



THESIS

**PERANCANGAN FASILITAS BELAJAR
BERDASARKAN KONSEP ERGONOMI RUANG
PERKULIAHAN B 103 DI UNIVERSITAS PRESIDEN**

Oleh

Ivan Mathius Alamsyah

ID No. 004201305076

**Fakultas Teknik President University
Program Studi Teknik Industri**

2017

LEMBAR REKOMENDASI PEMBIMBING

Laporan thesis ini disusun dan disampaikan oleh **Ivan Mathius Alamsyah** sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Fakultas Teknik telah diperiksa dan dianggap telah memenuhi persyaratan sebuah laporan.

Cikarang, Indonesia, Januari 2017

Ir. Andira, M.T.

**LAPORAN THESIS UNIVERSITAS PRESIDEN
CIKARANG, INDONESIA**

Oleh

Ivan Mathius Alamsyah

NIM. 004201205076

Disetujui oleh

Ir. Andira, M.T.

Dosen Pembimbing

Ir. Andira, M.T.

Kepala Program Studi Teknik Industri

ABSTRAK

Dengan semakin bertambahnya universitas-universitas baik negeri maupun swasta di Indonesia, menyebabkan persaingan di dunia institusi pendidikan semakin ketat. Hal ini menyebabkan setiap institusi pendidikan harus dapat mengelola institusinya secara professional. Ditengah melambungnya biaya kebutuhan hidup dengan biaya perkuliahan yang tinggi, banyak universitas yang lebih memprioritaskan tampilan bangunan dan ruangan yang didesain hanya mementingkan faktor kemewahan atau kemegahan saja tanpa mempertimbangkan standar ergonomi yang sudah ada untuk kenyamanan mahasiswa selama proses belajar mengajar di ruang perkuliahan tersebut. Seringkali, faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, kebisingan, pencahayaan, kapasitas ruangan, fasilitas dan infrastruktur pada ruangan perkuliahan itu sendiri pun dikorbankan atau luput dari standar ergonomi. Padahal ketidaknyamanan seseorang ketika melakukan aktivitas terutama dalam proses belajar mengajar di dalam ruangan secara tidak langsung dapat mempengaruhi aktivitas belajar mengajar di ruang perkuliahan tersebut. Bagi setiap universitas, kenyamanan pada ruang perkuliahan secara standar ergonomis merupakan hal yang vital dan harus diperhatikan.

Kata kunci : Universitas, Pendidikan, Ergonomi, Ruang Perkuliahan, Standar, Suhu, Kelembaban, Kebisingan, Pencahayaan, Kapasitas Ruangan, Fasilitas, Infrastruktur

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas karunia pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan thesis ini dengan baik dan tanpa kurang suatu apapun juga.

“*Sometimes you have to look back in order to understand the things that lie ahead (Ywonne Woon)*”. Penulis sadar bahwa laporan ini tidak mungkin selesai tanpa adanya pihak-pihak yang membantu dan mendukung penulis selama proses penyelesaian laporan ini. Karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Andira Taslim, MT yang sudah berperan banyak dalam mengajar dan membimbing penulis dari mulai awal perkuliahan hingga akhir sebagai kepala studi program teknik industri dan *thesis advisor. You are the best, Bu!*
2. Dosen-dosen *Industrial Engineering President University* : Mr. Burhan, Mam Anas, Mr. Herwan, Mr. Hery dan Prof. Yani. *Salute!*
3. “*You don’t turn your back on family*”. Terima kasih buat Papa, Mama, Ama, Kevin, Candy dan juga keluarga Om Berry (Om Berry, Tante Erni, Selvy, Lala, Bule, Neo, Lessie, Beby, Owi, Noy, Emeng). *Ohana!*
4. Chrisyela Natalia yang sudah berperan sebagai pacar dan asisten.
5. Teman-teman yang terdiri dari : Musafak dan Sobari sebagai teman satu kos yang sudah membantu dalam mengumpulkan data, Eki Nozra yang sudah membantu dalam peminjaman alat, Oktavia yang sudah membantu dalam menyelesaikan laporan, Bobby Romeo yang sudah membantu menghibur penulis di saat-saat sulit serta semua teman dan pihak yang mengenal penulis baik yang berada di *President University* maupun di Bandung.

Penulis berharap laporan ini dapat berguna di masa depan. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan laporan ini. *Xie Xie.*

Cikarang, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR REKOMENDASI PEMBIMBING	i
LAPORAN THESIS UNIVERSITAS PRESIDEN CIKARANG, INDONESIA	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	viii
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Asumsi.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II STUDI LITERATUR.....	7
2.1 Istilah Ergonomi	7
2.2 Aspek Ergonomi.....	8
2.3 Tujuan Ergonomi.....	9
2.4 Antropometri	9
2.5 Konsep Perancangan	10
2.6 Ergonomi Dalam Perancangan Fasilitas Belajar	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Flowchart.....	25
3.2 Observasi Awal	27

3.3 Identifikasi Masalah	27
3.4 Studi Literatur.....	27
3.5 Pengumpulan dan Analisis Data.....	27
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	30
BAB IV DATA DAN ANALISIS	31
4.1 Data Observasi Awal.....	31
4.1.1. Kuesoner	31
4.1.2. Hasil Kuesoner.....	32
4.2 Faktor <i>Tangible</i>	32
4.2.1 Data Faktor <i>Tangible</i>	32
4.2.2 Analisis Faktor <i>Tangible</i>	38
4.3 Faktor Lingkungan	50
4.3.1 Data Faktor Lingkungan	51
4.3.2 Analisis Faktor Lingkungan.....	54
4.4 Hasil Analisis Perbaikan.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kemampuan Reflectance Warna.....	14
Tabel 2. 2 Kategori Illuminance IESNA.....	15
Tabel 2. 3 Bobot Kategori Illuminance.....	16
Tabel 2. 4 Karakteristik Warna	18
Tabel 2. 5 Hubungan PK AC dan BTU.....	22
Tabel 4. 1 Kuesoner	31
Tabel 4. 2 Klasifikasi Bobot	32
Tabel 4. 3 Needs Kursi dan Meja Perkuliahan.....	44
Tabel 4. 4 Benchmarking	44
Tabel 4. 5 Concept Screening	45
Tabel 4. 6 Concept Scoring.....	45
Tabel 4. 7 Matriks Spesification	46
Tabel 4. 8 Data Suhu dan Kelembaban Ruangan.....	51
Tabel 4. 9 Data Intensitas Kebisingan.....	53
Tabel 4. 10 Time Permissible Noise Exposures	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Thermal Comfort Zone	12
Gambar 3. 1 Flowchart 1.....	25
Gambar 3. 2 Flowchart 2.....	26
Gambar 3. 3 Termometer Ruangan	28
Gambar 3. 4 Sound Level Meter	29
Gambar 3. 5 Light Meter.....	30
Gambar 3. 6 Layout Zona Penghitungan Tingkat Iluminasi.....	30
Gambar 4. 1 Kondisi Dosen Mengajar Tanpa Monitor 1.....	33
Gambar 4. 2 Kondisi Dosen Mengajar Tanpa Monitor 2.....	33
Gambar 4. 3 Jarak Infocus Ke Layar Saat Ini	34
Gambar 4. 4 Cara Menyalakan Infocus Saat Ini	35
Gambar 4. 5 Pantulan Bayangan di Glass Board	36
Gambar 4. 6 Pemasangan Lampu Metode Outbow	36
Gambar 4. 7 Kursi dan Meja Ruang B 103 Saat Ini	37
Gambar 4. 8 Layout Ruang B 103 Saat Ini	38
Gambar 4. 9 Kondisi Dosen Mengajar Menggunakan Monitor.....	39
Gambar 4. 10 Jarak Infocus Ke Layar Berdasarkan Perhitungan	40
Gambar 4. 11 Pemasangan Lampu Metode Inbow	41
Gambar 4. 12 Rancangan Kursi dan Meja 1	41
Gambar 4. 13 Rancangan Kursi dan Meja 2	42
Gambar 4. 14 Rancangan Kursi dan Meja 3	42
Gambar 4. 15 Rancangan Kursi dan Meja 4	43
Gambar 4. 16 Rancangan Kursi dan Meja 5	43
Gambar 4. 17 Rancangan Layout Ruang B 103.....	50
Gambar 4. 18 Tingkat Iluminasi Berdasarkan Zona	54
Gambar 4. 19 AC 2 PK Ruang B 103	56
Gambar 4. 20 AC 1 PK Ruang B 103	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, pendidikan sudah menjadi suatu kebutuhan bagi semua orang. Kebutuhan primer manusia tidak hanya terdiri dari pangan, sandang dan papan lagi, namun pendidikan juga sudah menjadi kebutuhan yang primer saat ini. Di era krisis global saat ini semua biaya kebutuhan hidup melambung tinggi termasuk juga biaya pendidikan. Ditengah melambungnya biaya kebutuhan hidup dengan biaya pendidikan yang tinggi, pembangunan universitas pun semakin banyak dilakukan. Hal ini menyebabkan tingginya persaingan antar universitas.

