang berdasarkan titik-titik pepohonan eksisting.</li> <li>- Pengembangan unit ruang hunian rumah pohon dengan menggunakan metode generatif desain telah menjawab prinsip desain ekologis tentang kontekstualitas sebuah ekosistem. Pada tapak yang berbeda, walaupun pepohonan dibentuk oleh pohon yang memiliki spesies homogen, tetapi pola yang terbentuk akan sangat berbeda dan akan menghasilkan bentuk ruang hunian yang sangat beragam, sehingga konteks hutan kota Balikpapan menjadi sangat melekat pada hasil perancangan.</li> </ul>

Tabel 4.12 Penyesuaian Hasil Rancangan dengan Teori pada Kajian Pustaka

No	Kajian Pustaka	Hasil Rancangan
2	<i>Open Building</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interkoneksi yang dihasilkan berupa hubungan unit hunian yang secara fisik terhubung dari pertemuan masing-masing sisinya. Bentuk hunian yang didapatkan dari diagram voronoi memiliki sisi yang saling bertemu/berhimpit satu sama lain antar unit sehingga membentuk jaringan rumah pohon yang memanfaatkan ruang di antara pepohonan.</li> <li>- Masing-masing hubungan dari aksis X, Y, dan Z. Interkoneksi ini yang secara menjadi potensi pengembangan unit hunian dengan pendekatan <i>open building</i>.</li> </ul>
3	Perumahan dan Pemukiman	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unit hunian yang menempati posisi terhimpit di antara unit lain dimanfaatkan sebagai ruang bersama/publik. Keputusan desain tersebut selain didasari untuk menyediakan ruang publik, juga sebagai bentuk respon desain untuk memaksimalkan potensi penghawaan dan pencahayaan agar memenuhi standar.</li> <li>- Hasil rancangan masing-masing unit hunian menunjukkan keterhubungan antar unit hunian juga timbul dengan lansekap yang antara platform pertama dengan muka tanah asli lokasi perancangan membuat sela dan ruang yang bisa dimanfaatkan sebagai ruang publik.</li> </ul>

#### 4.7 Inovasi Hasil Rancangan

Hasil analisis terhadap rancangan rumah pohon interkoneksi diawali dengan Konfigurasi unit hunian, Perancangan massa dan tapak, Pengembangan unit hunian, Sistem bangunan, dan Penyediaan ruang bersama yang diterapkan pada rancangan. Hasil rancangan dievaluasi dengan melakukan studi komparasi antara inovasi yang terdapat pada hasil rancangan dengan rancangan terdahulu. Komparasi dilakukan dengan memperhatikan konsep maupun strategi perancangan dalam menjawab permasalahan perancangan. Berikut merupakan studi komparasi yang dilakukan:

Tabel 4.13 Inovasi Hasil Rancangan

Aspek	Rumah Pohon Interkoneksi	Objek Rancang Terdahulu
Prinsip Desain Ekologis dalam rancangan	Inovasi desain yang diterapkan adalah lingkungan hijau dan habitat asli diperhatikan sejak awal sebagai titik pengembangan rancang yang utama, sehingga bangunan yang akan dirancang menyesuaikan ekosistem asli, bukan sebaliknya	Menyediakan ruang hijau setelah massa bangunan telah terbentuk. Ruang hijau ini sebagai bentuk mengganti lingkungan dan habitat yang diambil oleh bangunan yang sudah ada.
Penerapan <i>Open Building</i>	Inovasi rancangan terdapat pada implementasi konsep <i>open building</i> yang diterapkan pada bentuk yang dihasilkan dengan metode desain generatif. Hal tersebut menjadikan penerapan konsep <i>open building</i> dan potensi ketidakterbatasan peluang pengembangan hunian yang sesuai dengan penghuninya di masa mendatang namun tetap mempertahankan ekosistem aslinya.	Bangunan yang berada pada level infill dapat dikembangkan secara vertikal dan horizontal tergantung kebutuhan ruang penghuninya sehingga bentuk fasad dan modul bisa berkembang
Sistem Bangunan	Inovasi dari hasil rancangan rumah pohon interkoneksi dari sisi sistem bangunan terdapat pada integrasi sistem struktur terhadap pohon dan sifat interkoneksi yang diterapkan.	Bangunan menggunakan sistem kerangka rigid fram struktur beton, yang kemudian modul masing-masing hunian menggunakan partisi yang bisa diubah sesuai kebutuhan penghuni

