

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Hortikultura

2.1.1 Kontribusi hortikultura

Secara harfiah pengertian hortikultura dapat diterjemahkan sebagai upaya pengembangbiakan tanaman buah-buahan, sayuran maupun tanaman hias (Janick, 1972, Edmond et al., 1975). Hortikultura merupakan bagian cabang dari ilmu pertanian yang mendalami tiga jenis tanaman tersebut. Tanaman hortikultura memiliki peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan jasmani dan rohani manusia (Notodimedjo, 1997), antara lain sebagai berikut:

- Memulihkan dan memperbaiki gizi masyarakat
Penduduk Indonesia dalam pemenuhan kebutuhan karbohidrat pangan sudah tercukupi, namun kebutuhan protein, vitamin, dan mineral masih kurang tercukupi. Standar konsumsi yang direkomendasikan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) sebesar 73 kg/kapita/tahun, sedangkan standar kecukupan untuk serat sebesar 91,25 kg/kapita/tahun. Namun menurut Kementerian Pertanian (Kementan), tingkat konsumsi sayuran penduduk Indonesia masih rendah, pada tahun 2006 sebesar 34,06 kg/kapita/tahun, dan tahun 2007 meningkat sebesar 40,90 kg/kapita/tahun. Hal ini menunjukkan adanya upaya pemenuhan gizi oleh masyarakat.
- Meningkatkan pendapatan negara
Pembudidayaan tanaman hortikultura harus intensif, sehingga diperlukannya modal yang lebih besar. Namun demikian, nilai jual produksi hortikultura dapat memberi keuntungan yang memadai melalui pengadaan kegiatan ekspor dan impor yang dapat meningkatkan devisa negara serta dapat meningkatkan pendapatan daerah penghasil tanaman hortikultura. Berikut ini merupakan volume neraca defisit sub sektor tanaman hortikultura.

Table 2.1 Perkembangan Volume dan Nilai Hortikultura

Tahun	Tanaman Hias	Sayu-sayuran	Buah-buahan	Aneka tanaman	Total
Volume (ton)					
2001	403	352.291	250.624	2.011	604.329
2002	808	372.692	274.783	741	649.024
2003	818	373.460	228.648	491	603.417
2004	896	434.476	393.353	354	829.079
Nilai (Ribu USD)					
2001	1.054	108.791	147.103	1.396	258.344
2002	1.019	115.244	220.253	1.904	338.420
2003	1.151	114.950	195.006	2.231	313.338
2004	1.343	136.137	224.589	2.007	364.076

Sumber: BPS (2004)

Defisit neraca perdagangan hortikultura tersebut disebabkan oleh defisit pada komoditas buah-buahan dan sayuran. Pada tahun 2003 defisit neraca perdagangan buah-buahan dan sayuran masing-masing mencapai USD 63,5 juta dan USD 55,7 juta sedangkan pada tahun 2004 masing-masing meningkat mencapai USD 101,8 juta dan USD 76,7 juta. Hal ini menunjukkan bahwa komoditas hortikultura sangat berperan besar dalam pendapatan nasional.

- Membuka lapangan pekerjaan

Petani maju di sentra produksi tanaman hortikultura kawasan batu sangat intensif memelihara tanaman, setiap pekarangan rumah dimanfaatkan untuk membuka peluang usahatani tanaman hortikultura dengan nilai keuntungan yang tinggi.

- Pemenuhan kebutuhan estetika dan kelestarian lingkungan

Di era yang maju saat ini perlombaan dan penghijauan kelestarian lingkungan mulai digalangkan. bangunan-bangunan, gedung bertingkat mulai menggunakan green roof, ruang terbuka hijau kota mulai tertata. Hal ini menunjukkan peranan tanaman hias semakin penting dalam menunjang kondisi seperti ini. Cagar alam dan hutan wisata merupakan perwujudan pelestarian lingkungan sekaligus dapat menjadi multifungsi sebagai tujuan wisata.

2.1.2 Pengelompokan Tanaman Hortikultura

Berdasarkan jenis komoditas yang diusahakan, tanaman hortikultura dibagi atas beberapa disiplin ilmu yang lebih spesifik (Prabawa, 2014:16), antara lain:

1. *Olericulture* yaitu bagian dari ilmu hortikultura yang mempelajari budidaya tanaman sayuran
2. *Pomology* yaitu bagian dari ilmu hortikultura yang mempelajari budidaya tanaman buah-buahan
3. *Floriculture* yaitu bagian dari ilmu hortikultura yang mempelajari pengembangan tanaman hias
4. *Landscape horticulture* yaitu bagian dari ilmu hortikultura yang mempelajari pemanfaatan tanaman hortikultura, terutama tanaman hias dalam penataan lingkungan
5. *Apiary* (apikultura) yaitu bagian dari hortikultura yang mempelajari budidaya lebah madu

Berdasarkan kegunaannya, tanaman hortikultura dapat di kelompokkan menjadi tanaman hortikultura yang dikonsumsi, yakni sayuran, buah-buahan, dan tanaman hortikultura yang tidak di konsumsi, yaitu tanaman hias.

2.1.3 Lingkungan Tumbuh Tanaman Hortikultura

Pembudidayaan tanaman hortikultura memerlukan perlakuan khusus seperti halnya faktor lingkungan tumbuh, termasuk faktor luar dan dalam. Faktor luar yang perlu di perhatikan yaitu sinar matahari, intensitas sinar dan topografi pada kawasan penanaman.

A. Sinar Matahari

Matahari merupakan pusat tata surya dan sumber energi terbesar bagi bumi. Jarak matahari dengan bumi hingga energi yang dipancarkan melebihi ruang angkasa sebesar $\pm 150.000.000.000$ km dalam bentuk radiasi. Radiasi yang digunakan tanaman untuk fotosintesis memiliki panjang gelombang 400 hingga 700 μm . Intensitas sinar dan lamanya penyinaran sangatlah berpengaruh penting pada proses fotosintesis.

B. Kualitas Sinar

Menurut Kramer & Kozlowski (1979), Tidak semua sinar matahari yang sampai pada tajuk tanaman dapat digunakan, sebagian sinar tersebut diserap, ditransmisikan dan dipantulkan lagi ke angkasa

Tabel 2.2 Proporsi Sinar yang diterima oleh kanopi tanaman

<i>Proporsi</i>	<i>Panjang Gelombang</i>						
	400	450	500	550	670-680	740-750	1000
Dipantulkan	10	8	9	21	9	49	40
Ditransmisikan	3	3	6	17	4	47	40
Diserap	87	89	85	62	87	4	20

C. Intensitas Sinar

Kedalaman sinar matahari turut mempengaruhi aktifitas tanaman. Untuk melakukan proses fotosintesi beberapa tanaman memerlukan penyinaran secara terus menerus.

Tabel 2.3 Ketahanan Beberapa Tanaman Terhadap Intensitas Sinar Matahari

Tanaman Musim Dingin (suhu Optimum = 45-60°F)		
Tanaman buah-buahan	Tanaman sayuran	Tanaman hias
Apel, pear, cherry, plum, strawberry	Asparagus, kubis, wortel, kentang dll	Gramenium, petunia
Tanaman Musim Dingin (suhu Optimum = 60-75°F)		
Apricot, grape, citrus	Tomat, waluh, ketimun	Rose, orchid

Sumber: Giyanto (2014)

D. Topografi Kawasan

Suhu pada suatu kawasan sangat dipengaruhi oleh ketinggian suatu daerah tersebut, sama halnya juga berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Menurut Giyanto (2014) tanaman musim dingin adalah tanaman yang tumbuh baik pada suhu 45°F hingga 60°F, sedangkan tanaman musim panas adalah tanaman yang dapat tumbuh baik dengan suhu 60°F sampai 75°F.

2.2 Pusat Penelitian

Pusat penelitian merupakan suatu organisasi yang mewadahi kegiatan penelitian atau riset ilmiah, umumnya terfokus pada suatu bidang tertentu. Tipikalnya sebuah pusat penelitian terdiri dari kelompok bangunan dengan kategori yang sama dan berfungsi sebagai sarana penunjang penelitian, masing-masing dari setiap kategori kelompok bangunan penelitian merupakan satu kesatuan dan berkelanjutan antara lain meliputi fungsi penelitian, pengelola dan fungsi penunjang lainnya guna mendukung kegiatan penelitian.

2.2.1 Kegiatan Penelitian Tanaman

Kegiatan penelitian terhadap tanaman memiliki beberapa proses tahapan. Menurut Prabawa (2014), Tahapan kegiatan penelitian tanaman meliputi penelitian eksplorasi, konservasi, karakteristik dan evaluasi, adapun penjabaran tahapan kegiatan penelitian tersebut adalah sebagai berikut ini.

A. Eksplorasi

Eksplorasi merupakan kegiatan penjelajahan suatu topik berupa kegiatan mengumpulkan dan mengamati fenomena yang ada, diantaranya jenis varietas tumbuhan pada kawasan tersebut. Tujuan eksplorasi yaitu untuk menemukan genotip baru pada tumbuhan selain yang sudah terdapat pada tumbuhan tersebut dan mempertahankan genotip tumbuhan yang hampir punah. Pelaksanaan kegiatan eksplorasi umumnya terdapat pada kawasan pertanian, kebun percobaan, kawasan lereng gunung, dan kawasan yang masih terisolir atau pedalaman.

B. Konservasi

Konservasi sering diartikan sebagai pelestarian dan pemanfaatan tumbuhan secara berkelanjutan, terdapat dua jenis konservasi antara lain konservasi ex-situ dan konservasi in-situ.

1. Konservasi in-situ merupakan konservasi yang melibatkan ekosistem alami. Regenerasi pertumbuhan tanaman tidak terdapat atau terbatasnya campur tangan manusia yang dapat merugikan habitat alamiah. Tata guna lahan pada konservasi in-situ terbatas pada suatu kawasan serta tidak menimbulkan hal negatif pada area konservasi, contoh dari konservasi in-situ yaitu hutan lindung dan suaka alam.



Gambar 2.1 Konservasi in-situ berupa cagar alam

2. Konservasi ek-situ merupakan metode pelestarian spesies diluar habitat alamiahnya dan kemudian menemukannya dibawah perlindungan manusia, misalnya seperti kebun raya, arboretum, fasilitas rumah kaca atau greenhouse. Bagian-bagian dari spesies pada konservasi ek-situ dapat pula dimanfaatkan contohnya



Gambar 2.2 Konservasi ek-situ menggunakan instrumen bangunan greenhouse

kultur jaringan, pengembangan pembibitan, dan regenerasi buatan pada spesies tanaman.

