

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Kajian Teori**

#### **2.1. Bioteknologi**

Bioteknologi adalah kolaborasi antara prinsip dari biologi, kimia, dan teknologi untuk mengembangkan dan mengaplikasikan produk atau proses yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi mencakup pemanfaatan organisme hidup, sel, dan sistem biologis untuk menghasilkan solusi yang dapat digunakan dalam berbagai bidang, termasuk kesehatan, pertanian, lingkungan, dan industri. Bioteknologi sudah lama dikembangkan di Indonesia namun penelitian dan pengembangan bioteknologi umum di Indonesia masih menghadapi tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya dukungan dari pemerintah dan industri untuk penelitian bioteknologi. Meski ada dana penelitian yang tersedia, hanya penelitian yang menguntungkan secara finansial yang mendapatkan keistimewaan dari pemerintah atau industri, sementara penelitian yang tidak menguntungkan biasanya menjadi tertinggal. Menurut "*Biotechnology Innovation Scorecard*" dari ThinkBiotech, Indonesia mendapatkan skor 16.4/100, yang menempatkannya di posisi ke-52 dari 54 negara yang diteliti. Skor tersebut dibuat berdasarkan beberapa faktor, termasuk perlindungan hak kekayaan intelektual, intensitas, dukungan bisnis, pendidikan dan tenaga kerja, dan stabilitas politik.

##### **2.1.1 Biodegradasi Plastik**

Plastik adalah produk yang digunakan di hampir setiap bidang kehidupan di seluruh dunia. Plastik banyak digunakan karena kekuatan materialnya, bobotnya yang ringan dan daya tahannya. Dalam upaya mengimbangi produksi plastik untuk kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari – hari, diperlukannya pengolahan limbah plastik. Metode yang dapat diterapkan adalah dengan mengurainya atau mendegradasinya. Tetapi seperti yang diketahui, dari sifat karakter daya tahan plastik ini menjadi penyebab plastik tahan akan degradasi. Namun, telah ditemukan mikroorganisme di tempat pembuangan sampah yang menjadi agen dalam mendegradasi limbah plastik (Zhu, Wang, & Wei, 2021).

Mendegradasi dengan bantuan alami atau biodegradasi tentunya menjadi salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan limbah yang ada di Indonesia

### **2.1.2 Biodegradasi Menggunakan Mikroorganism**

Penelitian telah Seluruh mikroorganism yang dapat menguraikan plastik terdapat di tempat pembuangan sampah dan pusat pengolahan sampah, hal ini menunjukkan bahwa mereka telah beradaptasi dengan lingkungan yang penuh dengan sampah plastik. Adaptasi ini mencakup cara mereka memperoleh nutrisi untuk kelangsungan hidup dan reproduksi. Mikroorganism memperoleh nutrisi dengan memecah rantai kimia panjang atau polimer plastik menjadi senyawa monomer yang lebih kecil. (Alshehrei, 2017). Proses ini sebagai landasan ide riset dan pengembangan mikroorganism sebagai agen bioremediasi untuk mengolah limbah plastik. (Abidin, Wahdaniar, Febrianti, & Syarifah, 2023)

#### ● **2.1.3 Pengembangan mikroorganism pengurai plastik**

Isolasi bakteri tanah di sekitar tempat pembuangan sampah untuk mendapatkan kultur murni, termasuk mikroorganism sederhana yang dapat menguraikan plastik. Bakteri yang diisolasi dari tanah TPA memberikan kriteria untuk memilih bakteri yang cocok untuk degradasi plastik (Priyanka & Archana, 2011). Maksud dari pengisolasian bakteri juga berguna untuk memisahkan dengan bakteri tanah biasa. Bakteri yang telah lama berada dalam tanah yang telah terkontaminasi salah satu jenis plastik tidak memerlukan penyesuaian untuk mendegradasi plastik dari jenis plastik yang telah mengkontaminasinya. Bakteri ini sudah beradaptasi dengan tanah dan terbiasa menguraikan plastik sebagai sumber karbon. Bakteri yang diisolasi disinari ultraviolet (UV) untuk bermutasi dan untuk menguji efek setara radiasi UV-A terhadap kemampuan bakteri dalam mendegradasi plastik. (Permana, 2020). Meskipun penelitian mengenai bioteknologi pengurai sampah plastik terus berkembang, beberapa tantangan masih harus diatasi, termasuk efisiensi proses, skalabilitas, dan dampak lingkungan dari mikroorganism atau enzim yang digunakan. Selain itu, implementasi solusi ini juga memerlukan pemahaman yang mendalam tentang pengelolaan limbah dan praktik-praktik berkelanjutan dengan fasilitas riset pengembangan berupa

laboratorium bioteknologi yang dirancang secara spesifik untuk perihal pengembangan bakteri pengurai limbah

#### **2.1.4 Pengelolaan air limbah**

Penurunan kualitas sumber daya air secara terus-menerus, yang merupakan masalah serius yang menjadi perhatian global. Maka dari itu semua permasalahan pengolahan air limbah dan penggunaan kembali air merupakan hal yang sangat penting, terutama di wilayah dimana kekurangan sumber daya air. Di banyak daerah di Indonesia dengan keterbatasan lingkungan dan ditambah dengan beberapa kali kekeringan yang berkepanjangan akibat dampak perubahan iklim, telah menyebabkan masyarakat mempertimbangkan penggunaan air olahan sebagai sumber air tambahan untuk penggunaan tanpa persyaratan kualitas air minum. Dengan tidak adanya standar persyaratan yang dipakai masyarakat di daerah - daerah maka banyak terserang penyakit akibat air yang tercemar seperti diare. Salah satu metode pengolahan sampah yang paling banyak digunakan adalah pengolahan sampah dengan menggunakan bioteknologi. Pemurnian air dengan bantuan bioteknologi ini lebih banyak manfaatnya karena tidak menggunakan zat kimia dalam proses pemurniannya yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Proses khusus menggunakan bakteri untuk menguraikan limbah industri, sehingga menghasilkan air limbah yang sama sekali tidak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Teknologi jenis ini saat ini sedang populer di negara-negara Eropa. Pemilihan zat-zat bioteknologi merupakan salah satu aspek utama untuk menghindari dampak negatif pada pengolahan limbah. Ada beberapa cara bioteknologi dapat digunakan dalam pengelolaan limbah:

1. *Phytoremediation*: Teknologi ini menggunakan tanaman untuk menghilangkan, mendegradasi, atau mengandung kontaminan dalam tanah, lumpur, sedimen, air permukaan, dan air tanah. Teknologi ini bisa digunakan sebagai alternatif atau teknologi pelengkap terhadap teknologi pemurnian konvensional dan juga ramah lingkungan karena menggunakan kemampuan alami tanaman.
2. *Living Machines*: Ini adalah ekosistem akuatik polikultur yang dirancang untuk berkembang. Ekosistem ini terdiri dari berbagai spesies organisme

yang populasinya berubah sesuai dengan campuran nutrisi dari aliran limbah. Teknologi ini telah digunakan untuk mengobati air limbah perkotaan dan limbah industri.

3. *Biological Treatment Systems*: Perusahaan di Belanda telah mengembangkan sistem pengolahan biologis untuk air di fasilitas pemrosesan sayurannya yang telah mengurangi penggunaan air sebesar 50%. Di Jerman, perusahaan Cereol telah menerapkan sistem berbasis enzim untuk *degumming* minyak jagung selama penyaringan setelah ekstraksi. Proses ini berarti bahwa perusahaan tidak lagi perlu menggunakan asam sulfur, asam fosfor, soda basa atau volume besar air (Greentumble, 2017).
4. *Composting*: Komposing adalah metode bioteknologi untuk dekomposisi organik limbah padat dalam lingkungan yang terkontrol oleh mikroba.
5. *Bioremediation*: Metode ini menggunakan organisme hidup untuk menghilangkan kontaminan dari tanah, lumpur, dan air tanah.
6. *Biodegradation*: Metode ini mempertimbangkan organisme biologis untuk mendegradasi limbah padat (Farid, et al., 2023).

Semua metode ini membantu dalam mengurangi risiko daerah yang terkontaminasi, membersihkan air, tanah, dan udara, atau menggunakan kembali air limbah.