Inovasi dalam hasil rancangan ini dapat ditemukan pada penerapan metode *generative design* dalam proses perancangan rumah pohon dan penerapan *open building* dalam bangunan yang dikembangkan menggunakan metode *generative design*. Pada perancangan ini, penetapan titik Voronoi ditentukan mengikuti parameter yang secara langsung dihasilkan dari studi pola eksisting pepohonan, sedangkan pada rancangan yang menggunakan *generative design* sebelumnya, parameter ditetapkan melalui studi dan proses metafora sehingga tidak secara langsung membatasi hasil fisik rancangan. Inovasi lainnya terdapat

pada penerapan *open building*, dimana masing-masing gelembung voronoi yang terbentuk berperan tunggal dan multifungsi terhadap aktivitas yang berbeda, berbeda dengan perancangan sebelumnya yang menjadikan masing-masing gelembung voronoi mencakup seluruh aktivitas dan dibagi ke dalam beberapa platform. Penerapan tersebut menjadikan pemahaman *open building* yang selama ini menempatkan *base building* dan *infill* pada level berbeda bisa menjadi samar posisinya dalam konteks rumah pohon interkoneksi.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Isu deforestasi menjadi latarbelakang diusulkannya rumah pohon yang berfungsi sebagai hunian. Namun rumah pohon yang difungsikan menjadi rumah tinggal menimbulkan permasalahan baru pada ekosistem pepohonan asli dan pada pemenuhan kebutuhan ruang bagi penghuni yang terus berkembang di masa mendatang. Konsep interkoneksi diajukan untuk menghasilkan rancangan rumah pohon yang secara optimal mampu mengokupansi ruang di antara pepohonan dan menyediakan potensi pengembangan di masa mendatang dengan tetap berintegrasi dengan lingkungan, berdasarkan prinsip ekologi dan *open building*.

Perancangan dimulai dari identifikasi terhadap arsitektur pohon eksisting. Hasil tinjauan mengenai morfologi dan pola pertumbuhan pohon eksisting hutan kota Balikpapan didominasi oleh pohon Meranti yang memiliki pola pertumbuhan sesuai Model Massart dimana pertumbuhan pohon tidak menghasilkan percabangan pada batang utama dan berimplikasi pada ruang yang leluasa dapat terbentuk di antara batang utama utama pohon. Metode Triangulasi Delaunay dan Diagram Voronoi digunakan untuk menciptakan bentuk ruang dan pola interkoneksi. Triangulasi Delaunay diaplikasikan untuk mendapatkan rumusan ruang yang terbentuk di antara pola pepohonan. Sesuai hasil triangulasi titik-titik pohon, ditemukan identifikasi dan rumusan mengenai pola eksisting pepohonan, yaitu: 1) Setiap titik pohon yang berada di tengah kerumunan pepohonan memiliki koneksi sebanyak 4 hingga 6 titik; 2) Masing-masing titik pohon dihubungkan dan dipisahkan jarak selebar 2 meter hingga 8,5 meter; 3) Luas ruang yang terbentuk di dalam pola tersebut bervariasi mulai dari 2,5 m<sup>2</sup> hingga 16,5 m<sup>2</sup>. Hasil identifikasi dan hasil studi arsitektur pohon dielaborasi sebagai parameter dalam pembentukan ruang rumah pohon yang berintegrasi dengan lingkungan dan menyediakan pola interkoneksi paling optimal.