C. Karakteristik dan evaluasi

Setelah melakukan konservasi tahapan kegiatan penelitian berikutnya adalah karakteristik dan evaluasi. Tahap karakteristik sendiri merupakan kegiatan mengidentifikasi varietas pada objek penelitian. Karakter varietas yang diamati berupa sifat morfologi, sifat agronomis, sifat adaptasi terhadap lingkungan, dan sifat fisiologis. Berbeda dengan tahap karakterisasi, tahap evaluasi lebih fokus dalam mengidentifikasi suatu varietas yang diamati, misalnya senyawa yang terkandung pada suatu varietas tanaman terhadap sifat genetik yang terkandung. Tahapan terakhir kegiatan penelitian yaitu rekam data atau dokumentasi yang di simpan dalam bentuk database dan dikelola pada suatu pusat penelitian.

2.3 Fasilitas pada pusat penelitian hortikultura

Pusat penelitian dilengkapi oleh beberapa fasilitas baik itu fasilitas utama maupun fasilitas penunjang. Adapun fasilitas yang terdapat pada pusat penelitian dengan objek tanaman antara lain seperti greenhouse, herbarium, fasilitas pendukung, publik, fasilitas pada ruang luar dan laboratorium.

2.3.1 Greenhouse

Greenhouse dirancang untuk memenuhi dua tujuan, yang pertama adalah menyediakan sejumlah area yang luas dengan kontrol lingkungan sederhana dan yang kedua memerlukan kontrol lingkungan yang lebih rumit. Fasilitas ini digunakan untuk mensterilkan tanah, tanaman, maupun kegiatan pembenihan. Rumah kaca (*greenhouse*) sebagai alat eksperimental untuk memeriksa respon dari tanaman atau mikroorganisme yang menerima perlakuan yang berbeda pada bangunan *greenhouse* juga dilengkapi dengan pengendalian suhu karena pada saat musim panas, derajat suhu didalam rumah kaca meningkat sangat tinggi. Cara efektif



Gambar 2.3 *Greenhouse piggyback*

pengendalian suhu adalah mengupayakan udara di dalam bangunan dapat keluar dan

digantikan oleh udara yang berasal dari luar bangunan melalui ventilasi alami, jenis greenhouse yang tepat untuk pengudaraan alami adalah bentuk *piggy back* dengan bukaan *cross ventilation* dan banyak digunakan pada daerah tropis sehingga tipe rumah kaca ini dikenal sebagai *tropical greenhouse*

2.3.2 Herbarium

Herbarium merupakan tempat koleksi bagian-bagian dari tumbuhan yang diawetkan disimpan dan disusun secara sistematis untuk studi penelitian. Spesimen tanaman yang diawetkan dapat digunakan untuk memberikan sampel DNA dan untuk memvalidasi pengamatan ilmiah yang mendasari ilmu pengetahuan, selain itu berfungsi juga untuk studi keanekaragaman hayati, konservasi, ekologi, pembangunan berkelanjutan serta bahan peraga botani. Koleksi herbarium terdapat dua jenis yaitu kering dan basah, herbarium kering digunakan pada varietas yang mudah dikeringkan, seperti batang, akar, daun, dan bunga sedangkan untuk herbarium basah digunakan pada spesimen yang mengandung air. Namun dengan fokus yang diangkat adalah pusat penelitian hortikultura herbarium yang digunakan adalah herbarium kering mengingat komoditi lokal pada kawasan cagar adalah komoditi sayuran.

2.3.3 Fasilitas Pendukung

Fasilitas pendukung yang terdapat pada area pusat penelitian antara lain sebagai berikut:

A. Visitor center

Visitor center berfungsi sebagai area penerima tamu yang akan menginap maupun yang tidak menginap di pusat penelitian. *Visitor center* dilengkapi dengan ruang pertemuan dan ruang-ruang administrasi.

B. Kantor pengelola

Berfungsi sebagai pusat operasional dan administrasi pengelola kawasan penelitian

C. Gudang penyimpanan

Berfungsi sebagai wadah penyimpanan material-material penelitian. Gudang penyimpanan baiknya ditempatkan pada setiap bangunan penelitian supaya dapat memudahkan operasional bangunan dan peneliti

D. Ruang utilitas

2.3.4 Fasilitas Publik

Pusat penelitian tidak termasuk kawasan komersil sehingga fasilitas publik yang diwadahi pun tidak terlalu banyak, adapun fasilitas publik yang diwadahi seperti perpustakaan dan restoran.

2.3.5 Fasilitas ruang luar

Sebagai pusat penelitian yang berlingkup kawasan tentunya pengolahan tapak sangat berpengaruh dalam kebutuhan dan program ruang, fasilitas tapak yang disediakan berupa kebun percobaan yang dapat dijadikan sebagai laboratorium lapangan sehingga dapat digunakan untuk penelitian, fasilitas lainnya berupa taman, dan ruang komunal yang dapat digunakan oleh peneliti maupun pengunjung yang datang.

2.3.6 Laboratorium

Laboratorium sebagai tempat pengujian memiliki peran penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sebagai sumber daya penelitian yang sangat berpengaruh besar, laboratorium penelitian juga menentukan tingkat keberhasilan dan hasil mutu penelitian. Jumlah laboratorium pengujian yang sudah membekali KAN (Akreditasi Komite Nasional) saat ini mencapai ratusan unit namun laboratorium pengujian yang menggunakan parameter lingkungan hanya sedikit jumlahnya sekitar 35 unit (Kardono 2008:115). Laboratorium budidaya pertanian umumnya memiliki sub-sub laboratorium, Jenis laboratorium yang terdapat pada pusat penelitian dibagi berdasarkan kegiatan penelitian, yaitu:

A. Laboratorium untuk riset

1. Laboratorium fisiologi

Objek pengamatan pada laboratorium adalah organ fisik dan sel tumbuhan

B. Laboratorium pelatihan

1. *Computer science laboratory*

C. Laboratorium untuk kebutuhan tertentu

1. Laboratorium kultur jaringan

Pertumbuhan jaringan tanaman yang paling tepat untuk perlakuan kultur jaringan harus bebas dari infeksi sehingga memerlukan kondisi ruangan yang terkendali. Laboratorium yang efisien mempunyai kendali dalam menentukan keberhasilan penelitian maupun keberhasilan produksi. Ruangan laboratorium kultur jaringan dibagi berdasarkan kegiatannya, antara lain:

- a. Ruang analisa
- b. Ruang persiapan atau preparasi
- c. Ruang transfer
- d. Ruang kultur atau inkubasi
- e. Ruang stok atau media jadi.
- f. Ruang timbang atau bahan kimia



Gambar 2.4 Denah sederhana laboratorium kultur jaringan



Gambar 2.5 Denah ruang luar laboratorium kultur jaringan

A. Ruang Analisa

Ruang analisa digunakan untuk mengkaji, meneliti, dan sebagai tempat membahas hasil penelitian terhadap eksplan yang telah di teliti. Hasil penelitian yang dihasilkan oleh eksplan tertentu perlu dikaji ulang agar terlihat perbedaan sebelum dan sesudah ditanam, sehingga diperlukan alat dan ruangan untuk penelitian lebih lanjut, berikut ini adalah alat dan bahan pada ruang analisa:

- Mikroskop
- Objek glass dan *cover glass*
- Mikrotom dan perlengkapannya
- *Loupe*
- Inkubator
- *Water bath*
- *Sentrifuge*
- Pipetmikro

B. Ruang persiapan/ sterilisasi

Ruang sterilisasi ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu ruang untuk mensterilkan alat-alat yang terkontaminasi sedangkan ruang kedua digunakan untuk mensterilkan alat-alta yang tidak terkontaminasi. Pada laboratorium skala besar ruang persiapan dilengkapi alat autoklaf, alat ini berfungsi khusus untuk mensterilkan botol-botol yang terkontaminasi.

C. Ruang Transfer Atau Ruang Tanam

Pada ruang transfer ini pekerjaan aseptik dilakukan, kegiatan lain yang dilakukan di ruang ini antara lain adalah isolasi tanaman, sterilisasi dan penanaman eksplan pada media tanam. Persyaratan ruangan ini harus terbebas dari debu maupun serangga kecil dan terpisah ataupun tersekat dengan ruang lainnya. Penghawaan buatan sangat diperlukan dalam ruangan ini. Ruang transfer harus berhubungan langsung dengan ruang kultur, dikarenakan setelah penanaman di ruang tanam atau transfer kemudian dibawa ke ruang kultur.

D. Ruang kultur atau inkubasi

Ruangan ini merupakan ruangan yang paling besar diantara ruangan lainnya. Umumnya ruangan ini harus sangat steril dan mobilitas orang-orang yang berada di dalamnya harus dijaga. Ruangan ini juga dilengkapi oleh penghawaan buatan, pengukuran suhu dan kelembapan. Penerangan yang digunakan sebaiknya menggunakan cahaya putih yang dihasilkan oleh lampu fluorescent, penggunaan energi lampu fluorescent ini lebih efisien dibandingkan dengan lampu pijar. Suhu ruang kultur diatur pada suhu 25 – 28°C, pada suhu terlalu dingin eksplan yang sudah ditanam tidak akan berkembang dengan baik, sedangkan pada suhu yang terlalu panas jamur dan bakteri akan berkembang biak sehingga mengakibatkan tanaman menjadi layu.

E. Ruang Stok atau Ruang Media Jadi

Ruangan ini berfungsi sebagai ruang penyimpanan media yang sudah melalui tahap autoklaf. Ruangan ini juga bersifat dingin dan gelap, dan tanaman akan diinkubasi selama 3 hari diruangan ini.

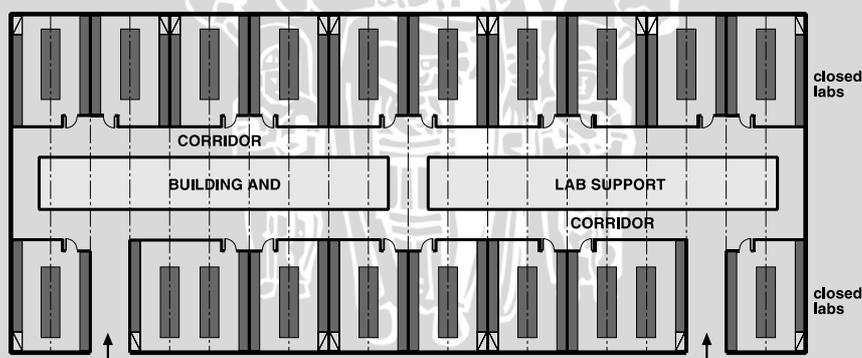
F. Ruang Timbang atau Ruang Bahan Kimia

Berisi perlengkapan dan bahan-bahan kimia, semua penimbangan menggunakan bahan kimia dan pembuatan larutan dilakukan didalam ruang timbang dan bahan kimia. Berikut merupakan skema laboratorium kultur jaringan dengan lima ruangan pokok beserta fungsinya.