Namun, banyak universitas yang lebih mengutamakan tampilan bangunan dan ruangan yang didesain hanya mementingkan faktor kemewahan atau kemegahan saja. Universitas-universitas tersebut tidak mempertimbangkan standar ergonomi yang sudah ada untuk kenyamanan mahasiswanya selama proses belajar mengajar di ruang perkuliahan tersebut. Padahal ketidaknyamanan seseorang yang diakibatkan karena lingkungan sekitarnya dapat mengganggu aktivitas yang dilakukan oleh orang tersebut. Hal ini juga terjadi dalam proses belajar mengajar di dalam ruang perkuliahan, dimana ruang perkuliahan yang tidak nyaman secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kondisi psikologis orang tersebut.

Bagi setiap universitas, kenyamanan pada ruang perkuliahan merupakan hal yang vital. Hal ini dikarenakan mahasiswa bukanlah hanya sebagai target pasar dari universitas semata, melainkan juga merupakan produk yang dikembangkan menjadi lebih baik oleh universitas. Bagaimana mungkin sebuah produk dapat dikembangkan dengan baik apabila fasilitas atau infrastruktur yang ada tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Banyak hal yang tidak terlihat maupun terlihat di dalam ruang perkuliahan yang dapat meningkatkan produktivitas proses belajar mengajar misalnya temperatur ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban, kebisingan, pencahayaan, warna dominan ruangan, kapasitas ruangan, dan penataan fasilitas dan infrastruktur di dalam ruang perkuliahan. Ruang perkuliahan yang nyaman dan memenuhi standar ergonomi yang ada akan membuat mahasiswa menjadi nyaman selama proses belajar mengajar berlangsung.

Universitas Presiden merupakan salah satu universitas yang belum menerapkan standar ergonomi yang ada di dalam ruang perkuliahannya. Terdapat beberapa hal yang harus diperbaiki maupun ditambahkan di dalam ruang perkuliahan Universitas Presiden. Karena itu, mahasiswa sering sekali merasa susah berkonsentrasi, cepat lelah, mengantuk. Hal-hal ini dapat mengurangi produktivitas dan meningkatkan jumlah angka kesalahan. Ketidaknyamanan di dalam ruangan perkuliahan yang disebabkan karena temperatur yang tidak nyaman, kelembaban ruang perkuliahan yang terlalu lembab atau terlalu kering, kebisingan yang sering terjadi di dalam dan di luar kelas, pencahayaan yang tidak memenuhi standar, kapasitas ruangan yang terlalu padat dan pengadaan fasilitas dan infrastruktur yang tidak memenuhi standar dapat membuat mahasiswa yang ada di dalam kelas merasa terganggu sehingga membuat mahasiswanya sulit untuk berkonsentrasi.

Oleh karena itu, studi terhadap standar ergonomi di dalam ruang perkuliahan yang terkait dengan kenyamanan temperatur ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban, kebisingan, pencahayaan warna dominan ruangan, kapasitas ruangan dan perbaikan dan pengadaan fasilitas dan infratraktur menjadi sangat penting untuk dilakukan, karena dengan adanya studi ini, akan diketahui bagaimana tingkat kenyamanan sebagian besar pengguna yang berada dalam ruangan, sehingga untuk kedepannya dapat diberikan rekomendasi perbaikan mengenai gedung perkuliahan yang dirasa nyaman bagi para mahasiswa sehingga dapat mendukung proses belajar mengajar yang lebih baik lagi.

Universitas Presiden harus merancang ulang kembali ruang perkuliahan secara ergonomi dan peningkatan fasilitas dan infrastruktur pendidikan agar lebih baik dan dapat memenuhi tujuan dari pendidikan itu sendiri. Dalam dunia pendidikan, standar ergonomi merupakan suatu hal yang vital guna memenuhi berbagai sarana yang memenuhi standar kenyamanan yang diharapkan oleh pengelola lembaga-lembaga pendidikan.

Berdasarkan survey langsung terhadap beberapa mahasiswa secara acak terdapat beberapa usulan, masukan maupun keluhan mengenai ruang perkuliahan di Universitas Presiden :

1. Penambahan dan perbaikan infrastruktur seperti kursi dan meja, monitor PC, remote *infocus*, layar *infocus* dan lain-lain.
2. Perbaikan *glass board* karena sering menimbulkan pantulan silau dari lampu.
3. Beberapa ruangan mengalami gangguan AC bahkan hanya 1 dari 2 AC yang berfungsi.
4. Gangguan kebisingan apabila ada kegiatan mahasiswa di luar ruang perkuliahan.
5. Banyaknya kursi dan meja yang menganggur di dalam ruang perkuliahan sehingga menyebabkan ruangan penuh sesak.
6. Kursi dan meja tidak nyaman karena tidak ada sandaran tangan kiri.
7. Jarak antar kursi dan meja terlalu rapat.
8. Banyak menghabiskan waktu di awal perkuliahan untuk setting *infocus* dan layar *infocus*.

Selain itu, dilakukan pula penyebaran kuesoner mengenai ruang perkuliahan B 103 dengan hasil perhitungan total bobot kuesoner (N) yang dihasilkan adalah 356, maka keputusan yang diambil adalah perlu dilakukannya penelitian perancangan ruang perkuliahan B 103.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang terjadi di ruang perkuliahan Universitas Presiden maka dapat disimpulkan rumusan permasalahan yang menjadi objek penelitian antara lain :

Bagaimanakah perancangan fasilitas ruang perkuliahan di Universitas Presiden yang memenuhi standar-standar ergonomi terkait dengan infrastruktur, pengaturan kapasitas ruangan, warna dominan ruangan dan faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban, kebisingan dan pencahayaan di dalam ruangan sehingga dapat meningkatkan kenyamanan mahasiswa dan dosen dalam proses belajar mengajar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dengan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

Menganalisis dan merancang ulang ruang perkuliahan B 103 yang didasari oleh standar-standar ergonomis terkait dengan faktor infrastruktur, pengaturan kapasitas ruangan, warna dominan ruangan dan faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban, kebisingan dan pencahayaan di dalam ruangan sehingga dapat meningkatkan kenyamanan mahasiswa dan dosen dalam proses belajar mengajar

1.4 Batasan Masalah

Karena keterbatasan waktu dan banyak hal dalam melakukan penelitian ini, maka ruang lingkup penelitian yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan hanya dilakukan terhadap suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban, kebisingan, pencahayaan, warna dominan ruangan, pengaturan kapasitas ruangan dan infrastruktur yang berada di ruang perkuliahan.
2. Ruang perkuliahan yang dijadikan sampel penelitian adalah ruang B 103 di Universitas Presiden.

3. Pengukuran dilakukan pada kondisi ruangan dalam kuota maksimum, pada saat pintu kelas tertutup dan AC dalam keadaan menyala pada suhu 16°C.
4. Penelitian dilakukan selama 3 bulan terhitung dari bulan November 2016 – Januari 2017.
5. Penelitian tidak memperhitungkan biaya perancangan ulang ruang perkuliahan.

1.5 Asumsi

Beberapa hal yang dijadikan asumsi dalam penelitian ini antara lain :

1. Kondisi di dalam ruang perkuliahan diasumsikan normal atau yang terjadi pada saat penelitian berlangsung.
2. Beberapa faktor lingkungan dari luar ruang perkuliahan seperti suhu, kelembaban, pencahayaan dan lain-lain diasumsikan tidak mempengaruhi kondisi di dalam ruang perkuliahan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri dari lima bab. Lima bab tersebut diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri dari latar belakang yang digunakan agar mengetahui hal-hal yang menjadi permasalahan yang akan diteliti selama penelitian ini berlangsung, rumusan masalah merupakan identifikasi dari permasalahan yang akan diteliti, tujuan penelitian merupakan tujuan atau *goal* dari penelitian yang akan dilakukan, batasan masalah merupakan batasan-batasan yang diberikan oleh peneliti karena adanya keterbatasan waktu, ruang dan biaya di dalam penelitian yang dilakukan, asumsi merupakan hal-hal yang dijadikan asumsi untuk mempermudah penelitian yang akan dilakukan, sistematika penulisan merupakan sistematika penyusunan laporan yang terdiri dari bab dan subbab.

BAB II STUDI LITERATUR

Studi Literatur adalah landasan-landasan teori yang diambil dari berbagai sumber yang digunakan sebagai panduan atau referensi dalam penelitian ini. Landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini berkaitan dengan *Work System Analysis Design* atau Analisis Perancangan Kerja.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan tentang *flowchart* diagram dan tahapan-tahapan yang dilakukan di dalam penelitian secara berurutan. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu observasi awal, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan dan analisis data, kesimpulan dan saran.