Parameter tersebut digunakan sebagai dasar algoritma diagram Voronoi dan menghasilkan dua alternatif desain pola interkoneksi. Hasil yang terpilih adalah alternatif yang membagi titik parameter unit hunian menjadi 2 level ketinggian. Desain terpilih menghasilkan unit hunian yang proporsinya mendekati bentuk bola karena unit ini paling mendekati dengan standar dan kriteria untuk memenuhi kelayakan serta tetap membuka potensi paling maksimal dalam membentuk jaringan/keterhubungan dengan unit terdekat di sekitarnya. Konsep Interkoneksi yang dihasilkan secara deskriptif adalah unit hunian rumah pohon yang secara fisik terhubung dari pertemuan masing-masing sisi yang berhimpit/menempel dari masing-masing unit hunian. Bentuk unit hunian rumah pohon dikembangkan menggunakan metode *generative design*. Bentuk hunian yang didapatkan dari diagram voronoi memiliki sisi yang saling bertemu/berhimpit ini membentuk jaringan rumah pohon yang memanfaatkan ruang di antara pepohonan dan memungkinkan hubungan dari aksis X, Y, dan Z. Interkoneksi terbagi menjadi 3 bentuk, yaitu interkoneksi pembatas hunian, interkoneksi partisi unit hunian, dan interkoneksi pada sisi luar. Interkoneksi ini yang menyediakan potensi pengembangan unit hunian dari pendekatan *open building*. Masing-masing unit hunian mampu dihubungkan dengan unit hunian lain dan menjawab kebutuhan perubahan atau penambahan ruang hunian rumah pohon secara optimal dengan tetap mempertahankan pepohonan eksisting.

Inovasi dalam hasil rancangan ini terdapat pada penerapan metode *generative design* dan penerapan *open building*. Pada perancangan ini, penerapan Voronoi ditentukan mengikuti parameter yang secara langsung dihasilkan dari studi pola eksisting pepohonan, sedangkan pada rancangan terdahulu, parameter ditetapkan melalui proses metafora sehingga tidak secara langsung membatasi hasil fisik rancangan. Pada penerapan *open building*, masing-masing gelembung voronoi berperan pada tingkatan *base building* dan *infill*, berbeda dengan perancangan sebelumnya yang menjadikan masing-masing tingkatan secara berbeda. Penerapan tersebut menjadikan pemahaman baru mengenai prinsip *open building* yang selama ini menempatkan *base building* dan *infill* pada tingkatan yang benar-benar berbeda.

## 5.2 Saran

Hasil tesis perancangan ini direkomendasikan kepada para akademisi, tentang proses eksplorasi interkoneksi yang diterapkan pada rumah pohon berdasarkan metode *generative design* untuk mengidentifikasi dan merumuskan karakteristik pola alami. Hasil ini nantinya sebagai masukan mendapatkan pola umum yang terbentuk agar dapat diterapkan dan dapat menjadi pengembangan perancangan rumah pohon ataupun bangunan lainnya yang berada di antara pepohonan. Serta memperkaya ruang lingkup eksplorasi tipologi rumah pohon dan eksplorasi konfigurasi pola interkoneksi guna menyelesaikan masalah integrasi sebuah bangunan yang dikembangkan dengan metode *generative design* terhadap lingkungan alami.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dalam menemukan algoritma khusus yang mengatur volume dan area terhadap lingkungan yang alami. Dalam tahapan perancangan yang menggunakan *generative design*, masih banyak perhitungan yang dilakukan secara manual karena belum tersedianya algoritma khusus untuk mendapatkan parameter yang mengatur penempatan titik dan area yang mengikuti pola karakteristik alami.

Ditinjau dari hasil perancangan, rumah pohon interkoneksi masih memiliki kelemahan pada pertimbangan aspek keterjangkauan biaya untuk menghasilkan unit hunian dan aspek aksesibilitas untuk penyandang difabilitas, sehingga masih memungkinkan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut yang membahas dan memperdalam eksplorasi rancangan berdasarkan pada dua aspek tersebut. Penggunaan pendekatan teori ekologi dan *open building* dalam metode *generative design* akses masih dapat dieksplorasi lebih dalam apabila diterapkan pada konteks lain apabila objek rancang bukan rumah pohon atau bukan berada pada hutan.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2015. Penduduk Indonesia menurut Provinsi 1971, 1980, 1990, 1995, 2000 dan 2010. Dari [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&id\\_subyek=12](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=12) diakses 1 Maret 2015

Barton, Hugh. 2005. A Health Map for Urban Planners, Towards a conceptual model for healthy, sustainable settlements. Publish in Built Environment Volume 31, No 4.

Basset, Keith & Short, John. 1980. Housing and Residential Structure, Alternative Approaches. London: Routledge & Kegan Paul Ltd.