2.3.7 Karakteristik Laboratorium

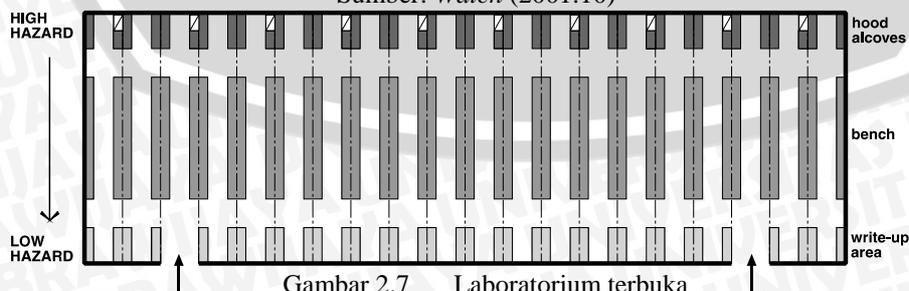
A. Laboratorium terbuka dan laboratorium tertutup

Konsep laboratorium terbuka sangat berbeda dengan laboratorium tertutup, pada laboratorium terbuka tidak hanya berbagi pada satu ruangan namun terdapat instrumen-instrumen pendukung lainnya, tetapi beberapa pendapat mendefinisikan laboratorium terbuka hanya terdapat pada suatu tempat terbuka seperti sungai, kebun, sawah, dll. Sedangkan untuk laboratorium tertutup sendiri yaitu penelitian atau eksperimen yang dilakukan didalam suatu ruangan (tertutup). Laboratorium tertutup digunakan untuk penelitian dengan menggunakan bahan-bahan yang cukup berbahaya atau peralatan tertentu yang harus ditempatkan secara terpisah, seperti laboratorium kultur jaringan, laboratorium entomologi, penggunaan mikroskop elektron dan *Nuclear magnetic Resonance* (NMR). Menurut Watch (2001:9), laboratorium tertutup dan terbuka dapat dikombinasikan dan menghasilkan modul laboratorium yang fleksibel, dengan material kaca sebagai pembatas ruangan. Dinding kaca memungkinkan peneliti untuk berinteraksi dengan mudah pada saat mereka sedang bekerja, sementara tetap memiliki batasan ruang individual masing-masing.



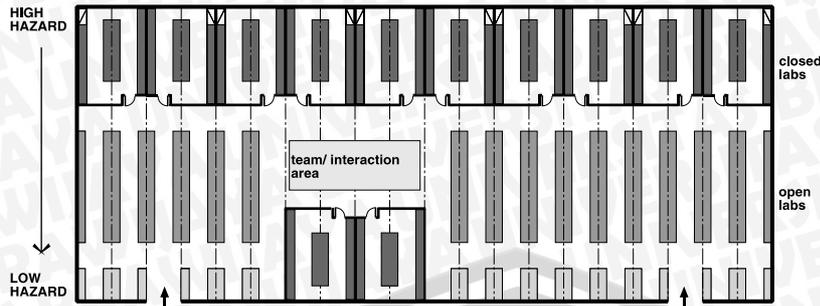
Gambar 2.6 Laboratorium tertutup

Sumber: Watch (2001:10)



Gambar 2.7 Laboratorium terbuka

Sumber: Watch (2001)



Gambar 2.8 Laboratorium kombinasi tertutup dan terbuka
Sumber: Watch (2001)

A. Laboratorium basah dan kering

Pusat penelitian secara umum meliputi laboratorium basah dan kering. Secara tipikal laboratorium basah memiliki wastafel untuk mencuci, pipa gas, dan cerobong asam. Laboratorium basah membutuhkan perlakuan yang khusus, laboratorium ini membutuhkan area yang tahan terhadap bahan kimia, dengan menggunakan penghwaan buatan karena 100 % tidak boleh terkena udara luar. Lain halnya dengan laboratorium kering, pada lab ini dominan terdapat intensif komputer dengan persyaratan yang signifikan untuk listrik dan kabel data. Konstruksi laboratorium kering, sangat mirip dengan pembangunan kantor.

Laboratorium basah menghabiskan biaya dua kali lebih besar dari laboratorium kering, karena itu pembagian zona sudah ditentukan pada tahap perancangan, hal ini lebih menghemat daripada menggunakan laboratorium kering untuk dijadikan laboratorium basah (Watch 2001:19)



Gambar 2.9 Laboratorium basah
Sumber: EMBL ATC (2015)



Gambar 2.10 Laboratorium kering
Sumber: Presbyterian College School of Pharmacy (2015)

2.3.8 Keberlanjutan laboratorium

Kenyataan penggunaan energi dan air pada laboratorium lima kali lebih banyak dibandingkan dengan bangunan-bangunan perkantoran, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antar lain:

1. Banyaknya peralatan di dalam laboratorium
2. Memiliki peralatan pembangkit panas yang cukup banyak
3. Pada umumnya peneliti membutuhkan waktu akses 24 jam untuk melakukan pekerjaannya.
4. Percobaan yang tidak dapat diganti membutuhkan sistem cadangan yang berlebih dan *uninterrupted power supply* (UPS) atau energi darurat.
5. Banyaknya peralatan di dalam laboratorium
6. Memiliki peralatan pembangkit panas yang cukup banyak
7. Pada umumnya peneliti membutuhkan waktu akses 24 jam untuk melakukan pekerjaannya.
8. Percobaan yang tidak dapat diganti membutuhkan sistem cadangan yang berlebih dan *uninterrupted power supply* (UPS) atau energi darurat.

Selain itu fasilitas penelitian harus memiliki persyaratan ventilasi yang intensif dan harus memenuhi kode keselamatan dan kesehatan. Perancangan fasade bangunan seperti overhang, kaca, atap dan dinding sangatlah penting untuk efisiensi energi pada laboratorium

- *Overhang*

Overhang biasa digunakan untuk shading yang merupakan bagian dari dinding. *Overhang* dapat meningkatkan intensitas cahaya alami yang masuk ke dalam bangunan. Pada sisi bangunan utara-selatan menggunakan *overhang* horizontal, sedangkan untuk sisi bangunan timur-barat membutuhkan *overhang* vertikal dan horizontal

- Material kaca

Bahan material kaca pada jendela eksterior harus menggunakan kaca thermal dan memiliki insulasi di bagian dalam dan luar frame. Penggunaan kayu atau fiberglass frame akan memberikan kinerja yang lebih baik daripada material aluminium. Jendela yang dalam pengoperasiannya dibuka dan ditutup pada umumnya tidak akan mengurangi biaya energi, sebaliknya akan meningkatkan penggunaan energi. Namun dalam hal meningkatkan kualitas lingkungan jendela jenis ini lebih baik.

- Atap dan dinding

Penggunaan atap berwarna terang dengan lapisan *albedo* yang tinggi untuk memantulkan panas dan sinar sangat di anjurkan. Pada beberapa laboratorium memerlukan atap dan dinding isolasi, karena terdapat alat-alat penghasil panas sehingga semua outlet listrik, pipa dan kawat penetrasi ke dalam gedung harus ditutup agar terhindar dari kebocoran yang dapat meningkatkan penggunaan energi.

2.3.9 Modul Laboratorium

Modul laboratotium adalah unit utama dalam setiap fasilitas laboratorium. Ketika dirancang dengan benar, modul laboratorium sepenuhnya akan mengkoordinasikan semua sistem arsitektur dan rekayasa. Modular yang dirancang dengan baik akan memberikan manfaat sebagai berikut:

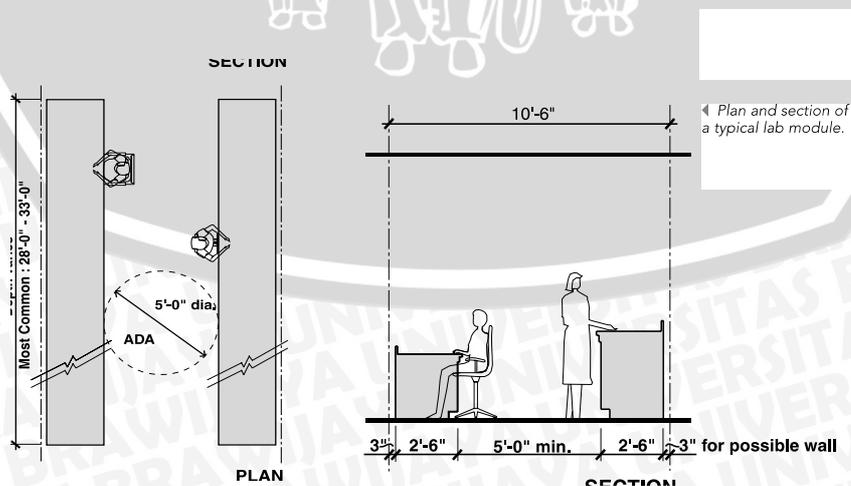
- Fleksibilitas

Modul laboratorium harus dapat mendorong perubahan di dalam bangunan. Penelitian selalu berubah sepanjang waktu sehingga bangunan harus memungkinkan untuk melakukan perubahan. Perusahaan penelitian swasta banyak melakukan perubahan fisik rata-rata 25% dari laboratorium yang dimiliki mereka setiap tahunnya. Lain halnya dengan lembaga pendidikan setiap tahun mereka mengubah tata letak pada laboratorium mereka sebesar 5% hingga 10%.

- Ekspansi

Penggunaan modul pada rancangan laboratorium memungkinkan bangunan untuk melakukan perluasan area tanpa mengorbankan fungsionalitas ruang.