## **2.2 Laboratorium Mikrobiologi**

### **2.2.1 Pengertian Laboratorium**

Laboratorium merupakan sarana untuk melakukan kegiatan penelitian, pengamatan hingga eksperimen. Mikrobiologi adalah bagian dari biologi yang mempelajari organisme kecil yang tidak terlihat oleh mata manusia. Mikroorganisme termasuk bakteri, virus, fungi, protozoa, alga mikroskopis dan mikrobiologi menuju bioteknologi. Mikrobiologi mencakup berbagai aspek yang berkaitan dengan karakterisasi, struktur, fungsi, serta interaksi mikroorganisme dengan lingkungannya. (Ramdhani & Supriyatna, 2023). Peralatan khusus yang

digunakan dalam semua penelitian meliputi *Laminar Air Flow*, *autoclave*, inkubator, oven, kulkas, serta *colony counter* untuk menghitung koloni bakteri. Laboratorium harus memiliki ventilasi dan diorientasikan tidak menghadap dari bangunan non-laboratorium untuk mencegah penyebaran kontaminan dan gas berbahaya (Gunawan, 2019). Sarana laboratorium harus steril untuk menghindari terjadi kontaminasi organisme asing yang tidak diinginkan maupun tercemarnya lingkungan akibat mikroorganisme yang keluar tanpa sengaja dari sarana laboratorium. Untuk mencegah hal itu terjadi, laboratorium memiliki sistem keamanan yang disebut sebagai *biosafety level*. Laboratorium *biosafety level* ini dibagi menjadi empat tingkatan yaitu *biosafety level 1*, *biosafety level 2*, *biosafety level 3*, *biosafety level 4*.

### **2.2.2. Laboratorium Biosafety Level**

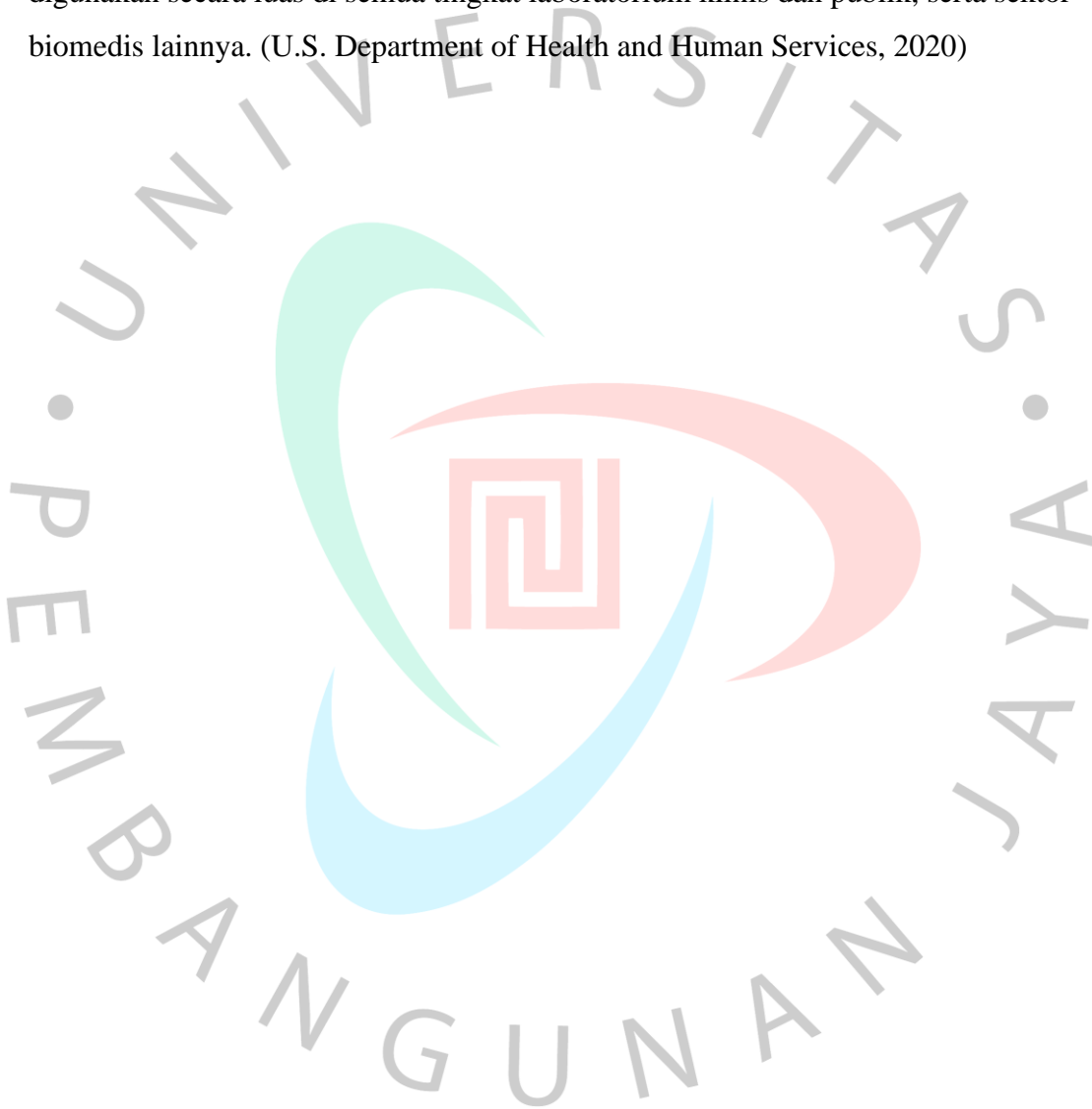
Laboratorium *biosafety* adalah tempat dimana tindakan yang melibatkan agen biologis dilakukan dengan hati-hati untuk mencegah kontaminasi dan penularan penyakit. Tindakan ini melibatkan penempatan dan desain laboratorium, perlengkapan pribadi, dan prosedur kesehatan lainnya (World Health Organization, 2020)

Terdapat empat tingkat biosafety level yang digunakan dalam laboratorium biosafety:

1. Level 1: Tidak ada perlindungan fisik tambahan diperlukan. Hasil pengujian tidak perlu disimpan dalam ruangan yang terisolasi. Contohnya adalah tindakan seperti pemeriksaan darah atau urin.
2. Level 2: Perlindungan fisik tambahan diperlukan. Misalnya, semua kegiatan harus dilakukan dalam ruangan yang terisolasi, dan semua peralatan dan logistik harus ditransportasikan ke dalam ruangan tersebut.
3. Level 3: Perlindungan fisik dan personal lebih ketat diperlukan. Semua personel harus mengenakan pakaian kerja yang aman dan menjalankan prosedur kesehatan lainnya. Semua materi yang keluar dari ruangan harus didekontaminasi.

4. Level 4: Perlindungan fisik dan personal sangat ketat diperlukan. Semua personel harus mengenakan *suits* tekanan positif dan semua kegiatan harus dilakukan dalam ruangan yang terisolasi (World Health Organization, 2020)

*Manual Biosafety Laboratory* (LBM) standar yang dibuat WHO telah digunakan secara luas di semua tingkat laboratorium klinis dan publik, serta sektor biomedis lainnya. (U.S. Department of Health and Human Services, 2020)





**CDC 24/7 4 BIOSAFETY LAB LEVELS**

**BSL1**

- 1 controlled access
- 2 hand washing sink
- 3 sharp hazards warning policy
- 4 personal protective equipment
- 5 laboratory bench
- 6 autoclave

**BSL2**

- 1 controlled access
- 2 hand washing sink
- 3 sharp hazards warning policy
- 4 physical containment device
- 5 personal protective equipment
- 6 laboratory bench
- 7 autoclave

**BSL3 (WITH RISK-BASED ENHANCEMENTS)**

**AIR TIGHT (WHEN DISINFECTING)**

- 1 self-closing double-door access
- 2 controlled access
- 3 personal shower out
- 4 sharp hazards warning policy
- 5 hand washing sink
- 6 sealed penetrations
- 7 physical containment device
- 8 powered air purifying respirator
- 9 laboratory bench
- 10 autoclave
- 11 exhaust HEPA filter
- 12 effluent decontamination system