Berry, John W. 1980. Human Behavior and Environment Volume 4. Plenum Press, New York.

Blewitt, John. 2008. Understanding Sustainable Development. Earthscan, UK and USA.

Blowers, Andrew. 1995. Planning for Sustainable Environment. Earthscan Publications Ltd, London.

Budihardjo, Eko. 1992. Percikan Masalah Arsitektur Perumahan Perkotaan. Penerbit Alumni, Bandung.

Cross, Nigel. 1995. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design Second Edition. John Wiley & Sons. Chicester, UK.

Dellyani. 2013. Definisi dan Fungsi Rumah Tinggal. Dari <http://dellyani.blogspot.com/2013/05/definisi-dan-fungsi-rumah-tinggal.html> diakses pada 28 Mei 2015.

Elveri, Ola. 2012. Model Arsitektur Pohon. diakses dari <http://forest-is-your-life.blogspot.co.id/2012/02/model-arsitektur-pohon.html>

Fraser, A.I. 1996. Social, economic and political aspects of forest clearance and land-use planning in Indonesia. Unpublished manuscript.

Frick, Heinz. 1998. Dasar-dasar eko-arsitektur Edisi ke-1. Yayasan Kanisius. Yogyakarta

Fulton, Patrick. 2015. The Treehouse Guide. Diakses dari <http://www.thetreehouseguide.com/faq-definition.htm>

FWI/GFW. 2001. Keadaan Hutan Indonesia. Forest Watch Indonesia dan Washington D.C. Global Forest Watch. Bogor, Indonesia.

GOI/FAO. 1996. National Forest Inventory of Indonesia: Final Forest Resources Statistics Report. Directorate General of Forest Inventory and Land Use Planning, Ministry of Forestry, Government of Indonesia and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Jakarta.

Gottdiener, Mark. 2006. The New Urban Sociology Third Edition. Westview press. United State of America.

Graham, Peter. 2003. Building Ecology: First Principles for a Sustainable Environment. Blackwell Science, Ltd. Melbourne

Hagan, Susannah. 2001. Taking Shape: A new contract between architecture and nature. Oxford: Architectural Press..

Halle, F. dan R.A.A. Oldeman. 1975. An Essay on the Architecture and Dynamics of Growth of Tropical Trees. University Malaya. Kuala Lumpur, Malaysia.

Houghton, Graham. 1997. Cities, Developing sustainable urban development models. Vol 14. Elsevier Science Ltd, Great Britain.

Hough, Michael. 1995. Cities and Natural Processes, second edition. Routledge, London

Indonesia, Profauna. 2014. Tentang Hutan Kalimantan. Dari <http://www.profauna.net/id/kampanye-hutan/hutan-kalimantan/tentang-hutan-kalimantan#.VwCInvI97Dc> diakses Februari 2016

Kendall, Stephen. 2000. Residential open building. USA and Canada: by E & FN SOn

Kellert, Stephen R. 2008. Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Building to Life. New jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Kementrian Bappenas Indonesia. 2015. Seminar Proyeksi Penduduk Indonesia 2010–2035. Dari <http://www.bappenas.go.id/berita-dan-siaran-pers/seminar-proyeksi-penduduk-indonesia-2010-2035/> diakses 8 Maret 2010

Kikutake, 2013. Evolutionary Housescape the Metabolist Sky House. diakses <http://socks-studio.com/2013/12/12/evolutionary-housescape-the-metabolist-sky-house-by-kiyonori-kikutake-1958/>

Kitagata. 2013. diakses <http://openbuildings.com/buildings/kitagata-housing-profile-39064/media?group=image>

Liputan 6. 2013. Penduduk Bertambah Perambahan Hutan di Balikpapan Marak. Dari <http://www.news.liputan6.com/read/19430/penduduk-bertambah-perambahan-hutan-di-balikpapan-marak>.

Littman, J.A. (2009). *Regenerative Architecture: A Pathway Beyond Sustainability*. (A Master of Architecture) Thesis Submitted to the Department of Art, Architecture and Art History, University of Massachusetts, Amherst.

Lyle, J.T. (1994). *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Maslow, Abraham H. 1954. *Maslow's hierarchy of needs*. Valdosta: Valdosta State University.