A. Basic Modul Laboratorium



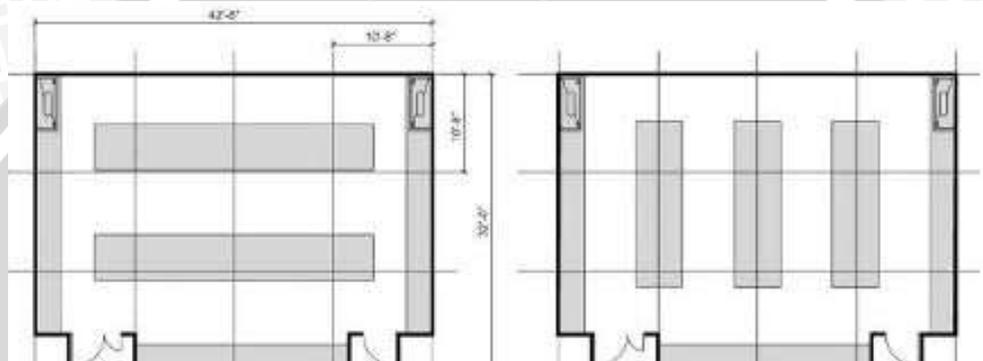
Gambar 2.11 Denah dan potongan tipikal modul laboratorium

Sumber: Building Types Basics for Research Laboratory, Daniel Watch, Perkins

Tipikal modul laboratorium pada umumnya memiliki lebar rata-rata 3,2 m, dengan panjang yang bervariasi antara 5 m – 10 m. Kedalaman berdasarkan pada ukuran yang diperlukan untuk laboratorium, dimensi lebar 3,2 m didasarkan pada dua baris kerja termasuk peralatan, setiap jalur area kerja berukuran 0,76 m dan lorong yang berjarak 1,5 m dengan ketebalan dinding 0.15 m.

B. Modul Dua Arah

Perancangan modul laboratorium dua arah akan mencapai tingkat fleksibilitas yang optimal. Konsep ini lebih mudah digunakan dengan modul laboratorium dasar tetapi



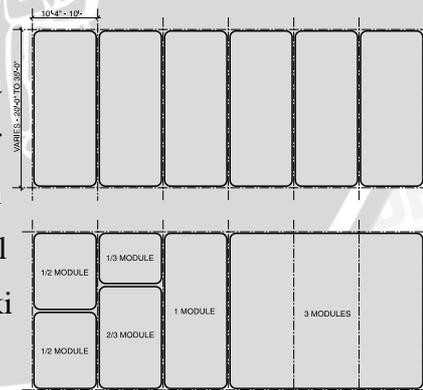
Gambar 2.12 Modul grid dua arah

Sumber: *Building Types Basics for Research Laboratory, Daniel Watch, Perkins &*

memerlukan lebih banyak ruang. Penggunaan grid dua arah bermanfaat untuk mengakomodasi panjang yang berbeda dari area kerja dan memudahkan mobilitas peneliti untuk bergerak dengan nyaman.

B. Tiga Dimensional Modul Laboratorium

Konsep perancangan modul laboratorium tiga dimensi menggabungkan modul laboratorium dasar dengan modul laboratorium dua arah dengan pengaturan koridor laboratorium untuk disetiap lantai bangunan. Hal ini membuktikan bahwa modul lab tiga dimensi memiliki pengaturan tunggal koridor, dan tata letak koridor pada lantai selanjutnya.



Gambar 2.13 Tipikal modul laboratorium

Sumber: Watch(2001:108)

2.3.10 Perancangan Ruang Dalam Laboratorium

Perancangan ruang dalam laboratorium memiliki beberapa ketentuan atau standart yang berlaku antara lain sebagai berikut (Watch 2001:105):

1. Ketinggian langit-langit

Sebagian besar laboratorium memiliki standart ketinggian langit-langit yang direkomendasikan yaitu 2,89 meter, dengan standart ketinggian ini akan terdapat cukup ruang untuk penggunaan cahaya tidak langsung (cahaya buatan). Pada laboratorium besar membutuhkan ketinggian langit-langit yang cukup tinggi dan volume yang lebih besar, bahkan beberapa laboratorium memerlukan dua level lantai untuk mengakomodasi peralatan besar. Ketinggian langit-langit tidak boleh dibawah 2.43 meter.

2. Pintu Laboratorium

Lebar pintu minimum yang disarankan untuk laboratorium adalah 96,52 cm, tetapi lebar 106,68 cm lebih disarankan. Dua daun pintu dapat menghilangkan hambatan peralatan laboratorium masuk ke dalam ruangan. Pada laboratorium harus terdapat dua jalan keluar yang juga digunakan sebagai evakuasi karena terdapat bahan kimia berbahaya

3. Lorong

Ukuran lorong antara area kerja minimum sebesar 152 cm hal ini untuk memungkinkan seseorang melewati orang yang sedang bekerja. Ukuran lorong ini sesuai dengan pedoman dari *Amerika Disabilities Act* (ADA). Lorong dengan lebar 182 cm tidak direkomendasikan untuk sebagian besar laboratorium, karena pengguna cenderung menyalahgunakan ruang dengan kereta dorong dan peralatan.

A. Interior laboratorium

Interior laboratorium merupakan kunci fokus dalam perancangan pusat penelitian, perancangan interior dalam laboratorium terbagi menjadi beberapa aspek antara lain:

1. *Lobby dan Receptionist*

Area receptionist dan lobby merupakan area untuk menyambut pengunjung, peneliti, staff dan pekerja masuk ke dalam bangunan. Area lobby pada umumnya terdapat di atrium sentral yang memungkinkan pengunjung maupun peneliti dapat melihat beberapa lantai di atasnya serta memberikan nuansa ramah dan terbuka. Lobby juga dapat menjadi jantung bangunan, bukan hanya tempat dimana orang keluar dan masuk, tetapi tempat untuk bertemu dan membawa percakapan.

2. Lounge dan ruang istirahat

Lounge dan ruang istirahat harus direncanakan pada setiap lantai bangunan atau ditempatkan pada suatu area pusat saja. Pada fasilitas laboratorium yang besar dapat disediakan ruang istirahat kecil dengan beberapa perlengkapan kantor seperti mesin fotokopi atau pembuat kopi. Ukuran area ini biasanya berukuran 8 m² hingga 10 m².

3. Koridor

Terdapat tiga cara dasar untuk menyusun koridor.

- Koridor tunggal
- Koridor ganda
- Tiga koridor

Masing-masing jenis koridor memiliki kelebihan dan kekurangan serta memiliki sejumlah pilihan eksplorasi desain

a. Koridor tunggal

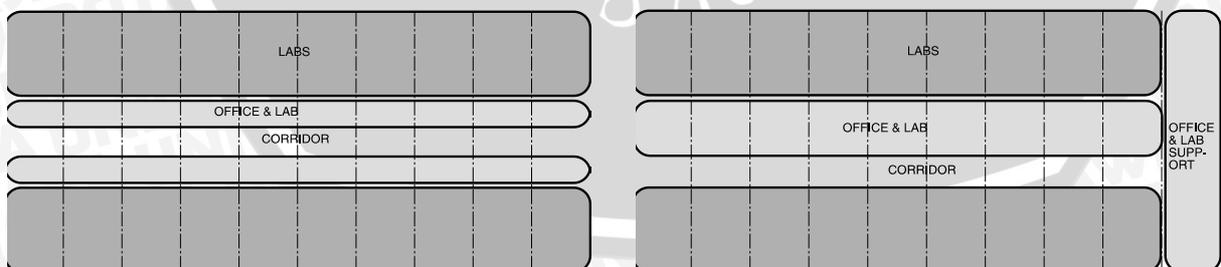
Pada umumnya koridor tunggal terletak di tengah-tengah bangunan, dengan sedikit atau tanpa sinar matahari langsung. Koridor lebih baik memiliki pandangan terbuka ke luar baik di akhir atau sepanjang koridor yang terdapat bukaan.

- Kelebihan:

Satu koridor dapat memberikan kesempatan untuk saling berkomunikasi dan dapat dijadikan sebagai jalan utama.

- Kelemahan:

Pendekatan koridor tunggal tidak memenuhi program untuk laboratorium dan kantor atau operasional gedung. Koridor tunggal pada umumnya membatasi lebar bangunan dan dapat membatasi desain



Gambar 2.14 Option penyusunan koridor tunggal

Sumber: Watch(2001:108)

b. Koridor ganda

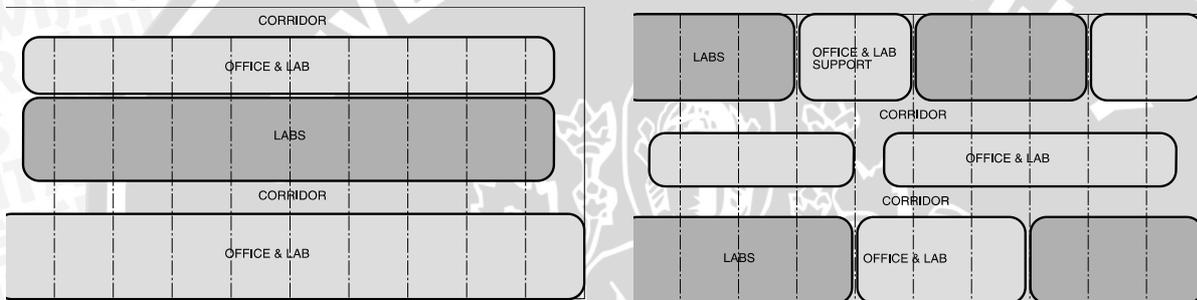
Pengaturan dua koridor biasanya dikembangkan untuk rencana lantai yang lebih luas. Bangunan laboratorium lebih baik menggunakan tata letak dua atau tiga koridor.

- Kelebihan

Dua koridor memungkinkan laboratorium dirancang *back-to-back* dan mempunyai denah lantai yang luas. Koridor jenis ini dapat membuat seseorang untuk berjalan dari satu laboratorium ke laboratorium lain tanpa harus pergi ke koridor yang terpisah.

- Kelemahan

Konsep koridor ganda ini sekitar 5% lebih mahal dibandingkan dengan pengaturan koridor single. Rencana dua koridor dapat memisahkan orang dengan menciptakan sebuah bangunan dengan dua sisi.



Gambar 2.15 Option penyusunan koridor ganda
Sumber: Watch(2001:108)

c. Tiga koridor

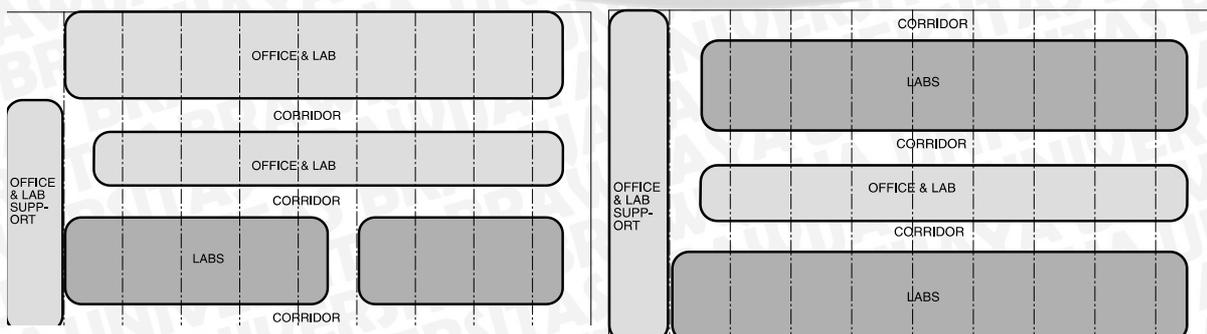
Konsep tiga koridor memiliki koridor publik sekitar luar dan koridor layanan pusat.