**BSL4**

**AIR TIGHT**

- 1 self-closing double-door access
- 2 controlled access
- 3 sharp hazards warning policy
- 4 hand washing sink
- 5 sealed penetrations
- 6 physical containment device
- 7 positive pressure protective suit
- 8 laboratory bench
- 9 autoclave
- 10 chemical shower out
- 11 personal shower out
- 12 supply and exhaust HEPA filters
- 13 effluent decontamination system

● Required safety equipment ● Risk-based enhancements

[www.cdc.gov/24-7](http://www.cdc.gov/24-7)

Gambar 2.1 Laboratorium Biosafety Level

Sumber : Centers for Disease Control and Prevention National Institutes of Health,  
U.S. Department of Health and Human Services





Laboratorium bioteknologi adalah fasilitas yang dilengkapi dengan berbagai peralatan dan fasilitas khusus yang dirancang untuk penelitian dan pengembangan dalam bidang bioteknologi. Beberapa fasilitas penting di dalam laboratorium bioteknologi meliputi:

1. *Core* Laboratorium
2. Laboratorium penunjang
3. Peralatan Pemrosesan: Peralatan ini digunakan untuk mengolah dan mengubah bahan mentah menjadi produk akhir. Ini bisa termasuk mesin dan alat lainnya seperti pembeku, pemanas, dan pemadat.
4. Alat Analisis: Alat ini digunakan untuk menguji sifat dan kualitas produk. Contoh alat analisis meliputi spektroskop, termometer, dan pH meter. Beberapa alatnya sebagai berikut :
  - *Laminar Air Flow Cabinets*: Untuk bekerja dengan sampel dalam lingkungan yang steril dan bebas dari kontaminasi.
  - *Autoklaf* dan *Oven Sterilisasi*: Digunakan untuk mensterilkan alat dan media.
  - Inkubator dan *Shaker* Inkubator: Untuk menginkubasi sampel pada suhu yang dikontrol dan seringkali dengan gerakan mengocok.
  - Sentrifugal : Untuk memisahkan komponen sel berdasarkan densitas dengan menggunakan kecepatan putaran yang tinggi.
  - *PCR Machines (Thermal Cyclers)*: Untuk melakukan reaksi rantai polimerase, teknik yang penting dalam genetika molekuler.
  - *Gel Electrophoresis Equipment*: Memisahkan molekul DNA, RNA, dan protein menurut ukuran dan muatannya..

- Spektrofotometri: Untuk mengukur konsentrasi DNA, RNA, atau protein dalam sampel.
  - Mikroskop : Termasuk mikroskop cahaya dan mikroskop elektron, untuk mengamati sampel pada tingkat seluler.
  - *Biosafety Cabinets*: Untuk bekerja dengan sampel yang berpotensi berbahaya atau patogen dalam lingkungan yang aman.
  - Sistem BioInformatik: Komputer dengan software khusus untuk analisis data genetik dan molekuler.
  - Bioreaktor : Untuk kultivasi sel dan produksi produk bioteknologi dalam skala besar.
  - *Flow Cytometers*: Alat untuk menganalisis sifat fisik dan kimia sel atau partikel lain.
  - Ruang Management Informasi Untuk mengelola data, inventaris, dan logistik laboratorium.
  - Fasilitas Rekayasa Genetika : Area khusus untuk eksperimen rekayasa genetika, termasuk transfer gen.
5. Tempat Penyimpanan: Tempat penyimpanan yang aman dan terorganisir sangat penting untuk menyimpan bahan kimia dan peralatan penting lainnya.
  6. Ruang Biosafety: Ruang biosafety digunakan untuk melindungi personel dan lingkungan dari agen biologis berbahaya. Ruangan ini harus dilengkapi dengan sistem pengumpulan udara dan sistem pencahayaan yang tepat.
  7. Inkubator CO<sub>2</sub>: Inkubator CO<sub>2</sub> digunakan untuk mengembangkan dan merawat sel-sel dalam bioteknologi. Inkubator ini dilengkapi dengan perangkat pemantauan CO<sub>2</sub> yang mengontrol jumlah CO<sub>2</sub> dalam ruang penyimpanan dengan rak perforasi untuk memungkinkan aliran udara, dan wadah air untuk menjaga kelembaban.

8. Peralatan Pelindung Diri (PPE): Peralatan pelindung diri seperti masker, tabir, dan jaket pelindung juga merupakan bagian penting dari fasilitas laboratorium bioteknologi.
9. Ruang Kantor: Ruang kantor dekat dengan laboratorium membantu personel untuk terlibat secara langsung dalam proses penelitian dan pengembangan. Ruang kantor ini juga menyediakan tempat untuk makan dan istirahat. Hampir semua personel laboratorium memerlukan dukungan ruang laboratorium dan kantor. Kebutuhan untuk keamanan personel, teknologi yang penelitiannya berbasis komputer dan pemantauan data di luar laboratorium, serta kebutuhan untuk interaksi yang lebih baik antara peneliti dan pekerja kantor yang ditempatkan di luar lingkungan laboratorium. Laboratorium modern sering memiliki ruang yang berdekatan yang mencakup laboratorium basah, laboratorium komputer, instrumen, ruang kerja, area kantor, dan ruang lain dengan tingkat penggunaan dan bahaya bahan kimia yang berbeda-beda. Mempertahankan budaya keselamatan yang baik dan pada saat yang sama memenuhi kebutuhan keselamatan dan kenyamanan personel laboratorium
10. Fasilitas untuk penunjang seperti ruang konferensi, auditorium, ruang visitor, klinik dengan ruang gawat darurat.

Laboratorium bioteknologi juga harus mematuhi standar keselamatan dan kebersihan yang ketat untuk mencegah kontaminasi dan menjaga integritas sampel serta keselamatan personil laboratorium.

#### **2.2.4.1 Persyaratan Laboratorium**

Sirkulasi ruang laboratorium merujuk pada bagaimana air dan udara bergerak di dalam dan antara ruang laboratorium. Hal ini penting untuk mengendalikan kebisingan, konsentrasi udara, dan distribusi panas dan dingin. Selain sirkulasi udara dan air, irkulasi ruang gerak manusia di ruang laboratorium merujuk pada pola pergerakan manusia di dalam ruang laboratorium. Desain sirkulasi ini sangat penting untuk mencapai efisiensi, keamanan, dan kenyamanan dalam lingkungan

laboratorium. Desain tata letak laboratorium bioteknologi yang efektif untuk sirkulasi manusia memerlukan alur kerja dan kebutuhan operasional yang baik. Alur kerja di dalam bangunan fasilitas riset dan pengembangan ini harus di desain dengan alur linear. Sirkulasi linear dalam konteks ruang laboratorium kepada desain dan layout ruangan yang mengarahkan aktivitas pengguna secara berurutan dari satu area ke area lainnya. Ini sering digunakan dalam ruang laboratorium untuk memandu pengguna melalui proses penelitian atau pengumpulan data.