BAB IV DATA DAN ANALISIS

Data dan Analisis membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data baik dari faktor *tangible* maupun faktor lingkungan yang mempengaruhi kegiatan belajar mengajar. Faktor *tangible* yang diteliti antara lain terdiri dari infrastruktur, kapasitas ruangan dan warna dominan ruangan. Sedangkan faktor lingkungan yang diteliti antara lain terdiri dari suhu dan kelembaban, kebisingan, dan pencahayaan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas mengenai kesimpulan akhir dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian yang akan dilakukan di masa mendatang.

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 Istilah Ergonomi

Menurut Benjamin W. Niebel dan Andris Freivalds (2009), ilmu ergonomi merupakan perpaduan dari berbagai macam aspek ilmu pengetahuan seperti antropologi, biomekanika, faal kerja, higene perusahaan dan kesehatan kerja, perencanaan kerja, riset terpakai, dan *cybernetika*. Namun pengertian ilmu ergonomi secara khusus adalah perancangan atau penataan dari cara bekerja yang lebih baik, efektif dan efisien meliputi fasilitas, infrastruktur dan tata bekerja. Secara singkat, ilmu ergonomi digunakan untuk mengurangi beban kerja, *waste* atau pemborosan dengan meningkatkan produktivitas. Beban kerja dan *waste* atau pemborosan dapat diukur dan diperbaiki sesuai dengan standar-standar ergonomi yang ada.

Pengertian lainnya menurut J. Dul dan B. Weerdmeester (1993), istilah “Ergonomi” diambil dari Bahasa Latin yang terdiri dari 2 kata yaitu *Ergon* yang memiliki arti “kerja” dan *Nomos* yang memiliki arti “hukum alam”. Ergonomi dapat didefinisikan sebagai ilmu atau studi tentang aspek-aspek manusia di dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan. Tujuan utama dari ergonomi berhubungan dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerjanya.

Di beberapa negara di dunia, istilah tentang ergonomi dikenal dengan sebutan yang berbeda misalnya “*Arbeitswissenschaft*” di Jerman, “*Bioteknologi*” di Skandinavia, dan “*Human Engineering*” atau “*Human Factor Engineering*” di negara-negara Amerika bagian Utara. Perbedaan istilah ini tidak dijadikan masalah, karena istilah-istilah tersebut memiliki pengertian dan tujuan yang sama, hanya penyebutan istilahnya saja yang berbeda. Pada dasarnya, ilmu ergonomi adalah suatu studi ilmu yang sistematis yang berhubungan dengan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk

merancang suatu sistem kerja yang baik guna mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efisien, efektif, aman, dan nyaman.

Menurut J. Olszewski (1998), pengertian lain dari ergonomi adalah suatu ilmu yang mengkaji manusia pada saat bekerja, yaitu dengan tingkah laku, kemampuan, keterbatasan dan karakteristik manusia untuk perancangan peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan yang produktif, aman, nyaman, dan efektif bagi manusia.

Menurut salah seorang ahli bernama Manuaba (2004), tujuan utama dari ergonomi adalah hubungan interaksi antara manusia dan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan yang digunakan dalam lingkungan kerja dan kehidupannya sehari-hari. Dengan kata lain, dapat disimpulkan bahwa ergonomi lebih menekankan pada faktor manusia.

2.2 Aspek Ergonomi

Menurut Manuaba (2004), ilmu ergonomi memiliki beberapa aspek atau bidang kajian, antara lain :

1. Antropometri

Antropometri memiliki pengertian yaitu suatu studi yang mempelajari pengukuran dimensi tubuh manusia baik dalam keadaan diam dan bergerak ketika melakukan suatu pekerjaan di lingkungan kerjanya.

2. Faal Kerja

Faal kerja adalah ilmu yang mempelajari tingkah laku manusia baik tata kerja maupun energi yang digunakan dalam melakukan pekerjaannya.

3. Biomekanika

Biomekanika adalah ilmu yang mempelajari gerakan dan kondisi tubuh manusia yang meliputi kekuatan, ketepatan, ketelitian, ketahanan dan keterampilan gerak ketika melakukan suatu pekerjaan.

4. Penginderaan

Penginderaan adalah ilmu yang mempelajari fungsi dan cara kerja indera manusia ketika melakukan suatu pekerjaan.

5. Psikologi

Psikologi adalah ilmu yang berhubungan dengan teori-teori kejiwaan manusia ketika melakukan suatu pekerjaan.

2.3 Tujuan Ergonomi

Menurut Manuaba (2004), ilmu ergonomi memiliki dua tujuan utama yaitu :

1. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari suatu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia, antara lain peningkatan produktivitas, mengurangi kesalahan dan pemborosan.
2. Meningkatkan aspek-aspek yang berhubungan dengan manusia, misalnya memperbaiki keselamatan kerja, mengurangi kelelahan dan ketegangan, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan kepuasan kerja dan memperbaiki kualitas hidup.

2.4 Antropometri

Menurut Manuaba (2004), istilah antropometri berasal dari kata 2 kata yaitu “*anthro*” yang memiliki arti manusia dan “*metri*” yang memiliki arti ukuran. Sehingga antropometri dapat didefinisikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari pengukuran bentuk, dimensi dan cara kerja tubuh manusia yang pada umumnya memiliki bentuk dan dimensi ukuran yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Menurut E. Grandjean (1988), pengertian lain antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia baik secara ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan cara pengukurannya, ilmu antropometri dibagi menjadi 2 bagian yaitu antropometri statis dan antropometri dinamis.

1. Antropometri Statis

Pengukuran pada antropometri statis dilakukan pada saat tubuh manusia berada pada posisi diam.

2. Antropometri Dinamis

Pengukuran pada antropometri statis dilakukan pada saat tubuh manusia berada pada saat bergerak.

Menurut seorang ahli Marketing, Philip Kotler dan Kevin Lane Keller (2012), manusia adalah makhluk yang memiliki keunikan masing-masing dan berbeda antara satu dan lainnya. Perbedaan antara satu individu dengan individu yang lain disebabkan oleh faktor keacakan atau random.

Keacakan atau random adalah faktor-faktor yang umumnya terjadi karena kuasa dari sang pencipta misalnya suku bangsa, jenis kelamin, usia, tempat kelahiran, cacat tubuh dan lain sebagainya.

2.5 Konsep Perancangan

Menurut Manuaba (2004), perancangan dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai, menata dan memperbaiki suatu tatanam sistem baik fisik maupun non fisik yang secara optimum agar menghasilkan suatu output yang optimum juga.

Dalam membuat suatu rancangan produk atau alat kita perlu mengetahui ciri-ciri dari perancangan. Beberapa ciri-ciri perancangan adalah sebagai berikut:

1. Berorientasi pada tujuan.
2. *Variform* atau memiliki ide atau konsep yang beragam.
3. Adanya standar yang ditentukan.
4. Adanya batasan-batasan yang ditetapkan.
5. Adanya keputusan akhir.

Beberapa karakter yang harus ada dalam diri seorang perencana atau perancang antara lain :

1. Mempunyai kemampuan mengidentifikasi masalah dan memecahkannya.
2. Memiliki imajinasi untuk meramalkan masalah yang mungkin akan terjadi di masa depan.
3. Memiliki daya cipta.
4. Mempunyai kemampuan untuk menyerdehanakan suatu permasalahan.

5. Mempunyai keahlian dalam bidang perhitungan.
6. Mempunyai kemampuan untuk mengambil keputusan terbaik berdasarkan analisis dan prosedur yang benar
7. Mempunyai sifat yang terbuka terhadap saran dan kritik dari orang lain.

Menurut Philip Kotler (2012), hal-hal yang harus diperhatikan oleh seorang perancang dalam melakukan perancangan adalah :