- Kelebihan

Konsep tiga koridor mencakup area pusat layanan yang dapat diakses hanya untuk pemeliharaan atau memungkinkan peneliti untuk memiliki akses ke layanan mekanikal. Koridor pusat layanan dapat digunakan secara umum.

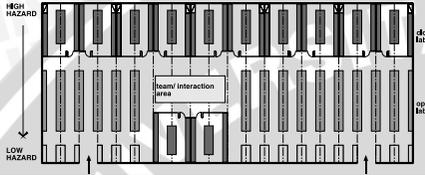
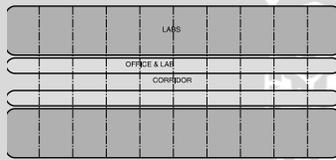
- Kelemahan

Jenis koridor ini merupakan jenis yang paling efektif dan paling mahal. Tiga koridor lebih mahal 10% daripada desain koridor single dan 5% lebih mahal daripada skema koridor ganda.



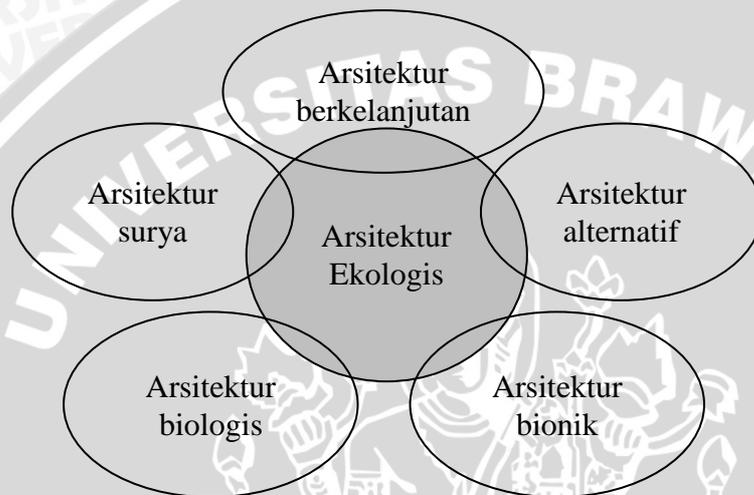
Gambar 2.16 Penyusunan tiga koridor
Sumber: Watch(2001:108)

Tabel 2.4 Kriteria Desain Laboratorium

Tinjauan Laboratorium	Elemen Laboratorium Yang Digunakan	Keterangan
1. Karakteristik laboratorium	<p>Laboratorium kombinasi tertutup dan terbuka</p> 	<p>Konsep ini dapat digunakan lebih lanjut untuk membuat modul laboratorium yang memungkinkan dengan dinding kaca hampir disetiap tempat dimana saja. Namun dalam pendekatan lainnya laboratorium tertutup masih akan diperlukan untuk beberapa fasilitas.</p>
2. Modul laboratorium	<p>Laboratorium basah dan kering</p> <p>Modul dua arah</p> 	<p>Dua karakteristik laboratorium ini digunakan pada desain, tetapi dalam implementasi desain jenis laboratorium yang lebih banyak digunakan laboratorium kering, karena spesimen yang diteliti berupa tanaman organik dengan pengoptimalisasi penghawaan alami.</p> <p>Modul dua arah memiliki fleksibilitas yang tinggi. Penggunaan grid dua arah bermanfaat untuk mengakomodasi pengang yang berbeda dari meja kerja sehingga memungkinkan untuk dilakukan ekspansi jika diperlukan</p>
3. Koridor laboratorium	<p>Koridor tunggal</p> 	<p>Koridor yang digunakan yaitu koridor tunggal. Kebanyakan koridor tunggal mendapat sedikit bahkan tidak mendapatkan sinar matahari, hal ini dapat dapat disiasati dengan dinding interior yang mengkilap sehingga dapat meneruskan sinar matahari, atau bentang bangunan ditempatkan berdasarkan orientasi yang tepat terhadap posisi sinar matahari yang baik.</p>
4. Keberlanjutan laboratorium	<p>Perancangan fasade bangunan</p> <p><i>Overhang</i> <i>Glazing</i> <i>Insulation</i></p>	<p>Penggunaan overhang untuk shading jendela dipercaya dapat mengurangi energi yang dikonsumsi bangunan seta dapat meningkatkan kualitas penghawaan alami masuk ke dalam bangunan. Bahan material kaca pada jendela eksterior menggunakan kaca thermal. Penggunaan kayu atau fiberglass frame akan memeberikan kinerja yang lebih baik daripada material aluminium. Atap dan dinding laboratorium harus memiliki daya insulasi yang tinggi</p>

2.4 Arsitektur Ekologis

Pada dasarnya paradigma ekologi merupakan hubungan timbal balik antara manusia dengan alam sekitarnya dan lingkungan buatan, maupun hubungan antara organisme organik dengan anorganik. Menurut Frick & Suskiyanto (2007:52), pemahaman konsep arsitektur ekologis memiliki arti yang cukup luas, bagian-bagian arsitektur ekologis antara lain seperti arsitektur biologis (hubungan integral antara manusia dan lingkungan hidup yang memperhatikan kesehatan penghuninya), arsitektur alternatif, arsitektur matahari atau yang lebih dikenal dengan arsitektur surya, arsitektur bionik, dan arsitektur berkelanjutan.



Gambar 2.17 Konsep arsitektur ekologis secara holistik (keseluruhan)
 Sumber: Frick & Suskiyanto (2007), *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis*

Konsep arsitektur ekologis tidak memiliki ketentuan baku yang mengikat, namun dapat mensinergikan dengan keselarasan alam. Perancangan arsitektur dipastikan sangat mempengaruhi alam sekitarnya, namun dengan konsep arsitektur ekologis akan meminimalisir kerusakan lingkungan sedikit mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, fokus terletak pada desain bangunan yang terpengaruhi oleh iklim.

Prioritas penerapan EkoArsitektur pada iklim tropis lembab di Indonesia memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Satwiko, 2004):

1. Kelembaban tinggi hingga mencapai 90%
2. Temperatur udara tinggi dengan rata-rata 32°C
3. Curah hujan tinggi dengan rata-rata 1500 hingga 2500mm dalam setahun
4. Radiasi matahari secara menyeluruh sekitar 400 watt/m²
5. Langit cenderung berawan
6. Kecepatan angin rata-rata relatif rendah kurang dari 2m/s
7. Memiliki flora dan fauna yang beragam

Menurut sukawi (2008:4) Desain arsitektur yang berkelanjutan ditentukan oleh iklim setempat (iklim makro) dan iklim wilayah sekitarnya (iklim mikro), guna mendapatkan kondisi lingkungan yang masuk ke dalam bangunan dapat dilakukan usaha-usaha sebagai berikut:

1. Desain sistem pasif (*Passive Building Design*)

Passive building desain merupakan metode desain arsitektural yang mengutamakan elemen pembentuk fisik dengan memanfaatkan potensi alam yang dapat memberinya kenyamanan

2. Desain sistem aktif (*Active Building Design*)

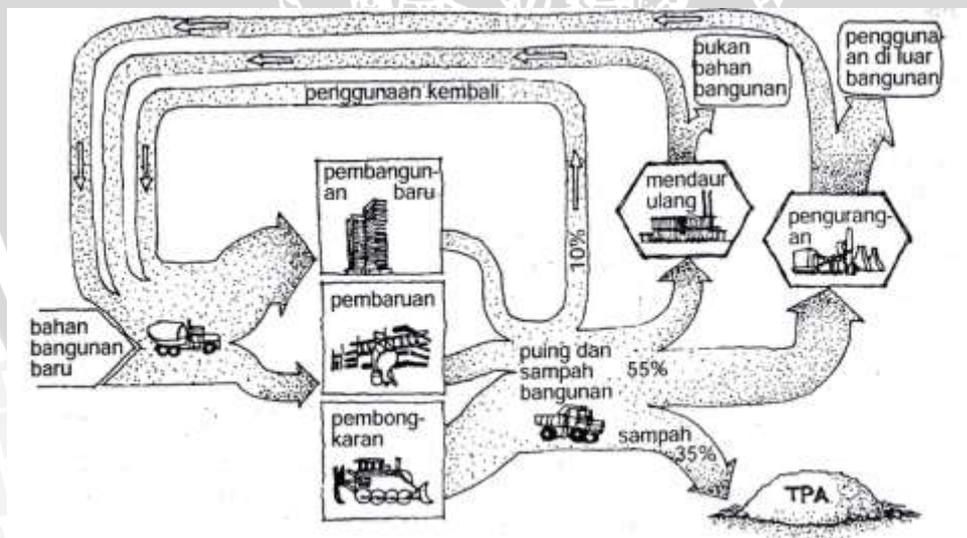
Merupakan metode desain arsitektural yang dalam perancangannya memanfaatkan peralatan elektrikal yang bersumber dari energi yang tidak dapat diperbaharui.

3. Desain sistem hybrid (*Mixed mode*)

Metode desain yang dalam perancangannya lebih tergantung pada penggunaan energi (*energi dependent*) ataupun sebagian menggunakan mekanikal elektronik.

4. Sistem Produktif (*productive mode*)

sistem produktif ini dapat menciptakan atau mengadakan energi sendiri dari sumber daya yang dapat diperbaharui



Gambar 2.18 – Hukum termodinamika
Sumber: Rudolf (1822-1888)

Peredaran bahan bangunan keseluruhan sesuai hukum termodinamika kemungkinan dapat menghemat, mengurangi, mendaur ulang, dan bahan bangunan tersebut dapat digunakan kembali (Graham, 2003).

Berdasarkan diagram termodinamika diatas, bangunan *sustainable* atau berkelanjutan yang ekologis memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

- tidak menghabiskan material bahan bangunan lebih cepat dibandingkan dengan tumbuhnya kembali material bangunan oleh alam.
- Dapat menggunakan energi terbarukan secara optimal
- Mengolah kembali sampah yang dihasilkan oleh bangunan agar dapat digunakan kembali menjadi sumber bahan bangunan yang baru.