Sistem ventilasi laboratorium digunakan untuk mengontrol senyawa di udara di dalam laboratorium. Sistem ventilasi laboratorium yang baik setidaknya harus menyediakan pemanasan dan pendinginan yang cukup untuk kenyamanan personel laboratorium dan pengoperasian peralatan laboratorium. Untuk menjaga tekanan negatif antara laboratorium dan ruang non-laboratorium yang berdekatan, harus ada perbedaan antara jumlah udara yang dihasilkan di laboratorium dan jumlah udara yang disuplai ke laboratorium (National Research Council (US) Committee on Prudent Practices in the Laboratory., 2011)

#### **2.2.4.2 Ruang Adaptif**

Perubahan Ruang Kerja, Frekuensi perubahan penggunaan laboratorium membuat ruangan ini harus menyediakan kabinet alat lab dan ruang kerja yang dapat dipindahkan dan disesuaikan dengan cepat. Meskipun beberapa ruang kerja dan beberapa area akan menjadi elemen tetap dalam laboratorium, ada beberapa opsi yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan adaptabilitas untuk berbagai jenis penelitian (National Research Council (US) Committee on Prudent Practices in the Laboratory., 2011). Ruang laboratorium mikrobiologi harus dirancang untuk adaptabilitas, yang berarti kemampuannya untuk berubah dan menyesuaikan diri dengan perubahan seiring waktu. Ada beberapa prinsip utama yang harus dipertimbangkan saat merancang ruang laboratorium untuk adaptabilitas:

1. **Fleksibilitas:** Ruang laboratorium harus dirancang dengan fleksibilitas yang memungkinkan perubahan operasional, seperti perubahan dalam praktik kerja. Misalnya, perubahan fungsi ruang dari lab sampel menjadi lab pengembangan (Gainer, 2024)

2. **Konversibilitas:** Kemampuan untuk mengubah ruang menjadi fungsi yang berbeda. Misalnya, mengubah ruang kerja sebagai laboratorium menjadi ruang kontrol atau administrasi (Gainer, 2024)
3. **Ekspensibilitas:** Kemampuan untuk memperluas ruang laboratorium dan fungsionalitas fasilitas penelitian spesifik. Misalnya, menambahkan lebih banyak ruang atau peralatan (Gainer, 2024).
4. **Pemilihan Peralatan Lab yang Dapat Diganti:** Peralatan lab harus dirancang dengan standar maksimum dan komponen yang dapat diganti dan disesuaikan. Hal ini memudahkan perubahan pada tugas dan aktivitas laboratorium (Gainer, 2024).
5. **Perencanaan Masa Depan:** Merancang ruang laboratorium dengan mempertimbangkan perkembangan teknologi masa depan, seperti otomatisasi dan robotika. Misalnya, desain dengan peningkatan infrastruktur utilitas (AIS Life Sciences, 2024).
6. **Desain Modular:** Desain modular memungkinkan pembagian laboratorium menjadi sistem-sistem yang lebih kecil yang dapat dimodifikasi dan digantikan satu sama lain. Ini sangat penting untuk lingkungan laboratorium yang siap untuk masa depan (AIS Life Sciences, 2024).
7. **Layout Lab yang Fleksibel:** Optimalisasi ruang yang ada adalah kunci untuk integrasi peralatan otomatis. Menggunakan layout lab yang terbuka dan fleksibel memungkinkan penempatan untuk memobilisasi peralatan dan penyesuaian minimal saat perubahan atau penambahan peralatan (AIS Life Sciences, 2024).

Mengikuti prinsip-prinsip ini akan membantu dalam merancang ruang laboratorium mikrobiologi yang adaptabilitasnya tinggi dan siap untuk perubahan dan perkembangan teknologi yang lebih mutakhir dimasa yang akan datang.



### 2.2.5. Kesehatan, Keamanan, Kerja

Keselamatan kerja (K3) di laboratorium adalah hal yang wajib didalam laboratorium untuk keamanan kerja dan sehat bebas dari pencemaran lingkungan dan kecelakaan kerja, dengan tujuan dapat mengoptimalkan efisiensi dan produktivitas kerja. Berikut ini aspek penting yang terkait dengan K3 di laboratorium berdasarkan informasi dari sumber yang diberikan :

- Standar Ruang Laboratorium: Ruang harus memenuhi standar keselamatan tertentu terkhusus untuk laboratorium biosafety level. Semua aspek perlu diperhatikan termasuk kondisi ruangan, susunan ruangan yang tertata sesuai dengan alur kerja, sistem ventilasi yang baik untuk sirkulasi udara yang sehat, serta kelengkapan peralatan keselamatan, pemadam kebakaran, petugas medis yang mudah diakses, hingga jalur evakuasi yang aman dan efisien (Rahmantiyoko, Sunarmi, Rahmah, Sopet, & Slamet, 2019).
- Mengatur jalur evakuasi ruang laboratorium melibatkan serangkaian langkah yang harus dipertimbangkan untuk memastikan keamanan dan efisiensi evakuasi. Menentukan titik pertemuan yang telah ditetapkan sebagai tempat di mana individu akan bertemu setelah evakuasi. Rute Evakuasi Utama dan Alternatif Setiap bangunan harus memiliki titik pertemuan yang ditetapkan di mana individu akan evakuasi. Setiap orang yang bekerja pada fasilitas ini harus memastikan bahwa semua personel laboratorium familiar dengan cara tercepat dan aman untuk meninggalkan bangunan dan di mana harus bertemu (Rahmantiyoko, Sunarmi, Rahmah, Sopet, & Slamet, 2019).
- Peralatan Keselamatan Kerja: Ketersediaan peralatan keselamatan kerja seperti kotak P3K dan alat pemadam kebakaran, dan jalur evakuasi yang memadai sangat penting. Bahan kimia berbahaya harus disimpan dengan aman dan terpisah untuk mencegah reaksi yang berbahaya (Rahmantiyoko, Sunarmi, Rahmah, Sopet, & Slamet, 2019)

- Pengelolaan bahan kimia dengan aman, termasuk penyimpanan, penanganan, dan pembuangan yang benar. Pengelolaan ini memerlukan ruang tersendiri dengan fungsi masing-masing yang berbeda.

Penerapan langkah-langkah ini membantu menciptakan suasana kerja di laboratorium yang aman, nyaman, serta stabil dan efektif, yang mendukung pembelajaran dan inovasi penelitian serta dapat bersaing di tingkat internasional.

### 2.3. Preseden

#### 2.3.1 Ri.MED Biomedical Research and Biotechnology Center (BRBC)



*Gambar 2.2 Ri.MED Biomedical Research and Biotechnology Center (BRBC)*  
Sumber : (Inhabitat, 2024)

Pusat Penelitian Biomedis dan Bioteknologi Ri.MED adalah fasilitas canggih yang menggabungkan penelitian biomedis tingkat lanjut dengan bioteknologi mutakhir. Terletak di Shanghai, Tiongkok, pusat ini merupakan bagian dari China Biomedicine Research Center (CBRC). Ri.MED Center dirancang untuk berfungsi sebagai pusat bagi para peneliti, mahasiswa, dan mitra industri. Ini menampung laboratorium dan fasilitas untuk berbagai bidang seperti genetika, biologi molekuler, biologi sel, biokimia, dan imunologi. Fasilitas-fasilitas ini

memungkinkan dilakukannya berbagai kegiatan penelitian, termasuk sintesis protein, kultur sel, dan high-throughput screening.



Gambar 2.3 Masterplan Ri.MED Biomedical Research and Biotechnology Center (BRBC)

Sumber : (Inhabitat, 2024)

Pusat Penelitian Biomedis dan Bioteknologi Ri.MED adalah fasilitas canggih yang menggabungkan penelitian biomedis tingkat lanjut dengan bioteknologi mutakhir. Terletak di Shanghai, Tiongkok, pusat ini merupakan bagian dari China Biomedicine Research Center (CBRC). Ri.MED Center dirancang untuk berfungsi sebagai pusat bagi para peneliti, mahasiswa, dan mitra industri. Ini menampung laboratorium dan fasilitas untuk berbagai bidang seperti genetika, biologi molekuler, biologi sel, biokimia, dan imunologi. Fasilitas-fasilitas ini memungkinkan dilakukannya berbagai kegiatan penelitian, termasuk sintesis protein, kultur sel, dan *high-throughput screening*.

### 2.3.2. Biotechnology Research Institute / De La Fuente + Luppi + Pieroni + Ugalde + Winter



*Gambar 2.4 Biotechnology Research Institute / De La Fuente*  
Sumber : (Archdaily, 2024)

IB, Institut Penelitian Bioteknologi, terletak di Kampus Miguelete Universitas San Martín, di Buenos Aires. Gedung seluas 4000m<sup>2</sup> ini menampung kegiatan yang berkaitan dengan sains, pendidikan, dan penelitian. Laboratorium ini terletak di dalam masterplan bersama dengan gedung pendidikan dan administrasi lainnya. Bangunan ini, dengan kehadiran volumetrik yang kuat.