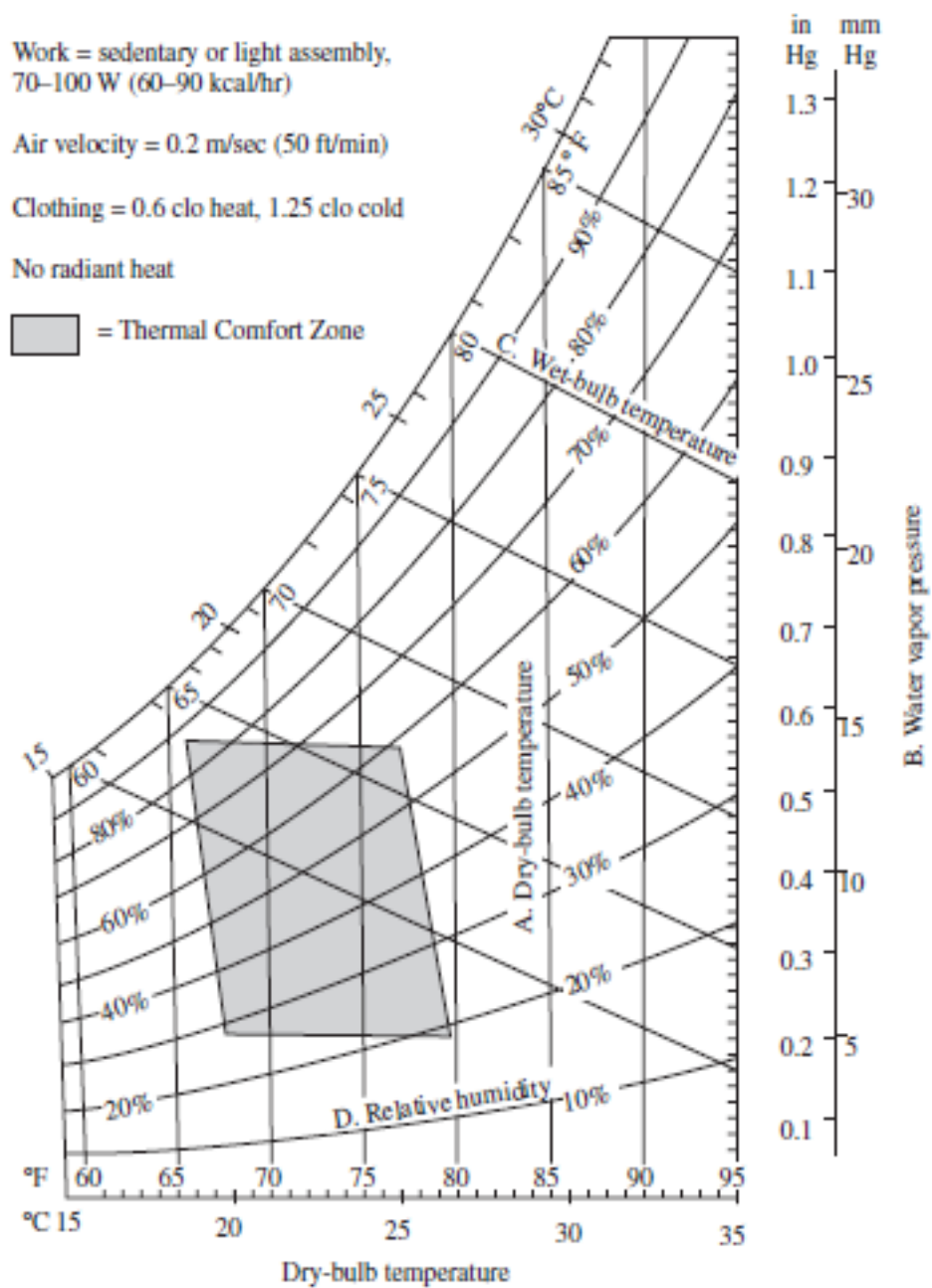
1. *Needs* atau kebutuhan konsumen.
2. *Idea* atau ide.
3. *Decision* atau keputusan.
4. *Action* atau pelaksanaan.

2.6 Ergonomi Dalam Perancangan Fasilitas Belajar

Dalam perancangan fasilitas belajar, penerapan prinsip-prinsip ergonomi diarahkan untuk menyesuaikan fleksibilitas populasi pengguna ruang belajar yang terus berubah. Tujuan penerapan ergonomi dalam fasilitas belajar adalah untuk merancang ruang belajar yang nyaman dan efektif yang disertai dengan penggunaan sumber daya yang efisien untuk meningkatkan produktivitas kegiatan belajar mengajar. Terdapat beberapa aspek yang diperhatikan dalam perancangan fasilitas belajar berdasarkan konsep ergonomi antara lain :

1. Konsep Ergonomi Suhu dan Kelembaban Ruangan

Kenyamanan di ruang belajar ditentukan oleh suhu udara dan kelembaban yang dirasakan oleh seseorang yang melakukan aktivitas di ruangan tersebut. Berdasarkan grafik *thermal comfort zone* yang dikemukakan oleh Benjamin W. Niebel, suhu udara di satu ruangan yang nyaman, hendaknya antara 22°C-28°C, sedangkan kelembaban relatif di satu ruangan hendaknya antara 40%-60%, merupakan suhu dan kelembaban relatif yang memberi suasana nyaman di daerah beriklim tropis seperti Indonesia.



Gambar 2. 1 Grafik Thermal Comfort Zone

Menurut E. Grandjean (1988), apabila, suhu dan kelembaban di ruang belajar tidak diperhatikan, sehingga ruang tersebut menjadi terlalu akan timbul respon fisiologis sebagai berikut :

1. Rasa lelah meningkat.
2. Denyut jantung meningkat.
3. Tekanan darah meningkat.

4. Aktivitas alat pencernaan menurun.
5. Suhu inti tubuh meningkat.
6. Aliran darah ke kulit juga meningkat.
7. Produksi keringat meningkat.

Melihat dampak negatif yang ditimbulkan oleh suhu ruangan yang panas, sudah menjadi keharusan bagi kita untuk mendesain ruang belajar yang mengacu kepada kaidah-kaidah ergonomi, demi tercapainya produktivitas belajar yang setinggi-tingginya. Dengan demikian, berarti energi yang dikeluarkan sepenuhnya untuk kegiatan belajar dan tidak ada energi yang terbuang untuk mengatasi kondisi ruangan yang tidak nyaman.

2. Konsep Ergonomi Intensitas Kebisingan Ruangan

Menurut Benjamin W. Niebel dan Andris Freivalds (2009), konsep ergonomi intensitas kebisingan didasari oleh konsep OSHA *Noise Dose*. Berdasarkan konsep OSHA *Noise Dose*, terdapat perhitungan *Time Permissible Noise Exposures*. *Time Permissible Noise Exposures* adalah lama waktu toleransi untuk suatu level suara tertentu. Untuk menentukan *Time Permissible Noise Exposures* digunakan rumus sebagai berikut.

$$T = 8/2^{(L-90)/5} \quad (2.1)$$

dimana : L = Noise Level (dB)

Apabila di dalam suatu kurun waktu tertentu terjadi beberapa level suara dalam durasi spesifik yang berbeda-beda, maka berdasarkan konsep OSHA *Noise Dose* digunakan rumus :

$$D = 100 \times (C1 / T1 + C2 / T2 \dots + Cn / Tn) \quad (2.2)$$

dimana :

D = *noise dose* (dB)

C = durasi waktu spesifik yang terjadi (jam)

T = toleransi waktu berdasarkan *Time Permissible Noise Exposures* (jam)

Menurut OSHA Noise Dose, nilai Noise Dose yang baik tidak boleh melebihi 100 ($D \leq 100$).

3. Konsep Ergonomi Pencahayaan Ruangan

Berdasarkan konsep Niebel (2009), beberapa hal yang menjadi aspek pembahasan dalam pencahayaan ruangan antara lain :

1. *Illuminance*

Illuminance adalah jumlah intensitas cahaya yang diterima oleh objek. Rumus perhitungan dari *Illuminance* adalah sebagai berikut :

$$\text{Illuminance (fc)} = \text{Intensity (cd)} / \text{D}^2 (\text{feet}^2) \quad (2.3)$$

2. *Intensity*

Intensity adalah jumlah cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya.

3. *Reflectance*

Tabel 2.1 menunjukkan persentase kemampuan *reflectance* dari masing-masing warna menurut konsep Niebel.

Tabel 2. 1 Kemampuan Reflectance Warna

Color or finish	Percent of reflected light	Color or finish	Percent of reflected light
White	85	Medium Blue	35
Light cream	75	Dark Grey	30
Light grey	75	Dark red	13
Light yellow	75	Dark brown	10
Light buff	70	Dark blue	8
Light green	65	Dark green	7
Light blue	55	Maple	42
Medium Yellow	65	Satinwood	34
Medium buff	63	Walnut	16
Medium grey	55	Mahogany	12
Medium green	52		

Reflectance adalah persentase daya pantul dari permukaan suatu objek berdasarkan warna dominan atau jenis permukaan benda. Dari tabel 2.1 dapat dilihat bahwa warna putih memiliki nilai *reflectance* paling tinggi yaitu 85%.

4. *Luminance*

Luminance adalah jumlah cahaya yang dipantulkan oleh benda objek.

Perhitungan *luminance* menggunakan rumus :

$$\mathbf{Luminance\ (fL/foot\ lamberts)\ =\ Illuminance\ x\ Reflectance\ \quad (2.4)}$$

5. Kategori *Illuminance* Berdasarkan IESNA

Berdasarkan konsep Niebel, dalam IESNA terdapat beberapa kategori *Illuminance* berdasarkan fungsi pencahayaan terhadap kegiatan yang dilakukan oleh manusia. Kategori-kategori tersebut ditunjukkan dalam tabel Recommended Illumination Levels for Use in Interior Lighting Design.