2.4.1 Prinsip Ekologi Arsitektur

Prinsip ekologi yang digunakan pada perancangan pusat penelitian tanaman hortikultura ini menggunakan teori Cowan & Ryn (1996) dalam Titisari et.al (2012) karena prinsip desain ekologi yang kerap berpengaruh pada arsitektur salah satunya adalah *Design with Nature* yaitu Arsitektur merupakan bagian dari alam. Untuk itu setiap desain arsitektur harus mampu menjaga kelangsungan hidup setiap unsur ekosistem yang ada di dalamnya sehingga tidak merusak lingkungan. Prinsip ini menekankan pada pemahaman mengenai living process di lingkungan yang hendak diubah atau dibangun.

2.4.2 Elemen Terapan Ekologi Arsitektur

A. Optimalisasi Vegetasi

Bangunan hijau dianalogikan dengan cara menambahkan unsur-unsur penghijauan yang tidak hanya terpaku pada fisik bangunan seperti *roof garden* atau *vertical garden* namun juga pada lansekap sekitar bangunan, vegetasi yang digunakan dapat vegetasi eksisting yang terdapat pada tapak atau dengan menanam kembali vegetasi baru pada tapak tersebut.



Gambar 2.19 Bangunan hijau

Sumber: *Sustainable Building Design Book*, 2005

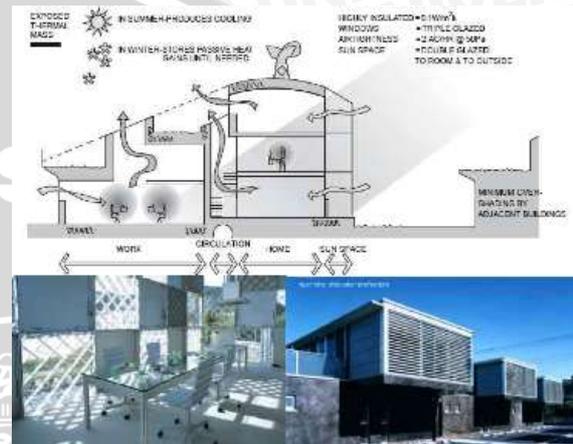
Strategi optimalisasi vegetasi melalui potensi vegetasi eksisting dengan melihat pola dan jenis vegetasi, penetapan fungsi terkait pemanfaatan lahan pertanian. dengan mengetahui pola vegetasi eksisting dapat menentukan gubahan massa, sirkulasi serta ruang luar.

B. Sistem Pencahayaan Alami

Peletakkan jendela memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kenyamanan termal penghuni yang berada di dalam bangunan. Penggunaan pencahayaan alami memiliki beberapa keuntungan antara lain dapat menghemat energi yang dikonsumsi bangunan. Posisi untuk peletakkan bukaan yang tepat berada disisi utara dan selatan hal ini disebabkan pada bagian tersebut tidak terpapar matahari secara langsung.

C. Sistem Penghawaan Alami

Metode penghawaan alami merupakan prinsip pengaliran udara yang sudah terprogram dengan baik. Sistem ini sangat berperan penting dalam proses perancangan mengingat dalam menentukan orientasi bangunan atau arah hadap bangunan harus memperhitungkan arah tiupan angin yang berhembus dan pengaruhnya pada bangunan. Tipikal bangunan tradisional di Indonesia menggunakan sistem penghawaan silang atau *cross ventilation* dan konglomerasi panas dan lembab di dalam bangunan dapat dikendalikan sehingga dapat kenyamanan termal yang optimal.



Gambar 2.20 *Natural ventilation*
Sumber: *Sustainable Building Design Book, 2005*

B. Efisiensi Bahan / Material

Komposisi material yang digunakan oleh sebuah bangunan merupakan faktor utama dalam siklus dampak lingkungan karena penggunaan material yang tepat akan menghasilkan bangunan yang ramah lingkungan pula. Pembangunan baiknya menggunakan material lokal atau memanfaatkan material alami seperti kayu, batu, pasir dan sebagainya, karena material alami umumnya mengkonsumsi energi lebih kecil, serta menghasilkan racun dan polusi yang lebih kecil dibandingkan dengan material pabrikasi lainnya.

E. Peningkatan Mutu Lingkungan

Komponen yang berada di dalam merupakan suatu kesatuan yang membentuk sebuah ekosistem, ekosistem tersebut akan berlangsung apabila lingkungan itu dapat memenuhi kebutuhan minimum sebuah ekosistem. Pemilihan bahan bangunan pada proses perencanaan dan perancangan dengan bahan dan material yang beremisi rendah turut serta meningkatkan mutu lingkungan.

C. Pengurangan Sampah

Kegiatan konstruksi dan pembongkaran yang dihasilkan selama konstruksi baru, renovasi, dan pembongkaran bangunan ataupun struktur akan menghasilkan berton puing-puing bangunan. Dengan fungsi bangunan *research center* tentunya akan menghasilkan limbah akibat penelitian, sehingga dapat dilakukan 4R (*reduce, reuse, recycle, replace*) untuk meminimalisir sampah dan kerusakan lingkungan mengingat kawasan yang akan dibangun merupakan kawasan pertanian dan dapat berpengaruh terhadap kualitas tanaman yang ada.

2.4.3 Pengendalian Lahan Berkontur

Dengan mengusung konsep ekologi pengolahan kontur haru selaras dengan lingkungan eksisting tanpa banyak merubah kontur tanah. Beberapa teori menunjukkan alternatif pengolahan kontur antara lain sebagai berikut ini:

1. Cut and fill untuk landasan bangunan

Pengolahan galian dan timbunan ini tidak sepenuhnya menghilangkan kontur tanah yang sudah ada, namun memindahkannya berdekatan dengan bagian tanah yang datar yang akan digunakan sebagai landasan bangunan. Alternatif cut and fill ini sebisa mungkin untuk dihindari karena akan membuat tanah yang rentan longsor dan dapat merusak topografi alam tersebut

2. Grading

Pelandaian dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perencanaan sebelum melakukan perancangan. Cara grading ini harus mempertahankan sifat alamiah dari tapak yaitu dengan mempertahankan pepohonan yang ada, urugan yang diakibatkan oleh proses grading kurang tepat untuk dilrtakkan sebuah bangunan karena akan mengakibatkan ketidakstabilan lapisan dasar bangunan.

3. Menempatkan bangunan sesuai dengan garis kontur



Gambar 2.21 letak bangunan mengikuti garis kontur

Peletakkan massa mengikuti garis kontur, proses ini memiliki keuntungan yang besar karena proses cut and fill akan dapat terhindar sehingga keseimbangan alam tetap terjaga.



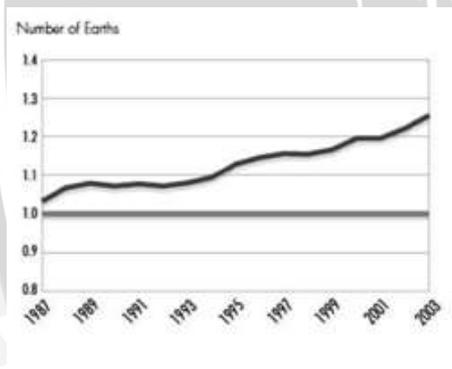
Gambar 2.22 Bangunan yang berhubungan diagonal

4. Bangunan diagonal terhadap kotur

Memiliki garis sumbu yang sama antara setiap massa walupun berada pada ketinggian kontur yang berbeda.

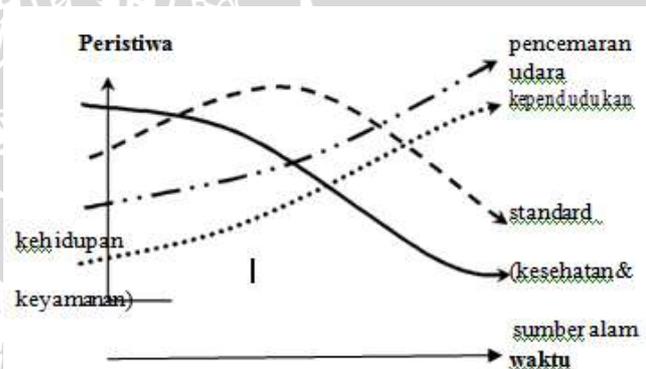
2.5 Dampak Bangunan Non-Ecological

Menurut UNEP (*United Nations Environment Programme*) menguraikan beberapa akibat ketidak adanya keseimbangan alam, yaitu pada tahun 2007 meningkatnya CO2 setiap tahunnya sebanyak satu per tiga dimulai sejak tahun 1987, meningkatnya degradasi terhadap kualitas mutu lingkungan dan human *ecological foot print* yang diakibatkan meningkatnya daya konsumsi dibandingkan dengan *biocapacity* yang ada. Menurunnya ketersediaan sumber daya alam yang terbaharui maupun yang tidak terbaharui tidak terlepas dari campur tangan manusia.



Gambar 2.23 Perbandingan antara bio-udara, capacity dengan human footprint

Sumber: CCCC, *Kick The Habit*, AUN Guide To Climate Neutrality, 2008



Gambar 2.24 Hubungan tingkat pencemaran kependudukan dengan standart kehidupan dan daya alam yang tersedia

Sumber: Frick, 2007

Pada grafik terlihat kerusakan pada ekosistem yang terus menerus meningkat dengan didukungnya kemajuan teknologi yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan standart kesehatan dan tingkat kenyamanan manusia. Menurut Komala (2011), pada umumnya energi terbesar yang digunakan pada penghawaan buatan atau AC sebesar 60%, pencahayaan buatan 22%, building transport 6% sisanya yang digunakan sebesar 12%

2.6 Studi Komparasi Laboratorium dan *Research Center*

2.6.1 INRA *Research Laboratories*



Gambar 2.25 INRA *Research laboratory*
Sumber: INRA, 2013

Bangunan laboratorium penelitian ini berlokasi di Lorraine region, Perancis, dan digarap oleh Tectoniques Architects. INRA *Research Laboratories* berada di situs The Champenoux yang merupakan salah satu dari lima situs Institut National de la Recherche Agronomique (institusi nasional penelitian agronomi). Pusat penelitian ini menjadi tuan rumah bagi peneliti dari Perancis maupun pendatang asing yang bekerjasama untuk mempelajari ekologi dan genomik hutan. Karena sejarah dan posisi geografis, pusat penelitian INRA ini sebagian besar selalu ditujukan untuk studi tentang hutan dan hasil hutan (kayu paling utama) mulai dari genom, fungsi pohon dan ekosistem serta ekonomi kehutanan dan produksi biomassa.