Gambar 2.5 Denah *Biotechnology Research Institute / De La Fuente*  
Sumber : (Archdaily, 2024)

Ciri khas laboratorium terletak pada konsep inovatif dari denah khususnya, bebas dan terbuka, di mana laboratorium dan ruang kerja diartikulasikan oleh sirkulasi, fasilitas, dan ruang pertemuan. Tangga, *void*, jembatan dan penetrasi cahaya menjadi satu kesatuan unik yang memberikan sirkulasi suasana saat berjalan di dalamnya, dimana hubungan antar orang yang bekerja di dalam gedung tetap



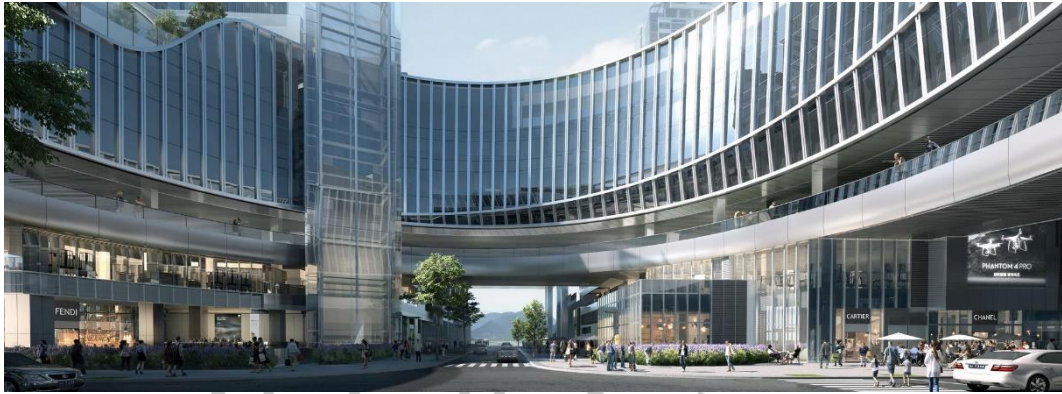
terjalin. Laboratorium terletak di lantai satu dan dua. Ruang yang luas dan memanjang memungkinkan pengembangan area penelitian. Ruang-ruang ini terhubung ke pengaman khusus yang memenuhi persyaratan dalam hal keselamatan dan teknologi. Area untuk kultur sel, *freezer*, dan *cabinet* diletakkan di sekitar ruang penelitian yang lebih besar ini. Di lantai tiga terdapat *lounge* dan makan, ditambah kamar tidur untuk pengunjung sesekali.

### 2.3.3. Nanshan Science & Technology



Gambar 2.6 Nanshan Science & Technology  
Sumber : (HPP, 2024)

Konsep yang diajukan untuk 'Hutan Hujan Ekologis Industri' untuk kawasan kota baru dikembangkan oleh Arsitek HPP bekerja sama dengan Institut Umum Desain dan Penelitian Arsitektur Shenzhen Co., Ltd. (SZAD) dan AREP. Tipologi kantor dan laboratorium yang inovatif untuk *information technology* (IT), laboratorium farmasi dan kesehatan dengan bantuan kecerdasan buatan (AI).



*Gambar 2.7 Penerapan permeabilitas Nanshan Science & Technology*  
Sumber : (HPP, 2024)



*Gambar 2.8 Keterhubungan antar massa bangunan Nanshan Science & Technology*  
Sumber : (HPP, 2024)

*Platform* bangunan yang ditinggikan sepuluh hingga lima puluh meter akan menghubungkan kota dengan kawasan penelitian dan pengembangan baru. Dalam '*platform* inkubasi' ini, perusahaan-perusahaan baru akan memiliki ruang untuk tumbuh dan berkembang, namun juga mendapatkan manfaat dari perusahaan-perusahaan sekitar bangunan.





*Gambar 2.9 Lobby Nanshan Science & Technology*  
Sumber : (HPP, 2024)

Para arsitek terinspirasi oleh kekayaan, keanekaragaman, energi, dan struktur lapisan unik ekosistem hutan hujan dan menggunakan struktur ini sebagai prinsip desain dasar untuk Nanshan STIC. Hasilnya adalah sebuah kompleks industri dengan daya tarik khusus melalui pertukaran dan interaksi di berbagai tingkatan. Struktur berlapis hutan hujan diwujudkan dalam desain keseluruhan melalui tiga lapisan berikut: *the urban level* (sebagai jaringan transportasi, *lobby* kantor dan laboratorium, jalan perbelanjaan dan *conference centre* untuk bangunan tersebut., *the platform level* (ruang untuk penelitian eksperimental, kolaborasi, komunikasi, pertemuan informal, seminar, pameran produk dan kegiatan olahraga) dan *the ascending layer of the towers*. Lapisan-lapisan ini dihubungkan oleh taman yang mudah diakses oleh publik.

### 2.3.4 CBRC RiMED Center for Biotechnology & Biomedical Research, Palermo, Italy



*Gambar 2.10 Masterplan CBRC RiMED Center for Biotechnology & Biomedical Research, Palermo, Italy*

Sumber : (Davis Brody Bond, 2024)

BRBC berlokasi di barat laut Sisilia, berjarak dua kilometer dari pantai, di lokasi semi-pedesaan, dekat bandara Punta Raisi, dengan pemandangan Mediterania dan di tiga sisinya dikelilingi oleh pegunungan. Rencana lanskap yang memanfaatkan kondisi tapak yang ada dan dengan iklim sedang untuk mengarahkan bangunan secara bersamaan ke ruang kolaboratif bertingkat luar ruangan dan pemandangan luas.





*Gambar 2.11 Blockplan CBRC RiMED Center for Biotechnology & Biomedical Research, Palermo, Italy*  
 Sumber : (Davis Brody Bond, 2024)



*Gambar 2.12 Interior CBRC RiMED Center for Biotechnology & Biomedical Research, Palermo, Italy*  
 Sumber : (Davis Brody Bond, 2024)



Beberapa program penting BRBC adalah laboratorium dengan delapan departemen ditambah dukungan bersama termasuk laboratorium inti, peralatan pencitraan, vivarium, dan fasilitas untuk menunjang komunitas penelitian seperti ruang konferensi, auditorium, ruang *visitor*, dan laboratorium mitra. Konsep lingkungan laboratorium memperkuat fungsi laboratorium dan menumbuhkan rasa kebersamaan melalui ruang interaksi dalam sirkulasi, zona kantor, dan ruang publik dalam/luar ruangan. Dengan teknologi laboratorium yang *advance*, ditambah pasif *sustainability* desain melalui ventilasi dan peneduh alami, dan pembangkit listrik yang terpusat, mengurangi jejak karbon dan pemanfaatan sumber daya dari bangunan yang biasanya intensif energi.

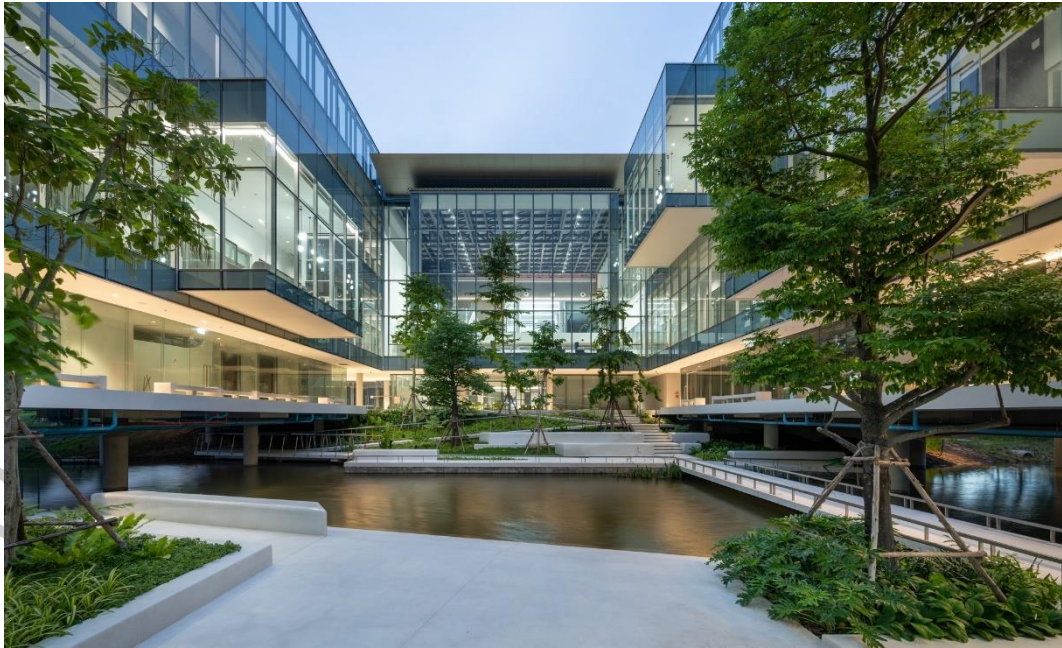
### 2.3.5 IRPC Innovation Center



Gambar 2.13 IRPC Innovation Center  
Sumber : (Archdaily, 2024)