Tabel 2. 2 Kategori Illuminance IESNA

Kategori	Illuminance (fc)	Aktivitas
A	2-3-5	Area umum yang gelap
B	5-7.5-10	Area yang dikunjungi secara singkat
C	10-15-20	Area kerja yang digunakan sewaktu-waktu
D	20-30-50	Area kerja dengan kegiatan rutin seperti membaca, menulis, mengetik, dll.
E	50-75-100	Area kerja dengan kegiatan rutin yang membutuhkan spesifikasi seperti assembly

Tabel 2.2 Kategori Illuminance IESNA (Lanjutan)

F	100-150-200	Area kerja dengan kegiatan rutin yang membutuhkan spesifikasi yang sangat tinggi
G	200-300-500	Area kerja dengan kegiatan rutin yang membutuhkan spesifikasi yang sangat tinggi dan waktu yang lama
H	500-750-1000	Area kerja dengan kegiatan rutin yang membutuhkan spesifikasi yang sangat tinggi dan waktu yang sangat lama
I	1000-1500-2000	Area kerja dengan kegiatan yang spesial dan ekstrim seperti ruang operasi rumah sakit

Berdasarkan tabel tersebut, kategori yang cocok untuk ruang perkuliahan adalah kategori D dengan intensitas pencahayaan 20-30-50 fc. Sedangkan untuk menentukan tingkat *Illuminance* 20 (rendah), 30 (sedang), 50 (tinggi), digunakan tabel bobot kategori *Illuminance*. Tabel bobot ini berisi 3 aspek yang dipertimbangkan yaitu usia, *reflectance*, dan keakuratan. Tabel tersebut ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Bobot Kategori Illuminance

Karateristik	Bobot		
	-1	0	1
Usia	<40	40-55	>55
<i>Reflectance</i>	>70%	30-70%	<30
Keakuratan	Tidak Penting	Penting	Sangat Penting

Total bobot -2, -3 = rendah

Total bobot -1, 0, +1 = sedang

Total bobot +2,+3 = tinggi

6. Penentuan Jumlah Lampu

Berdasarkan konsep ergonomi, perlu ditentukannya berapa jumlah lampu yang efisien untuk memperoleh suatu pencahayaan tertentu. Menurut Benjamin W.

Niebel, dalam menentukan jumlah lampu yang efisien dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$X = (a \times b \times 1/15 \text{ watt}) : c \quad (2.5)$$

dimana :

X = Jumlah Lampu

a = Luas Ruangan (m²)

b = Intensitas Pencahayaan yang Dibutuhkan (fc)

c = Daya Lampu (Watt)

Berikut contoh perhitungan menentukan jumlah lampu berdasarkan rumus di atas:

Berapakah diperlukan lampu TL 40 watt dalam ruangan seluas 100 m² untuk memperoleh pencahayaan sebesar 50 fc?

$$X = (100 \times 50 \times 1/15 \text{ watt})/40 \text{ watt} = (5000/15 \text{ watt})/40 \text{ watt} = 333.33/40 = 8.33$$

buah \approx 9 buah

Jadi diperlukan 9 lampu TL

Berdasarkan jenisnya, terdapat 2 cara dalam pemasangan lampu di plafon yaitu:

1. *Outbow* : pemasangan lampu ada di luar plafon
2. *Inbow* : pemasangan lampu ada di dalam plafon

4. Warna Dominan Ruangan yang Mempengaruhi Psikologis Manusia

Menurut J. Olszewski (1998), salah satu faktor ergonomi yang mempengaruhi psikologis manusia antara lain adalah warna yang dominan di dalam suatu ruangan yang digunakan sebagai tempat aktivitas manusia. Tabel berikut ini menunjukkan sifat dan karakteristik dari masing-masing warna yang akan mempengaruhi psikologis manusia menurut Philip Kotler (2012) :

Tabel 2. 4 Karakteristik Warna

Warna	Karakteristik	Reflectance (%)
Kuning	Mempunyai tingkat pencahayaan yang tinggi, memberikan kesan segar atau kering, memberikan sensasi kemewahan dan kejayaan, namun juga memberikan sensasi suram.	75
Jingga	Mempunyai tingkat pencahayaan yang tinggi, kombinasi dari warna kuning dan merah, memberikan kesan karismatik, kehangatan dan keceriaan.	65
Merah	Mempunyai tingkat pencahayaan yang rendah, memberikan kesan panas, bergairah dan aktif.	13
Biru	Mempunyai tingkat pencahayaan yang rendah, memberikan kesan sejuk dan tenang, namun juga memberikan kesan depresi.	8
Hijau	Mempunyai tingkat pencahayaan yang rendah, memberikan kesan santai, sejuk dan stabil.	7
Ungu	Mempunyai tingkat pencahayaan yang rendah, memberikan kesan rasa sakit, penderitaan, kelemahan.	10
Putih	Mempunyai tingkat pencahayaan yang tinggi, memberikan kesan suci, bersih, mewah dan kekosongan.	85
Hitam	Mempunyai tingkat pencahayaan yang rendah, memberikan kesan gelap dan misterius.	0

5. Infrastruktur Tempat Duduk dan Meja Belajar

Pada umumnya, mahasiswa kurang memperhatikan tempat duduk dan meja belajar yang mereka tempati. Padahal, tempat duduk dan meja belajar tersebut

merupakan alat yang memegang peranan penting, terutama bagi kenyamanan mereka selama menjalani aktivitas belajar mengajar di ruang perkuliahan.

Tempat duduk dan meja perkuliahan terdiri dari kaki, alas duduk, sandaran pinggang dan punggung, sandaran lengan dan meja belajar. Ukuran tempat duduk dan meja belajar harus disesuaikan dengan bentuk dan kondisi tubuh pemakai. Dalam hal ini, perlu ditetapkannya standar terhadap ukuran-ukuran tubuh orang Indonesia pada umumnya, sehingga dalam mendesain tempat duduk, kursi dan meja perkuliahan dapat berstandar kepada ukuran-ukuran tersebut.

Menurut Manuaba (2004), beberapa standar dari kursi dan meja perkuliahan antara lain :

1. Tinggi alas duduk dari lantai 38 – 54 cm berdasarkan ukuran kaki dari telapak sampai lutut.
2. Kemiringan alas duduk 14° - 24° ke belakang untuk menghindari pengguna terjatuh.
3. Ujung alas duduk dibuat agak bulat untuk menghindari tekanan yang berlebihan pada paha.
4. Luas alas duduk sebaiknya sekitar 40cm-50cm x 40cm-50cm.
5. Kemiringan sandaran punggung antara 100° - 110° untuk menghindari cedera di bagian punggung.
6. Tinggi sandaran punggung memiliki ukuran tingginya 40cm – 50cm dan lebarnya 35cm – 50cm.
7. Tinggi meja belajar dari permukaan tanah 60cm – 80cm untuk kenyamanan saat melakukan aktivitas seperti menulis.
8. Meja belajar sebaiknya tidak memiliki kemiringan atau sejajar dengan permukaan tanah.
9. Terdapat sandaran tangan yang panjangnya sekitar dari siku sampai pergelangan tangan untuk mencegah kelelahan pada tangan.

6. Infrastruktur Papan Tulis

Papan tulis yang digunakan dalam ruang perkuliahan terdiri dari banyak jenis misalnya *white board*, *black board*, *glass board*, *green board* dan lain sebagainya.

Masing-masing papan tulis memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Penempatan papan tulis di dalam ruang perkuliahan menjadi sesuatu yang vital karena dapat mempengaruhi faktor fisiologis pada siswa atau mahasiswa saat membaca tulisan atau pesan yang dibuat di papan tulis tersebut.

Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu diketahui standar-standar ergonomi yang digunakan dalam penempatan papan tulis tersebut. Penempatan papan tulis harus memperhitungkan siswa atau mahasiswa yang duduk paling depan dan paling belakang. Menurut Manuaba (2004), pada umumnya, penempatan papan tulis yang sesuai dengan standar adalah antara 2.5m-3m dari tempat duduk paling depan. Namun ukuran ini hanya ditetapkan untuk ukuran kelas pada umumnya. Untuk ukuran kelas yang lebih besar harus menyesuaikan kembali dengan tempat duduk paling depan dan belakang. Ketinggian papan tulis harus mengacu pada tinggi mata mahasiswa ketika duduk.

Di samping itu, beberapa masalah akibat pencahayaan seperti silau membuat rasa tidak nyaman dan mengurangi kemampuan mata untuk melihat. Silau muncul karena adanya pencahayaan yang berlebihan baik dari luar maupun dari dalam ruang perkuliahan.

Beberapa cara untuk mengatasi silau antara lain :

1. Mengganti tempat peletakan papan tulis.
2. Menurunkan intensitas sumber pencahayaan
3. Menghindari penggunaan bahan yang mengkilat dalam pembangunan kelas
4. Menghilangkan kontras.

Pemahaman terhadap kajian ergonomi dalam penempatan papan tulis dan faktor silau yang dapat mengganggu proses pembelajaran dapat dimanfaatkan sebagai upaya peningkatan produktivitas dalam proses belajar mengajar di ruang perkuliahan.