INRA research laboratory difokuskan untuk penelitian kayu di Perancis, dengan jelas terlihat fasad bangunan semua memiliki karakter kayu hal ini untuk membuat bangunan sesuai dengan fungsinya.



Gambar 2.26 INRA *Research Laboratory exterior*
Sumber: INRA, 2013

Fasad selatan bangunan ini melengkung meliputi seluruh *entrance* bangunan, diselubungi serangkaian strip tau potongan kayu dengan latar belakang landscape. Sedangkan untuk sisi utara merupakan respon terhadap bangunan yang sudah berdiri sejak tahun 1960-an. Kedua unsur dinamis ini dihubungkan oleh sebuah atrium.

Disamping memanfaatkan cahaya alami, bangunan ini memiliki standart teknis yang tinggi. Bangunan ini juga menciptakan simbiosis yang sangat menguntungkan untuk mengoptimalkan kinerja dan material kayu yang digunakan melibatkan industri kayu lokal yang ada.

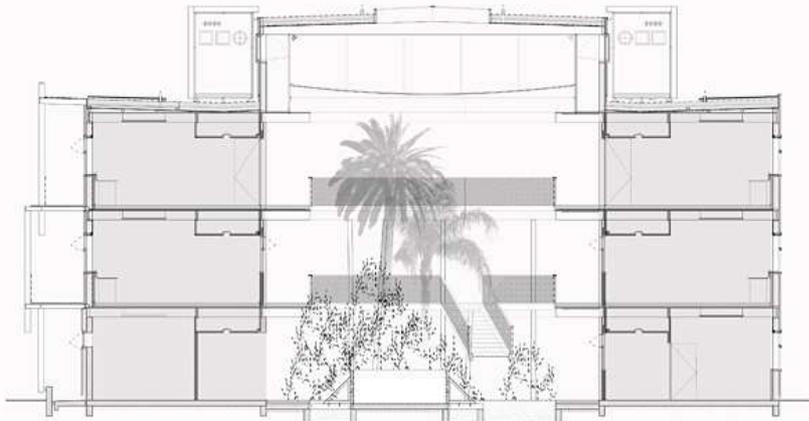


Gambar 2.27 Desain fasade eksterior
Sumber: INRA, 2013

INRA *research laboratory* memiliki atrium pada bagian tengah bangunan. Atrium pada bangunan ini difungsikan sebagai tempat untuk interaksi, diskusi, *sharing* dan pertemuan serta pameran kerja. Guna menghubungkan dua bangunan ditandai dengan adanya tangga, *catwalk* dan padangan yang transparan. Atrium pada bagian tengah dilengkapi dengan taman dan kolam air yang dikelilingi oleh bunga semak dan pohon. Atrium ditutupi oleh kubah plastik ETFE, yang dapat membawa dan memfilter cahaya alami serta dapat membantu mengontrol iklim interior hal yang lebih menarik membran plastik EFTE dapat menghasilkan efek langit buatan. Pada musim panas, jendela dan ventilasi terbuka untuk memungkinkan udara panas bangkit dan keluar dari gedung.



Gambar 2.28 INRA
Research laboratory atrium
Sumber: INRA, 2013



Gambar 2.29 Potongan laboratorium penelitian INRA
Sumber: INRA, 2013

Bangunan dipisah menjadi dua sisi, sisi utara merupakan respon terhadap bangunan pada tahun 1960 yang berada disitus tersebut. Sebagian besar laboratorium yang disisi luar bangunan mendapatkan keuntungan dari cahaya alami tanpa menjadi terlalu panas di



Gambar 2.30 Struktur laboratorium penelitian INRA
Sumber: INRA, 2013

musim panas dan dapat menikmati koneksi visual lansekap sekitar bangunan. Balkon yang dilindungi oleh kayu claustra membuat ruang kerja lebih panjang, balkon pada bangunan ini bertindak sebagai kanopi, disesuaikan untuk perlindungan matahari dan melindungi privasi dan kerahasiaan.

Seluruh skema pada bangunan ini menggunakan truktur kayu, yang merupakan pertama kalinya untuk sebuah bangunan dengan fungsi laboratorium dengan persyaratan teknis tinggi seperti temperatur, polusi, getaran dan sebagainya. Kayu digunakan pada seluruh bangunan seperti fasad, lantai, dan dinding partisi internal, hal ini merupakan tindakan dukungan untuk eco-konstruksi

2.6.2 Belfer Building, Kampus Wizmann, Riset Molekul Genetika



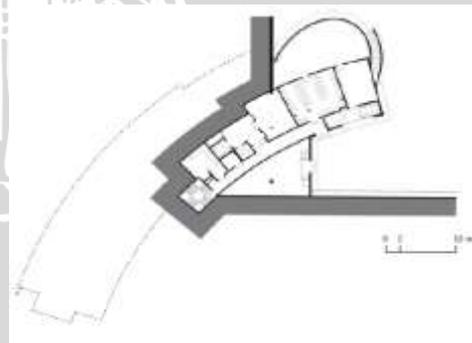
Gambar 2.31 Belfer Building, Kampus Wizmann, Riset Molekul Genetika
Sumber: Wizmann, 2003

Bangunan yang dirancang oleh Mosche Zur Architects Urbanists & Town Planners ini berlokasi di Revohot, Israel. Bangunan ini selesai dibangun pada tahun 2003 dengan luas total lantai 5.000 m² dan luas yang digunakan untuk fungsi laboratorium seluas 2.000 m². Fungsi bangunan ini untuk riset transgenic dengan fokus utama yang diteliti adalah molekul genetika dan penyakit kanker. Bangunan yang terdiri dari 4 lantai ini terhubung langsung dengan bangunan milik Arnold Meyer dengan menggunakan *sky bridge*. Bangunan ini sama halnya dengan bangunan *INRA Research Laboratory* yaitu merupakan pengembangan dari bangunan yang terdahulu

Karakter bangunan ini didominasi oleh elemen garis lengkung. Topografi tapak pada bangunan ini cenderung berkontur landai dan menurun, yang kemudian peletakkan area servis berada di sisi utara bangunan.

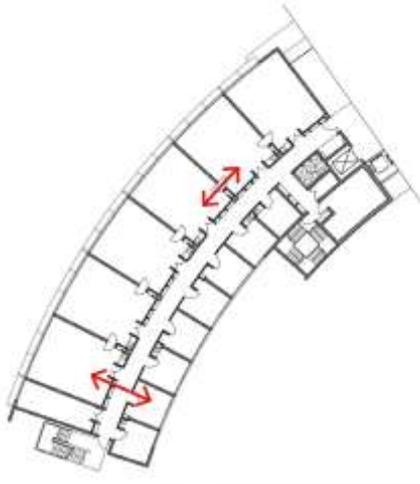


Gambar 2.32 Entrance level plan
Sumber: Rahmadhani, 2010

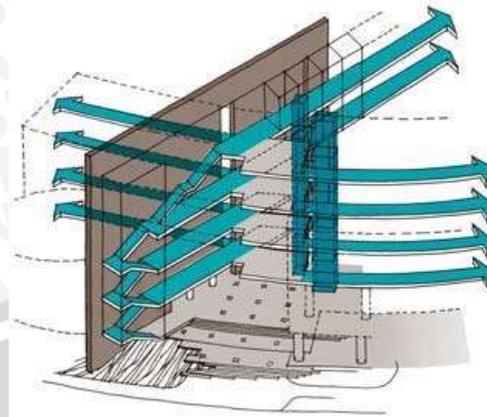


Gambar 2.33 Denah lantai tiga
Sumber: Rahmadhani, 2010

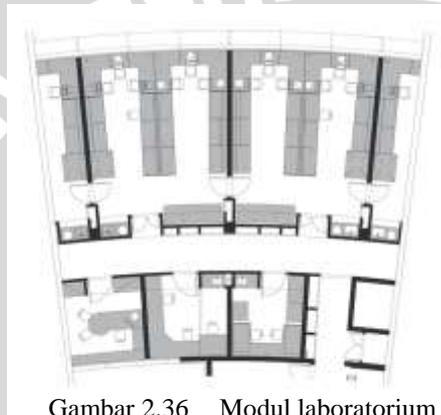
Gagasan desain utama bangunan lengkung ini terletak pada sirkulasi di dalam bangunan yaitu sirkulasi tulang belakang. Zonasi fungsional pada program ruang diintegrasikan dengan bentuk lengkungnya. Bangunan ini dibagi menjadi dua bagian yang dihubungkan oleh entrance hall yang terletak dilantai lima. Hal ini agar bangunan lama dan bangunan baru dapat saling terhubung baik horizontal maupun vertikal.



Gambar 2.34 Denah area laboratorium
Sumber: Rahmadhani, 2010



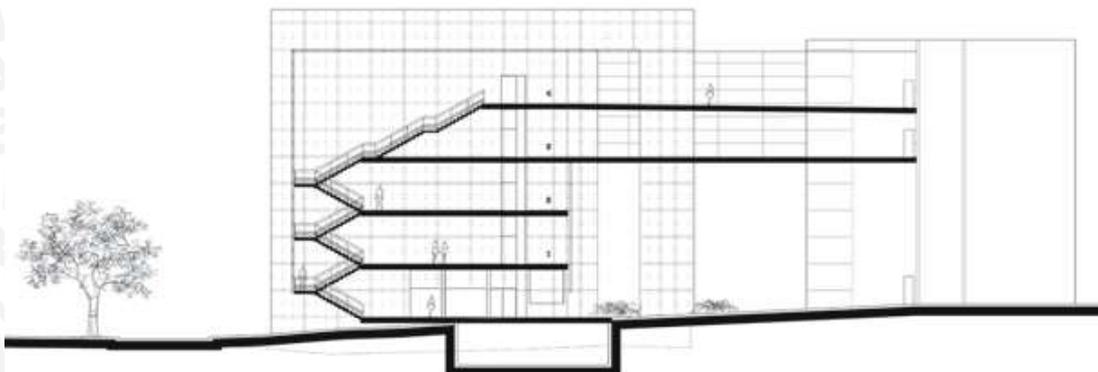
Gambar 2.35 Skema sirkulasi bangunan lama dan bangunan baru
Sumber: Rahmadhani, 2010

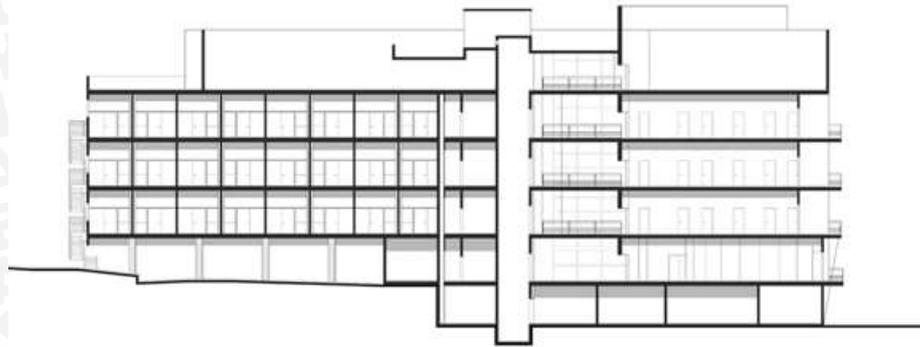


Gambar 2.36 Modul laboratorium
Sumber: Rahmadhani, 2010

Laboratorium transgenik dilengkapi dengan fasilitas perpustakaan, kantor, kebun palm, ruang administrasi dll pada lantai dasar.