Kompleks Kilang Petrokimia yang terintegrasi dengan pusat perintis inovasi petrokimia, menjadikannya kompleks petrokimia terintegrasi penuh pertama di Asia Tenggara. mendasarkan desain Pusat Inovasi pada tiga prinsip yaitu Laboratorium Fleksibel yang merupakan ruang yang dapat disesuaikan untuk penelitian di masa depan, Ruang *Collective Brain brainstorming spaces*, karena

inovasi yang tercipta baik di dalam maupun di luar laboratorium; dan diintegrasikan dengan arsitektur hijau.



*Gambar 2.14 Penerapan Permeabilitas IRPC Innovation Center*  
Sumber : (Archdaily, 2024)

Kompleks dengan berbentuk U, dengan ruang tengah yang menghubungkan kedua gedung penelitian, dengan *layout* seperti ini akan mengurangi jarak berjalan antara kedua bangunan. Laboratorium diorientasikan pada sumbu timur-barat untuk meminimalkan paparan panas matahari ke dalam gedung, dengan *layout* U ini memungkinkan banyak cahaya alami masuk ke ruang interior. Area publik, seperti ruang pertemuan dan ruang pameran, terletak di lantai dasar untuk memudahkan akses. Laboratorium penelitian, kantor, dan area non-publik lainnya terletak di lantai atas.

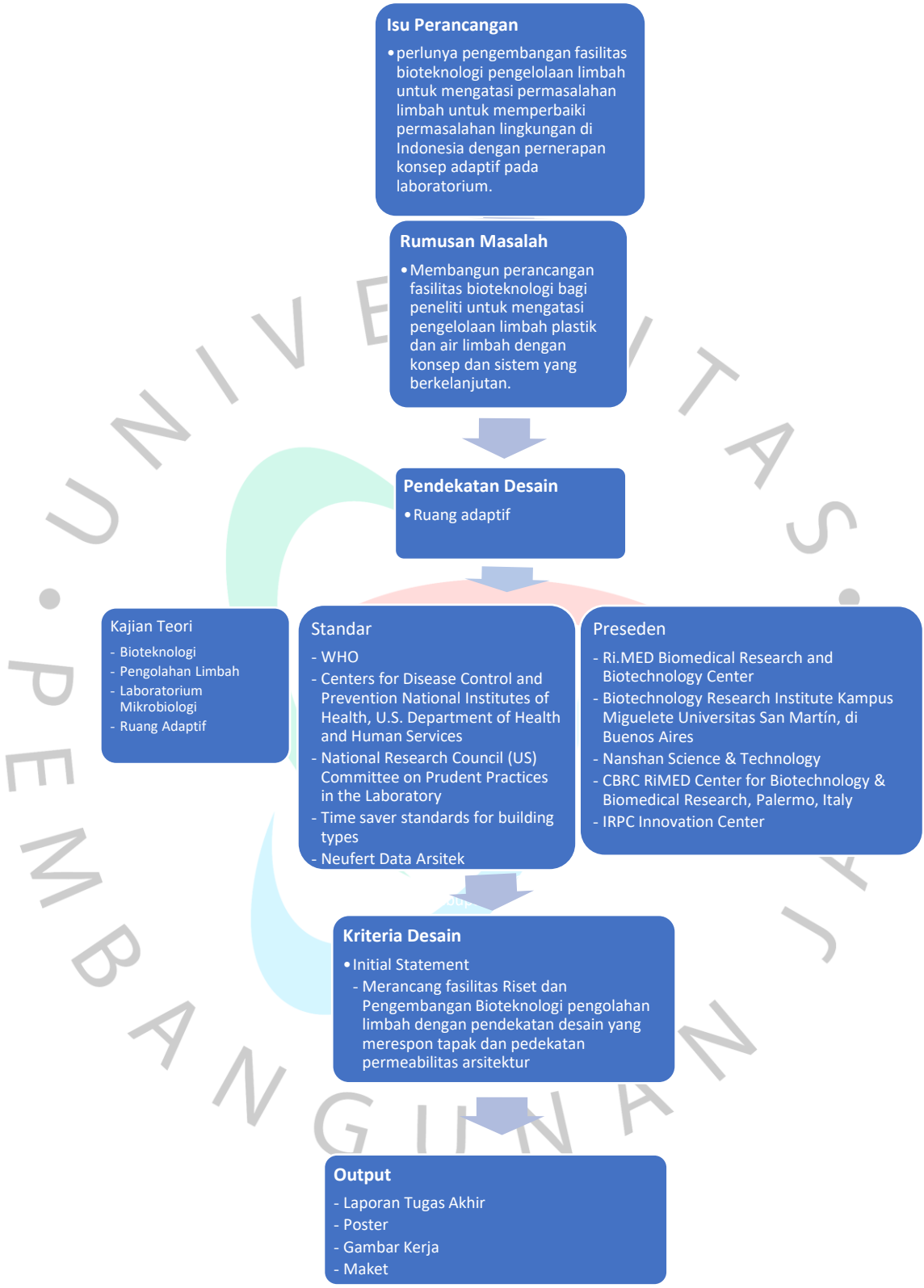


*Gambar 2.15 Skybridge IRPC Innovation Center*  
Sumber : (Archdaily, 2024)

Fasad kaca utama bangunan juga menghadap ke selatan, dengan pemandangan kawasan industri IRPC. Struktur bentang panjang mendukung pemanfaatan ruang dan memungkinkan terbentuknya jembatan yang menghubungkan kedua gedung penelitian. Jembatan ini juga berfungsi untuk menyembunyikan sistem mekanik dan kelistrikan yang membentang di antara kedua bangunan tersebut.

#### **2.4. Kerangka Pemikiran**

Dari landasan teori yang sudah dipaparkan, berikut konsep atau kerangka pemikiran sebagai berikut.





## 2.5. Kriteria Rancangan

Perancangan fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi Pengelolaan Limbah di latar belakanginya meningkatnya limbah domestik seperti plastik dan terus meningkat hingga sekarang serta air limbah Indonesia yang belum dikelola dengan baik, sehingga perlu ada program arsitektur dalam rangka mengatasi pengelolaan limbah agar lebih baik. Tapak pada perancangan Fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi Pengelolaan Limbah berada di Jalan Gunung Batu, Cijayanti, Kec. Babakan Madang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Tapaknya sendiri mempunyai luas lahan sekitar 5 ha.

Fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi Pengelolaan Limbah akan dirancang dengan Multi Massing atau lebih dari satu massa bangunan dalam tapak rancangan. Massa bangunan yang pertama yaitu gedung pengelola dan staff yang bersifat semi publik yang terdapat fasilitas semi publik di dalamnya, massa bangunan kedua adalah gedung laboratorium *biosafety* level tingkat 2, massa bangunan ketiga adalah laboratorium *biosafety* level tingkat 3, untuk massa bangunan keempat merupakan bangunan untuk servis yang menunjang kegiatan fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi Pengelolaan Limbah. Fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi Pengelolaan Limbah ini akan menerapkan sistem hirarki berdasarkan tapak yang berkontur menurun. Pada massa bangunan yang bersifat semi publik akan diletakan pada bagian atas untuk kemudahan akses semi publiknya, pada bangunan yang bersifat privat akan diletakan di bagian bawah dan seterusnya sesuai dengan tingkat keamanan dari laboratorium. Penempatan ini juga dimaksudkan untuk sirkulasi pada bangunan yang linear.