7. Pengaturan Kapasitas Ruangan

Kapasitas ruangan adalah jumlah maksimum manusia di dalam ruangan dengan memperhitungkan ruang untuk 1 orang untuk menghindari hal-hal seperti rasa lelah, sesak dan lain-lain. Untuk menentukan kapasitas ruangan dapat ditentukan berdasarkan ruang yang tersedia untuk 1 orang. Ruang untuk 1 orang dapat ditentukan dengan menghitung luas area tempat duduk dan meja belajar yang mereka tempati di ruang perkuliahan. Selain itu perlu ditambah toleransi area di sekitar area yang mereka tempati sekitar 10cm-30cm untuk jarak antar tempat duduk. Untuk ruangan yang menggunakan *Air Conditioner* atau AC perlu juga memperhatikan spesifikasi AC berdasarkan luas ruangan agar terjadi sirkulasi udara yang teratur. Kesalahan pengaturan kapasitas ruangan misalkan terlalu padat dapat menyebabkan rasa lelah yang berlebihan saat proses belajar mengajar karena sirkulasi udara yang buruk. Berdasarkan data dari Universitas ITENAS, ruang kebutuhan mahasiswa di dalam ruang perkuliahan yang sesuai standar adalah 1.4m².

8. *Air Conditioner* atau AC

Secara umum pengertian dari AC (*Air Conditioner*) adalah suatu rangkaian mesin yang memiliki fungsi sebagai pendingin udara dan pengatur sirkulasi udara di tempat atau ruang dimana mesin tersebut ditempatkan.

Beberapa bagian atau komponen dari AC antara lain :

1. Kompresor yang berfungsi untuk memompa gas *refrigerant*.
2. Reservoir yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas.
3. Kondensor yang berfungsi sebagai tempat pembuangan panas.
4. Evaporator yang berfungsi sebagai tempat pembuangan embun dingin.
5. Filter Dryer yang berfungsi sebagai tempat penyaringan udara kotor.
6. Fan atau Blower yang berfungsi sebagai penghasil udara.

Terdapat berbagai jenis AC seperti *split*, *window*, *floor standing*, *central* dan sebagainya. Pada umumnya, kekuatan AC diukur dalam satuan PK. PK merupakan singkatan dari *Paard Kracht*. Ini adalah sumber daya yang dibutuhkan

untuk menghasilkan BTU (*British Thermal Unit*). BTU inilah yang menentukan tingkat kesejukan udara yang dihasilkan oleh AC. Semakin besar PK suatu AC maka semakin besar pula nilai BTU nya. Itulah sebabnya tingkat dingin yang dihasilkan oleh AC sering ditentukan berdasarkan PK nya.

Tabel 2. 5 Hubungan PK AC dan BTU

PK	BTU
0.5	5000
0.75	7000
1	10000
1.5	14000
2	18000
2.5	25000

Berdasarkan konsep yang dikemukakan oleh Manuaba (2004), tabel 2.5 menunjukkan besar BTU yang dihasilkan oleh AC berdasarkan PK nya. Untuk menentukan jenis PK AC yang dibutuhkan dalam suatu ruangan, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{BTU} = (\text{P} \times \text{L} \times \text{T} \times \text{Faktor 1} \times 37) + (\text{N} \times \text{Faktor 2}) \quad (2.6)$$

dimana :

BTU = nilai BTU yang dibutuhkan (BTU)

P = panjang ruangan (m)

L = lebar ruangan (m)

T = tinggi ruangan (m)

Faktor 1 = 5 (untuk kamar tidur), 6 (untuk kantor, ruangan kelas)

N = jumlah manusia di ruangan

Faktor 2 = 300 BTU (untuk anak-anak), 500 BTU (untuk orang dewasa)

Dari rumus di atas, akan didapatkan nilai BTU yang dibutuhkan oleh ruangan tersebut. Setelah mendapatkan nilai BTU, cocokan nilai BTU dengan PK AC yang

dibutuhkan. Misalnya, nilai BTU yang dihasilkan adalah 9000, maka dapat menggunakan AC 1 PK.

Apabila menggunakan AC dengan nilai PK yang tidak sesuai dengan BTU yang dibutuhkan, misalnya nilai BTU yang dibutuhkan adalah 9000, namun menggunakan AC $\frac{3}{4}$ PK dengan BTU yang dihasilkan hanya 7000. Ruangan tersebut dapat tetap terasa dingin, namun dengan kondisi AC tersebut harus selalu dalam suhu maksimal 16°C. Beberapa kerugian yang diakibatkan dari hal ini antara lain :

1. Pemborosan sumber daya karena AC bekerja lebih berat.
2. Mengurangi usia penggunaan AC karena hal ini menyebabkan kompresor AC bekerja secara terus menerus.

Apabila penggunaan PK AC sesuai dengan BTU yang dibutuhkan, maka untuk mencapai suhu ruangan yang nyaman tidak perlu menggunakan suhu 16°C, dengan kondisi menggunakan suhu 22°C-25°C pun, suhu ruangan akan terasa nyaman.

9. *Infocus* dan layar *infocus*

Dalam aktivitas belajar mengajar di era globalisasi ini, *infocus* dan layar *infocus* adalah sesuatu yang vital di dalam ruang perkuliahan. Pemilihan jenis layar *infocus* dan penempatan *infocus* di dalam ruang perkuliahan sangat menentukan kenyamanan aktivitas belajar mengajar.

Berikut adalah rumus yang dikemukakan oleh Manuaba (2004), untuk pemilihan jenis layar *infocus* harus memperhatikan panjang ruangan yang dan spesifikasi *infocus* yang digunakan. Untuk menentukan ukuran layar *infocus* dapat menggunakan rumus berikut :

$$\mathbf{H \text{ (Tinggi Layar)} = A \text{ (Panjang Ruangan)} \times 1/6} \quad (2.7)$$

dan

$$\mathbf{W \text{ (Lebar Layar)} = H \text{ (Tinggi Layar)} \times \textit{Aspect Ratio Infocus}} \quad (2.8)$$

Apabila dari hasil perhitungan, tidak menemukan ukuran yang sesuai di pasaran. Maka dapat menggunakan ukuran layar yang paling mendekati dan banyak tersedia di pasaran. Setelah mendapatkan layar *infocus* yang digunakan, maka dapat menentukan tempat peletakan *infocus* dengan menggunakan rumus berikut :

$$\mathbf{R \text{ (Jarak Infocus) = Throw Ratio Infocus} \times \mathbf{W \text{ (Lebar Layar)}} \quad (2.9)$$

Setelah mendapatkan jarak *infocus*, maka peletakan *infocus* dihitung dari acuan yaitu depan kelas. Pemilihan layar *infocus* dan peletakan *infocus* yang tepat akan meningkatkan produktivitas aktivitas belajar mengajar di dalam ruang perkuliahan.

10. Infrastruktur ATK (Alat Tulis Kerja)

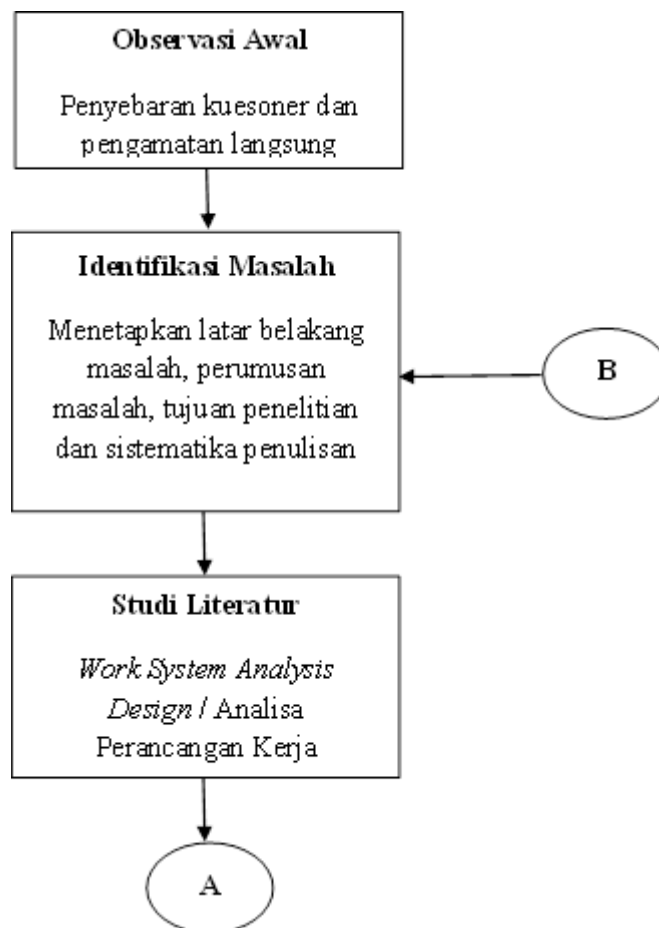
Aktivitas belajar mengajar di dalam ruang perkuliahan sudah tentu sangat terkait erat dengan penggunaan ATK atau alat tulis kerja. Ketidaklengkapan ATK di dalam ruang perkuliahan akan menghambat jalannya aktivitas belajar mengajar. Contoh ATK yang biasanya membantu jalannya aktivitas belajar mengajar antara lain, spidol, pulpen, dan lain-lain.