Manubuild. 2007. *Open Building Manufacturing: Core Concepts and Industrial Requirements*. ManuBuild in collaboration with, VTT – Technical Research Centre of Finland. Finland

Miles, Huberman, A. M., (1994), *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd Edition), Sage Publications, Michigan University.

Murdock, Graham. (1999). *Rights and Representations; public discourse and cultural citizenship*, in J. Gipsrud (ed) *Television and Common Knowledge*. London : Routledge. Dari [www.liac.org.nz/cms/imagelibrary/100108.doc](http://www.liac.org.nz/cms/imagelibrary/100108.doc) diakses pada 28 Mei 2015

Putra, Dharma. 2014. *Meranti Putih dan Upaya Konservasinya*. Politeknik Negeri Balikpapan, Balikpapan.

Rapoport, Amos. 1969. *House Form and Culture*. Prentice-Hall International, Inc. London

Rowe, Peter G. 1991. *Design Thinking*. The Massachusetts Institute of Technology. USA.

Saarinen, Thomas F. 1976. *Environment Planning Perception and Behavior*. Houghton Mifflin Company, USA.

Sajid, Syami. 2014. *Jumlah dan Pertumbuhan Penduduk Indonesia*. dari <http://ipsgampang.blogspot.com/2014/08/jumlah-dan-pertumbuhan-penduduk.html> diakses 1 Maret 2015

Sanchez, K. V. 2007. Design Notebook: Among the Branches An East Hampton Tree House Captures the Fanciful Air of The Lord of the Rings. Architectural Digest.

Soeprijanto, Adi. 2014. *Pedoman Penyusunan Tesis Tahun 2014*. Penerbit ITS. Surabaya.

Soddu, C. 1994. *The Design of Morphogenesis: An experimental research about the logical procedures in design processes*. Demetra Magazine.

Sunaryo, Rony G. Posisi Ruang Publik dalam Transformasi Konsepsi Urbanitas Kota Indonesia.

Tomlison, P.B. 1983. Tree Architecture : New Approaches Help to define The Elusive Biological Property of Tree Form. American Scientist Vol.7(1) 1983.

Tomaszaniak. 2011. Voronoi diagram in architecture 3. Diakses dari <https://tomaszaniak.wordpress.com/2011/04/22/voronoi-diagram-in-architecture/>

Yeang, Ken. 1995. Designing with Nature: The Ecological Basis for Architectural Design. McGraw-Hill Inc. USA.

Yeang, Ken. 2006. Ecodesign: A Manual for Ecological Design. John Wiley & Sons. Chicester. UK.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Fajar Dzikri Harwiansyah, lahir di Surabaya, 12 Januari 1993. Menempuh pendidikan Dasar di SDN Dr Sutomo VIII Surabaya hingga tahun 2004, penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 6 Surabaya, dan masuk ke dalam kelas khusus yaitu kelas ‘bilingual’, dimana selama tiga tahun, mata pelajaran Matematika dan semua cabang mata pelajaran IPA diajarkan dalam bahasa Inggris. Pertengahan tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 6 Surabaya. Pada tahun kedua pendidikan menengah atas, penulis sempat menjabat sebagai Ketua Umum OSIS. Dari kegemaran seni visual dan matematika, penulis memutuskan melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di jurusan Arsitektur dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun yang sama, dengan kesempatan beasiswa *Fresh Graduate* yang ditawarkan Dikti melalui ITS, penulis melanjutkan pendidikan Magister Arsitektur ITS dengan bidang keahlian Perancangan Arsitektur pada tahun 2014 dan mendapatkan beasiswa untuk program tesis dan disertasi dari LPDP.

Selama menempuh pendidikan tinggi, selain menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa, penulis juga gemar mengikuti sayembara arsitektur dan beberapa diantaranya berhasil mendapatkan predikat juara. Dalam riwayat pekerjaan, penulis memiliki pengalaman sebagai *freelance* arsitek dan arsitek junior pada salah satu konsultan perencana di Surabaya. Pengalaman proyek yang pernah dirancang bervariasi mulai dari penataan lanskap, rumah tinggal, kompleks perkantoran, pelabuhan, bandara, hingga gedung bertingkat tinggi.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*