### Ruang semi Publik

Ruang semi publik ini difungsikan untuk mengakomodasi kegiatan untuk demonstrasi kegiatan yang ada pada laboratorium untuk para visitor. Selain itu pada ruang semi publik difungsikan sebagai penunjang fasilitas lab seperti ruang kepala fasilitas, ruang staff, ruang visitor, auditorium, kafetaria.

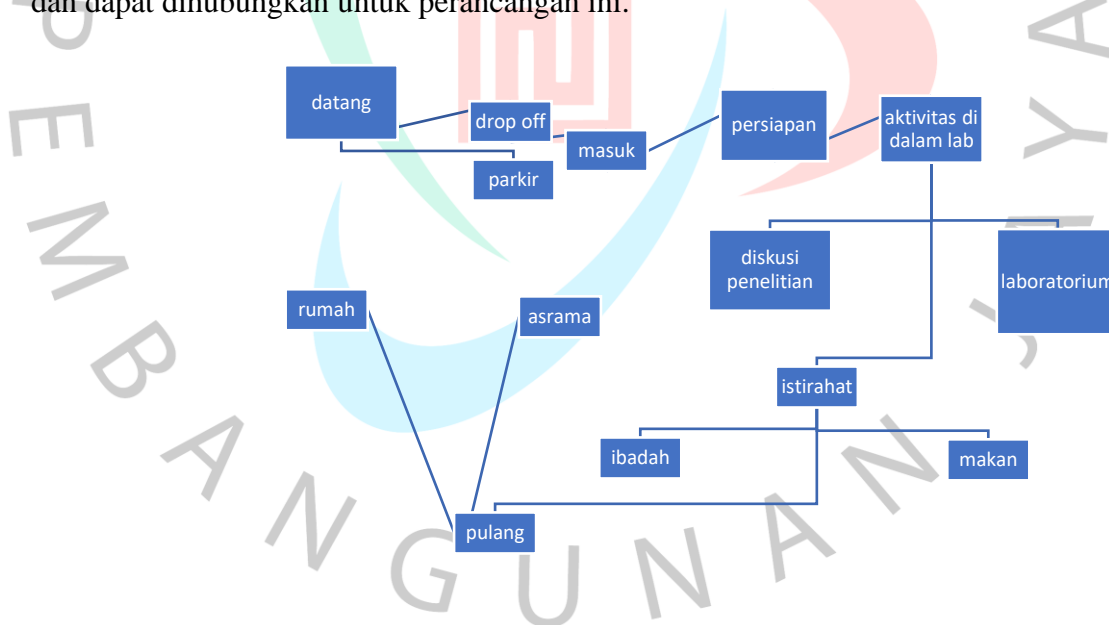
## Laboratorium *Biosafety Level 2*

Pada Laboratorium *Biosafety Level 2* yang difungsikan sebagai fasilitas riset, hingga pengembangan bioteknologi pengelolaan limbah plastik. Pada Laboratorium *Biosafety Level 2* terdiri dari 9 laboratorium yang berfokus pada riset dan pengembangan biodegradasi plastik dengan menggunakan mikroorganisme.

## Laboratorium *Biosafety Level 3*

Pada Laboratorium *Biosafety Level 3* yang difungsikan untuk penelitian, riset, hingga pengembangan bioteknologi pengelolaan air limbah. Pada Laboratorium *Biosafety Level 3* terdiri dari 11 laboratorium yang berfokus pada riset dan pengembangan pengelolaan air limbah. Pemurnian air limbah melewati beberapa tahapan untuk dapat bisa digunakan kembali menjadi air bersih.

Aktivitas pengguna bangunan juga perlu diskemakan, sehingga dari aktivitas pengguna dapat diketahui ruang-ruang apa saja yang bisa saling berkaitan dan dapat dihubungkan untuk perancangan ini.



Gambar 2.16 siklus alur kerja

Sumber : olahan pribadi

Untuk sistem alur kerja didalam laboratorium dibagi menjadi tiga bagian yaitu dimulai dari Pre-analisis, analisis, dan hasil analisis. Dalam alur kerja ini menentukan tata ruang laboratorium untuk mengatur sirkulasi yang linear didalam



laboratorium. Pada setiap proses alur kerja memiliki beberapa ruangan untuk mendukung sistem kerja yang efisien dan aman.

Sistem alur di dalam Laboratorium	Proses di dalam Laboratorium
Pre- Analisis	Pengumpulan Sampel: Ini adalah tahap awal di mana sampel dikumpulkan untuk pengujian. Metode pengumpulan tergantung pada jenis sampel yang diuji
	Inokulasi & Pelapisan: Setelah dikumpulkan, sampel diinokulasikan ke media kultur. Media tersebut kemudian ditempatkan di ruang inkubasi
Analisis	Inkubasi: Sampel diinkubasi di bawah kondisi yang terkendali
	Identifikasi: Setelah sampel dibiarkan tumbuh, sampel diidentifikasi. Ini dapat melibatkan pemeriksaan dengan bantuan alat pengindraan
hasil analisis	Setelah identifikasi, data dikumpulkan dan disimpan. Hal ini dapat mencakup pengambilan foto sampel, pencatatan pengamatan, dan penyimpanan sampel di lingkungan yang aman dan terkendali.
	setelah data terkumpul, proses selanjutnya adalah proses pengujian dengan objek yang ingin diurai atau didegradasikan

Tabel 2.1 Workflow Laboratorium

Berikut merupakan tabel kriteria rancangan pada Tabel 2.2

INDIKATOR	KOMPONEN	PENDEKATAN	KRITERIA RANCANGAN
<b>SITEPLAN</b>	<b>MASSING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hirarki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perancangan Fasilitas Riset dan Pengembangan Bioteknologi dengan <i>Multi Massing</i> atau lebih dari satu massa bangunan dalam tapak rancangan.</li> <li>Pembagian ruang</li> </ul>

			<p>berdasarkan sifat ruang dan fungsi ruang. Pembagian massa ruang dibagi menjadi semi publik dan private</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Massa bangunan ini akan menerapkan sistem hirarki berdasarkan kondisi tapak.</li> </ul>
<b>PROGRAM RUANG</b>	<b>JENIS RUANG</b>	Pembagian area Fasilitas Riset dan Penelitian Bioteknologi	<p>Pembagian massa ruang dibagi menjadi 4 massa bangunan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semi publik</li> <li>• Lab. BSL-2</li> <li>• Lab. BSL-3</li> <li>• Servis</li> </ul>
		Hirarki	<p>Massa bangunan ini akan menerapkan sistem hirarki berdasarkan kondisi tapak.</p>
	<b>LABORATORIUM</b>	Adaptif	<p>Fleksibilitas, Konversibilitas, Ekspansibilitas, dan Desain Modular</p>
	<b>SIRKULASI</b>		<p>Membagi area sirkulasi berdasarkan dengan beberapa titik temu antar masing-masing bangunan.</p>
	<b>HUBUNGAN ANTAR RUANG</b>		<p>Memudahkan pengarahannya aksesibilitas antar ruang dan antar massa bangunan</p>
	<b>KEAMANAN &amp; KESELAMATAN</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalur evakuasi utama dan alternatif</li> <li>• Klinik</li> </ul>

<b>PERFORMA</b>			Memperlihatkan bangunan yang sustainability dengan aspek alami yang diterapkan pada bangunan.
	SED		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan penghawaan alami di beberapa area</li> <li>• Memaksimalkan penggunaan cahaya alami dengan kaca berperforma</li> <li>• Water treatment</li> <li>• Solar panel</li> </ul>