BAB III

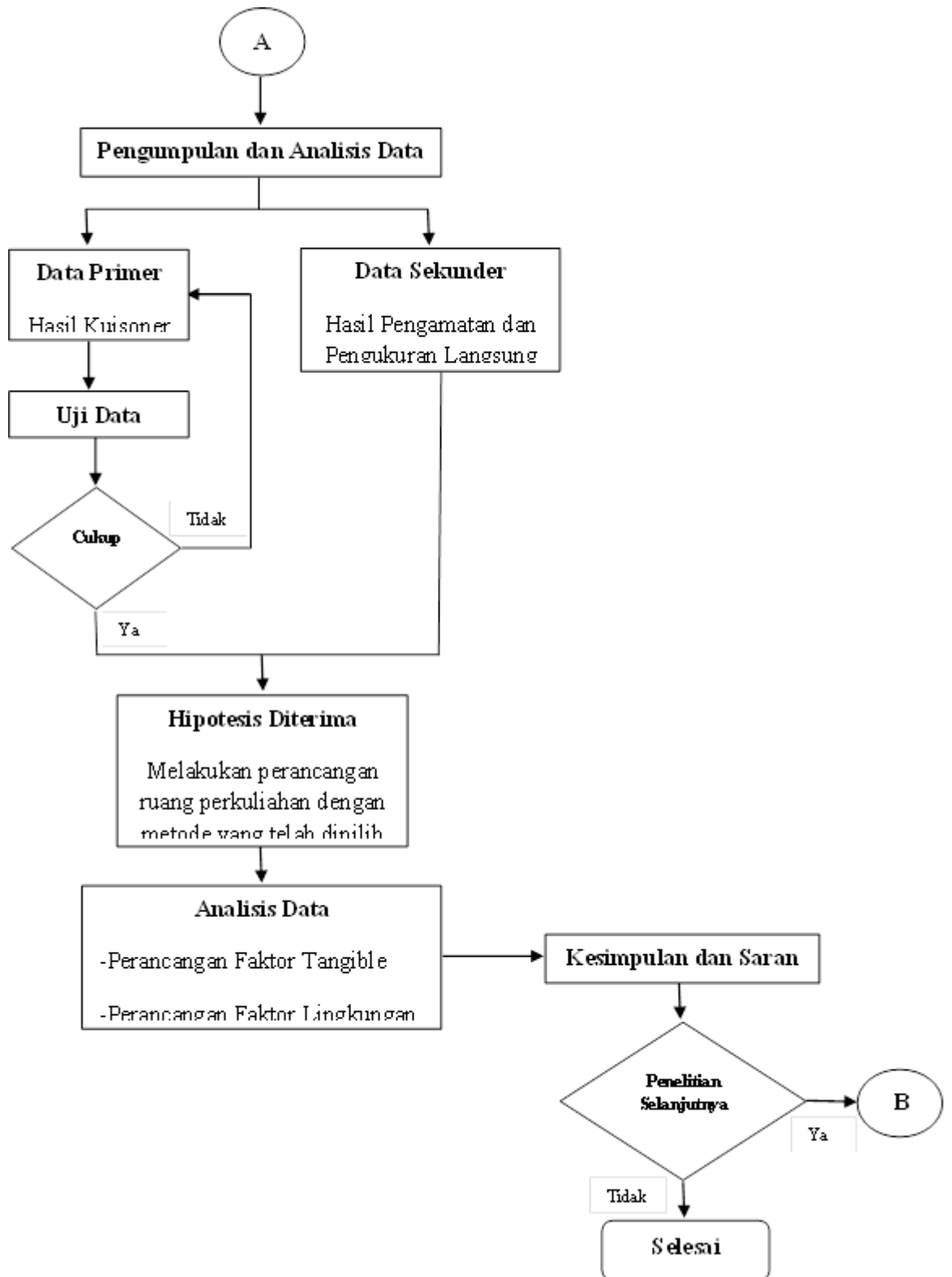
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flowchart

Secara keseluruhan, tahapan dari penelitian ini terdiri dari observasi awal, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan dan analisis data, kesimpulan dan saran. Agar lebih jelas mengenai sistematika dari penulisan laporan penelitian ini, maka dapat dilihat dari alur kerja tahap awal sampai tahap akhir pada flowchart dibawah ini.



Gambar 3. 1 Flowchart 1



Gambar 3. 2 Flowchart 2

3.2 Observasi Awal

Observasi awal merupakan langkah pertama dalam melakukan suatu penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung dengan cara menyebarkan kuesoner kepada mahasiswa yang melakukan kegiatan belajar mengajar di ruang perkuliahan B 103. Kuesoner berisi mengenai faktor-faktor yang akan ditemukan dan mempengaruhi kegiatan belajar mengajar di ruang perkuliahan B 103.

3.3 Identifikasi Masalah

Setelah melakukan observasi awal, maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi permasalahan utama yang akan diteliti yang terdiri dari rumusan masalah dan tujuan penelitian. Identifikasi masalah digunakan agar mengetahui hal-hal yang menjadi permasalahan yang akan diteliti selama penelitian ini berlangsung. Selain itu, perlu ditetapkannya juga batasan dan asumsi guna mempermudah penelitian dari keterbatasan yang ada selama penelitian berlangsung.

3.4 Studi Literatur

Studi Literatur adalah landasan-landasan teori yang diambil dari berbagai sumber yang digunakan sebagai panduan atau referensi dalam menentukan metodologi penelitian yang akan digunakan. Landasan teori dapat berasal dari buku dan jurnal yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini, studi literatur yang digunakan berkaitan dengan *Work System Analisis Design* atau Analisis Perancangan Kerja.

3.5 Pengumpulan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan adalah terkait dengan hal-hal berikut :

- **Infrastruktur**

Perbaikan dan penambahan infrastruktur di ruang perkuliahan yang mempengaruhi manusia meliputi monitor, *infocus* dan layar *infocus*, *glass board*, lampu, gorden, *pointer*, dan kursi dan meja.

- **Kapasitas Ruangan**

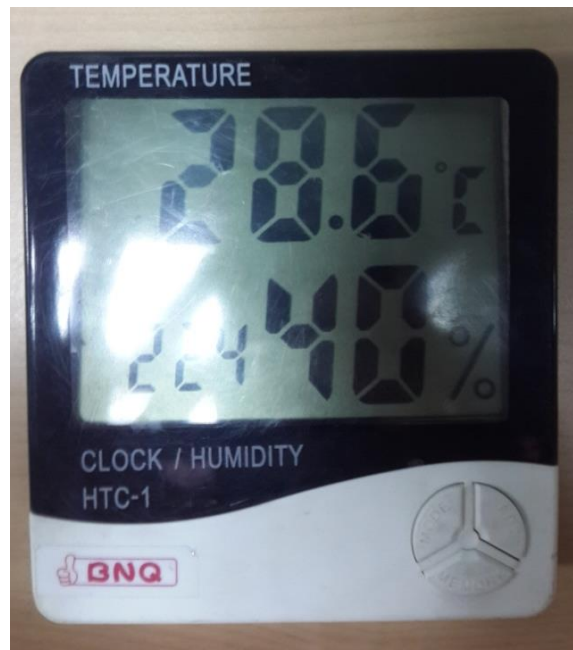
Pengaturan kapasitas ruangan yang optimal berdasarkan jumlah dosen dan mahasiswa di dalam ruangan, ditambah dengan desain layout ruang perkuliahan sebelum dan sesudah perbaikan.

- **Warna Dominan Ruangan**

Pengkategorian warna yang dominan di dalam ruangan dengan karakteristiknya berdasarkan tabel karakteristik warna karena pengaruhnya terhadap psikologis manusia dan pencahayaan di dalam ruangan.

- **Suhu dan Kelembaban Ruangan**

Pengukuran menggunakan alat bantu yaitu termometer ruangan yang ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar 3. 3 Termometer Ruangan

Pengumpulan data suhu dan kelembaban ruangan dilakukan selama 5 hari dimulai dari tanggal 28 November 2016-2 Desember 2016. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 periode yaitu pada pukul 07.00-09.00 (Pagi Hari), 11.00-13.00 (Siang Hari), dan 17.00-19.00 (Malam Hari). Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam pengukuran dengan kondisi saat kuota kelas maksimum.