Bangunan ini menggunakan material beton ekspos yang dikombinasikan dengan material kaca untuk dinding dan partisi, terdapat pula sccondary skin pada sisi bangunan. Material beton ekspos yang terdapa di kedua sisi bangunan mengasilkkan poyeksi ke dalam interior area hall.





Gambar 2.37 Potongan bangunan
Sumber: Rahmadhani, 2010



Gambar 2.38 Interior bangunan
Sumber: Rahmadhani, 2010

2.6.3 Laboratorium Fakultas Kehutanan UGM

Laboratorium fakultas kehutanan merupakan fasilitas budidaya tanaman hutan yang dimiliki oleh Universitas Gajah Mada yang berlokasi di Jl. Agro, Bulaksumur, Jogjakarta. Beberapa laboratorium-laboratorium yang dimiliki fakultas kehutanan produksi budidaya tanaman hutan sama dengan laboratorium yang digunakan untuk pertanian, antara lain:

A. Laboratorium pemuliaan tanaman

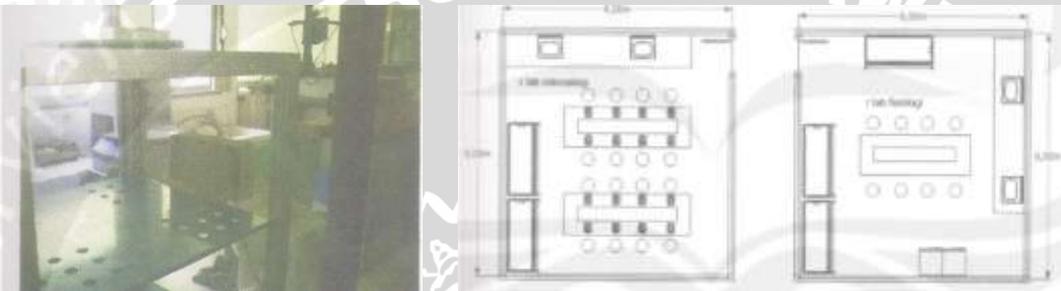
Laboratorium ini berisi kegiatan penelitian yang mengkaji susunan genetik pada tanaman agar dapat memiliki sifat dan karakteristik berdasarkan perbaikan kualitas produk yang diharapkan.



Gambar 2.39 Laboratorium pemuliaan tanaman
 Sumber: Prabawa, 2014

B. Laboratorium Fisiologi

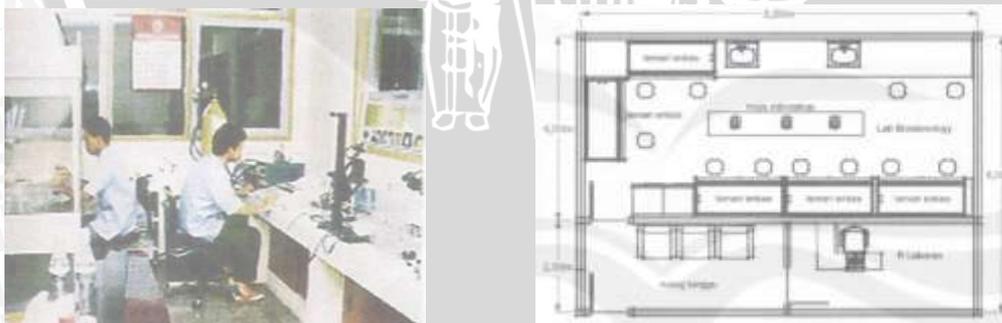
Laboratorium ini mempelajari sistem kehidupan didalam tubuh tumbuhan dan mempelajari pertumbuhan bentuk fisik pada tumbuhan. Objek kajian dalam laboratorium ini adalah organ dan sel tumbuhan.



Gambar 2.40 laboratorium fisiologi
 Sumber: Prabawa, 2014

C. Laboratorium Bioteknologi

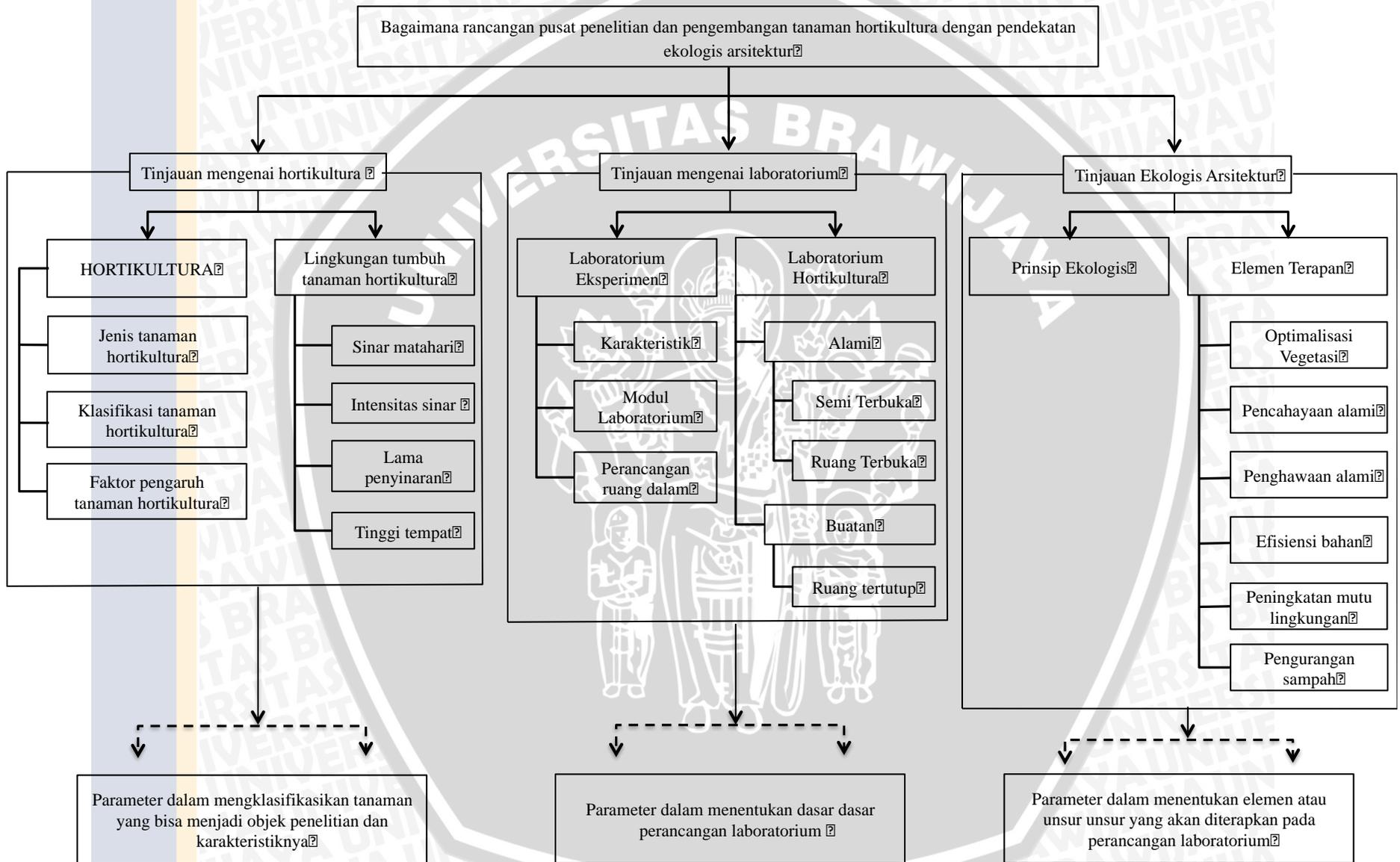
Merupakan kegiatan penelitian mengenai teknologi pembibitan tanaman hutan, guna memperoleh bibit yang lebih baik tahan lama, dan kuat terhadap penyakit/bakteri tanaman.



Gambar 2.41 Laboratorium bioteknologi
 Sumber: Prabawa, 2014

Tabel 2.5 Studi Komparasi

	INRA <i>Research Laboratories</i>	<i>Beefer Building</i> , Riset Molekul Genetika
	INRA <i>Research Laboratories</i> merupakan bangunan penelitian yang mempelajari ekologi dan genomik hutan (studi mengenai hutan dan hasil hutan)	Merupakan bangunan penelitian mengenai molekul genetika dan penyakit kanker
Tata massa	 <p>Bangunan ini merupakan pengembangan dari bangunan sebelumnya, namun pengembangan hanya terdapat pada satu massa dan bentuk bangunan ini cenderung tipis</p>	 <p>Sama halnya seperti INRA beffer building ini juga merupakan massa tunggal. Massa bangunan ini juga dirancang tipis dengan satu koridor di tengah antara ruang laboratorium.</p>
Topografi	 <p>Topografi bangunan berada pada tanah yang datar</p>	 <p>Topografi tapak bangunan ini cenderung berkontur landai dan menurun</p>
Struktur bangunan, material dan bahan	 <p>Seluruh struktur bangunan ini menggunakan struktur kayu, yang merupakan interpretasi eco-konstruksi, material yang digunakan pun berupa bilah-bilsh kayu dan dilengkapi dengan material kaca dan membran plastik EFTE</p>	 <p>Keseluruhan bangunan ini menggunakan struktur beton dengan mengekspos beton tersebut dan material kaca untuk dinding dan partisi.</p>
Pencahayaan dan penghawaan	 <p>Bangunan ini menggunakan pencahayaan alami pada sisi bangunan dan menggunakan jenis pencahayaan skylight pada bagian atas atrium yang menjadi penghubung antara bangunan lama dan bangunan baru (gambar potongan bangunan)</p>	 <p>Penggunaan pencahayaan alami diterapkan pada bangunan ini</p>



Gambar 2.42 Kerangka teori