## 2.5.1 Program Ruang

LAB BSL 2									
NAMA RUANG	UNIT	KAPASITAS	STANDAR /UKURAN (m2)	STANDAR UKURAN X TOTAL KEBUTUHAN (m2)	TOTAL KEBUTUHAN RUANG (m2)	SIRKULASI	TOTAL SIRKULASI (m2)	TOTAL KESELURUHAN (m2)	SUMBER
LAB SKRINING	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB BAHAN ALAM	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB ZOOLOGI	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB KIMIA	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB ANALISIS	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB OBSERVASI	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB BUDIDAYA BAKTERI / JAMUR	1	10 ORANG	0,8	8	200	50%	100	300	TSS & ASS
LAB PENGINDRAAN	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB INOKULASI	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB KOMPUTER	1	10 ORANG	0,8	8	250	30%	75	325	TSS & ASS
RUANG INKUBASI	1	8 ORANG	0,8	6,4	100	50%	50	150	TSS & ASS
INFORMATION LAB	1	10 ( orang dilayani)	1,2	12	12	30%	3,6	15,6	TSS & ASS
RUANG DISKUSI	1	54 ORANG	9 (LAB) X 6 (PERWAKILAN LAB) = 54 ORANG 54 X 0,8 = 43,2	MEJA. 2,5 X 8 = 20 KURSI. 54 X 1,5 = 81	81 + 43,2 = 124,3	30%	37,3	161,6	TSS & ASS
RUANG DEKONTAMINASI	9	8	8 X 0,8 = 6,4	8 X 6,4 = 51 X 9 = 459	459	30%	137,3	596,3	TSS & ASS
RUANG GANTI & LOKER PI	1	100 ORANG	0,8	80	80	20%	16	96	TSS & ASS
TOILETS (FEMALE)	1	10 (orang)			25	30%	7,5	32,5	NAD & ASS
TOILETS (MALE)	1	10 (orang)			30	30%	9	39	NAD & ASS
GUDANG	3	10	10x 0,8 = 8	10 x 8 = 80 x 3 = 240	240	100%	240	480	TSS
JANITOR	3	3	3 x 0,8 = 1,4	2 X 3	6	30%	1,8	7,8	NAD
TOTAL LUAS LAB BSL-2								5203,8	

Table 2.2 program ruang Lab BSL-2  
Sumber : hasil olahan pribadi



LAB BSL 3									
NAMA RUANG	UNIT	KAPASITAS	STANDAR /UKURAN (m2)	STANDAR UKURAN X TOTAL KEBUTUHAN (m2)	TOTAL KEBUTUHAN RUANG (m2)	SIRKULASI	TOTAL SIRKULASI (m2)	TOTAL KESELURUHAN (m2)	SUMBER
LAB SKRINING	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	TSS & ASS
LAB KUALITAS AIR	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	
LAB BAHAN ALAM	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	TSS & ASS
LAB HIDROLISIS	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	
LAB ANALISIS	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	TSS & ASS
LAB OBSERVASI	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	TSS & ASS
LAB VIVARIUM BAKTERI / JAMUR	1	10 ORANG	0,8	8	225	50%	100	325	TSS & ASS
LAB PENGINDRAAN	1	15 ORANG	0,8	12	250	50%	125	375	TSS & ASS
LAB INOKULASI	1	15 ORANG	0,8	12	275	50%	125	400	TSS & ASS
LAB KOMPUTER	1	10 ORANG	0,8	8	250	30%	75	325	TSS & ASS
RUANG INKUBASI	1	8 ORANG	0,8	6,4	125	50%	50	175	TSS & ASS
INFORMATION LAB	1	10 ( orang dilayani)	1,2	12	12	30%	3,6	15,6	TSS & ASS
RUANG DISKUSI	1	54 ORANG	9 (LAB) X 6 (PERWAKILAN LAB) = 54 ORANG 54 X 0,8 = 43,2	MEJA. 2,5 X 8 = 20 KURSI. 54 X 1,5 = 81	81 + 43,2 = 124,3	30%	37,3	161,6	TSS & ASS
RUANG DEKONTAMINASI	11	8	8 X 0,8 = 6,4	8 X 6,4 = 51 X 11 = 561	561	30%	168	729	TSS & ASS
RUANG GANTI & LOKER PI	1	100 ORANG	0,8	80	80	20%	16	96	TSS & ASS
TOILETS (FEMALE)	1	10 (orang)			25	30%	7,5	32,5	NAD & ASS
TOILETS (MALE)	1	10 (orang)			30	30%	9	39	NAD & ASS
GUDANG	4	10	10x 0,8 = 8	10 x 8 = 80 x 4 = 320	320	100%	320	640	TSS
JANITOR	3	3	3 x 0,8 = 1,4	2 X 3	6	30%	1,8	7,8	NAD
TOTAL LUAS LAB BSL-3								5721,5	

Tabel 2.3 program ruang Lab BSL-3  
Sumber : hasil olahan pribadi

PENUNJANG FASILITAS LAB									
NAMA RUANG	UNIT	KAPASITAS	STANDAR /UKURAN (m2)	STANDAR UKURAN X TOTAL KEBUTUHAN (m2)	TOTAL KEBUTUHAN RUANG (m2)	SIRKULASI	TOTAL SIRKULASI (m2)	TOTAL KESELURUHAN (m2)	SUMBER
COMMUNAL SPACE	1	100	0,8	80	100	30%	54	180 X 0,3 = 54 180 + 54 = 234	ASS
MESS PEKERJA	80	80	80 X 0,8 = 64	1 kamar, 2 tempat tidur 2,1 x 1 = 2,1 2,1 x 40 = 84	84 + 64 = 148	30%	44,4	192	TSS & ASS
CAFETARIA	1	350	0,8	280	350	30%	105	455	NAD
AUDITORIUM	1	200	0,8 X 200 = 160	KURSI 0,9 X 200 = 180	160 + 180 = 340	40%	136	340 + 136 = 476	TSS & ASS
KLINIK	1	15	1,2	18	18	50%	7,2	25,2	NAD, TSS & AS
MASJID	1	150	1,2	180	180	30%	54	234	ASS
PERPUSTAKAAN	1			0,5 X 400 (jumlah okupansi fasilitas) = 200	200	30%	60	260	PERPUSNAS
JANITOR	1	3	3 x 0,8 = 1,4	2	2	30%	0,6	2,6	
TOTAL LUASAN PENUNJANG LAB								1168,8	

Tabel 2.4 program ruang penunjang laboratorium  
Sumber : hasil olahan pribadi

RUANG PENGELOLA									
NAMA RUANG	UNIT	KAPASITAS	STANDAR /UKURAN (m2)	STANDAR UKURAN X TOTAL KEBUTUHAN (m2)	TOTAL KEBUTUHAN RUANG (m2)	SIRKULASI	TOTAL SIRKULASI (m2)	TOTAL KESELURUHAN (m2)	SUMBER
Lobby	1	85	0,8	68	70	30%	21	91	TSS
Ruang Tamu	1	5	0,8	4	20	40%	8	28	TSS
Ruang Kepala Pusat Riset dan Pengembangan	1	3	0,8	2,5	15	30%	4,5	19,5	TSS
Ruang Staff	1	25	0,8	20	40	30%	12	52	TSS
Ruang arsip	1	10	0,8	8	20	30%	6	26	TSS & ASS
Ruang rapat	1	30	0,8	24	50	30%	15	65	TSS & ASS
TOILETS (FEMALE)	1	10 (orang)			25	30%	7,5	32,5	NAD & ASS
TOILETS (MALE)	1	10 (orang)			30	30%	9	39	NAD & ASS
Pantry	1	5	0,8	4	5	30%	1,5	6,5	TSS & ASS
JANITOR	1	3	3 x 0,8 = 1,4	2	2	30%	0,6	2,6	TSS & ASS

Tabel 2.5 program ruang pengelola  
Sumber : hasil olahan pribadi

RUANG SERVIS									
NAMA RUANG	UNIT	KAPASITAS	STANDAR /UKURAN (m2)	STANDAR UKURAN X TOTAL KEBUTUHAN (m2)	TOTAL KEBUTUHAN RUANG (m2)	SIRKULASI	TOTAL SIRKULASI (m2)	TOTAL KESELURUHAN (m2)	SUMBER
Ruang kontrol air	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang Baterai dan Inverter	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang pusat kontrol bangun	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang Chiller	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang AHU	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang Pompa	1	5	0,8	4	50	30%	15	65	TSS & ASS
Tanki Air	1				50	30%	15	65	TSS & ASS
Tanki Air Kotor	1				50	30%	15	65	TSS & ASS
Ruang rapat	1	30	0,8	24	50	30%	15	65	TSS & ASS
Pantry	1	5	0,8	4	5	30%	1,5	6,5	TSS & ASS

*Tabel 2.6 program ruang servis*  
 Sumber : hasil olahan pribadi