- Kebisingan

Pengumpulan data intensitas kebisingan dilakukan selama 8 jam yaitu pada pukul 09.00-17.00. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali dengan kondisi saat kuota kelas maksimum. Analisis data kebisingan dilakukan dengan 2 cara yaitu analisis *Time Permissible Noise Exposures* dan analisis intensitas kebisingan berdasarkan konsep OSHA Noise Dose. Pengukuran menggunakan alat bantu yaitu *sound meter level* yang ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar 3. 4 Sound Level Meter

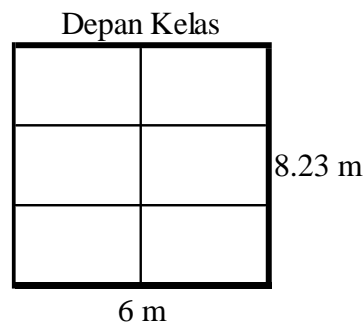
- Pencahayaan

Pengumpulan data di ruangan B 103 yang memiliki ukuran 8.23m x 6m dan menggunakan lampu tabung LED 22 Watt sebanyak 9 buah dengan kondisi menyala dan dipasang dengan metode *outbow*. Peneliti mengukur tingkat intensitas cahaya di ruangan tersebut dengan membagi ruangan kelas menjadi 6 bagian. Peneliti mengukur tingkat *Illuminance* cahaya dengan menggunakan *light meter*. Berikut gambar alat ukur yang digunakan :



Gambar 3. 5 Light Meter

Peneliti mengukur dari ketinggian 0.6m dari atas permukaan lantai yang merupakan tempat objek diletakan yaitu meja ditambah dengan kondisi gelap atau malam hari di luar ruangan sehingga *Illuminance* pencahayaan di dalam kelas maksimum.



Gambar 3. 6 Layout Zona Penghitungan Tingkat Iluminasi

Analisis Data Intensitas Cahaya dilakukan dengan 2 langkah yaitu menentukan *Illuminance*, *Intensity*, *Reflectance*, *Luminance* dan kategori *Illuminance* dan menentukan jumlah lampu.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran berisi rangkuman hasil pengamatan dan penelitian beserta saran dan masukan yang membangun untuk perbaikan di masa depan.

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Observasi Awal

Data observasi awal terdiri atas kuesoner dan hasil kuesoner.

4.1.1. Kuesoner

Berikut adalah bentuk kuesoner yang disebarakan kepada 30 mahasiswa yang berada di ruang perkuliahan B 103 secara acak.

Tabel 4. 1 Kuesoner

No.	ASPEK	TS	C	S
1	Kondisi infrastruktur ruang perkuliahan B 103 memuaskan			
2	Kapasitas ruangan perkuliahan B 103 nyaman dan tidak sesak			
3	Kondisi suhu dan kelembaban ruang perkuliahan B 103 nyaman			
4	Kondisi kebisingan ruang perkuliahan B 103 dapat ditoleransi			
5	Kondisi pencahayaan ruang perkuliahan B 103 nyaman			
6	Kondisi kegiatan belajar mengajar di ruang perkuliahan B 103 nyaman dan mendukung			

Keterangan :

TS = Tidak Setuju (Bobot = 1)

C = Cukup (Bobot = 2)

S = Setuju (Bobot = 3)

4.1.2. Hasil Kuesoner

Setelah melakukan penyebaran kuesoner, maka dilakukan perhitungan terhadap bobot dari hasil kuesoner sebagai berikut :

Tidak Setuju = 51 Jawaban x (Bobot = 1) = 51

Cukup = 82 Jawaban x (Bobot = 2) = 164

Setuju = 47 Jawaban x (Bobot = 3) = 141

Maka, total bobot yang dihasilkan : $51 + 164 + 141 = 356$

Setelah melakukan perhitungan total bobot, peneliti mengklasifikasikan hasil total bobot dengan keputusan yang akan diambil berdasarkan table berikut.

Tabel 4. 2 Klasifikasi Bobot

Total Bobot (N)	Keputusan
$180 \leq N \leq 360$	Perlu dilakukannya penelitian perancangan ruang perkuliahan B 103
$360 < N \leq 540$	Tidak perlu dilakukannya penelitian perancangan ruang perkuliahan B 103

Berdasarkan hasil perhitungan total bobot (N) yang dihasilkan adalah 356, maka keputusan yang diambil adalah perlu dilakukannya penelitian perancangan ruang perkuliahan B 103.

4.2 Faktor *Tangible*

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang merupakan faktor *tangible* (nyata) di ruang perkuliahan B 103 yang harus diperbaiki keadaannya ataupun ditambahkan antara lain infrastruktur, kapasitas ruangan, dan warna dominan ruangan.

4.2.1 Data Faktor *Tangible*

Data faktor *tangible* terdiri dari data yang berkaitan dengan infrastruktur, kapasitas ruangan dan warna dominan ruangan.

4.2.1.1 Infrastruktur

Berikut adalah data infrastruktur yang ditemukan di ruang perkuliahan B 103 :

1. Monitor PC

Pada kondisi saat ini, ruang perkuliahan B 103 belum terdapat monitor PC pada meja dosen. Sehingga dosen yang mengajar harus sering melakukan gerakan memutar badan atau kepala sekitar 100° ke belakang saat mengajar untuk melihat tampilan yang ditampilkan oleh *infocus* yang terhubung oleh PC dan melihat mahasiswa di depannya. Hal ini menyebabkan gerakan berulang atau *repetitive motion* yang dapat menyebabkan gangguan pada tubuh manusia. Gangguan pada jaringan lunak manusia seperti otot, saraf dan jaringan penunjang lainnya yang disebabkan karena gerakan berulang atau *repetitive motion* disebut *repetitive motion disorder*. Kondisi gerakan dosen saat mengajar pada ruang perkuliahan B 103 saat ini ditunjukkan oleh gambar berikut :



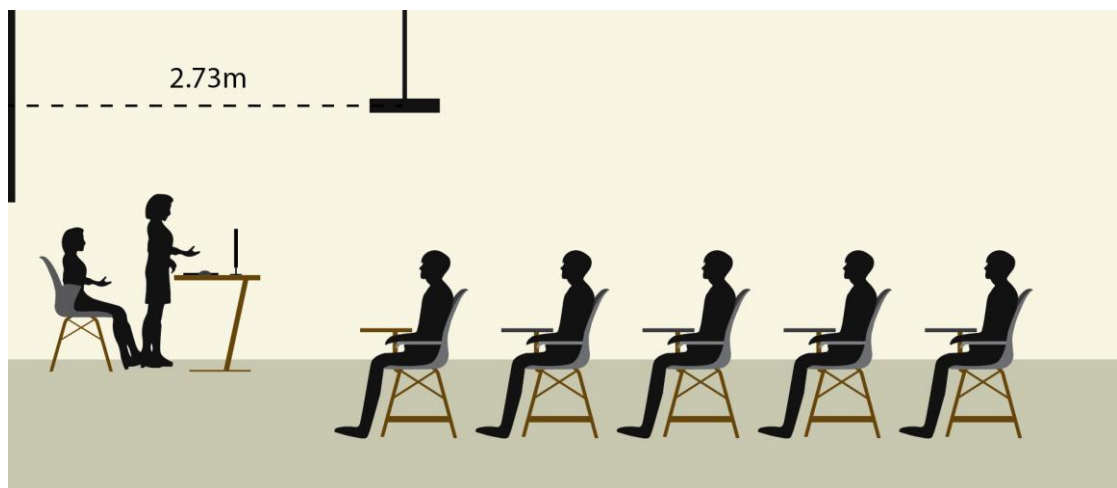
Gambar 4. 1 Kondisi Dosen Mengajar Tanpa Monitor 1



Gambar 4. 2 Kondisi Dosen Mengajar Tanpa Monitor 2

2. Infocus dan Layar Infocus

Berdasarkan data yang diperoleh oleh peneliti melalui departemen GA (*General Affairs*), jenis *infocus* yang dipakai di ruang perkuliahan B 103 adalah BenQ MS506. Menurut sumber, *infocus* BenQ MS506 memiliki spesifikasi *aspect ratio* 4:3 dan *throw ratio* 1.86-2.04. Berdasarkan data ini, peneliti menemukan bahwa lebar layar *infocus* yang digunakan berukuran 1.53m dan jarak antara *infocus* ke layar adalah 2.73m. Peneliti berasumsi bahwa ukuran layar *infocus* dan jarak yang ditetapkan tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi *infocus* yang digunakan. Hal ini sering menyebabkan gangguan ketika proses belajar mengajar di ruang perkuliahan karena dosen dan mahasiswa banyak membuang waktu untuk melakukan *setting* kepada *infocus* sebelum pelajaran dimulai. Kondisi tersebut digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 3 Jarak Infocus Ke Layar Saat Ini

Pada kondisi kelas saat ini, belum terdapatnya *pointer* di dalam ruang perkuliahan sehingga dosen sering mengalami kesulitan ketika mengajar dan mahasiswa sering kesulitan menangkap apa yang dijelaskan ketika menggunakan layar proyektor.

Selain itu terdapat gerakan yang menyebabkan kecelakaan ketika menyalakan *infocus* seperti yang digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Cara Menyalakan *Infocus* Saat Ini

Dari gambar 4.5, dapat mengakibatkan gerakan yang menyebabkan kecelakaan seperti terjatuh.

3. Glass Board dan Lampu

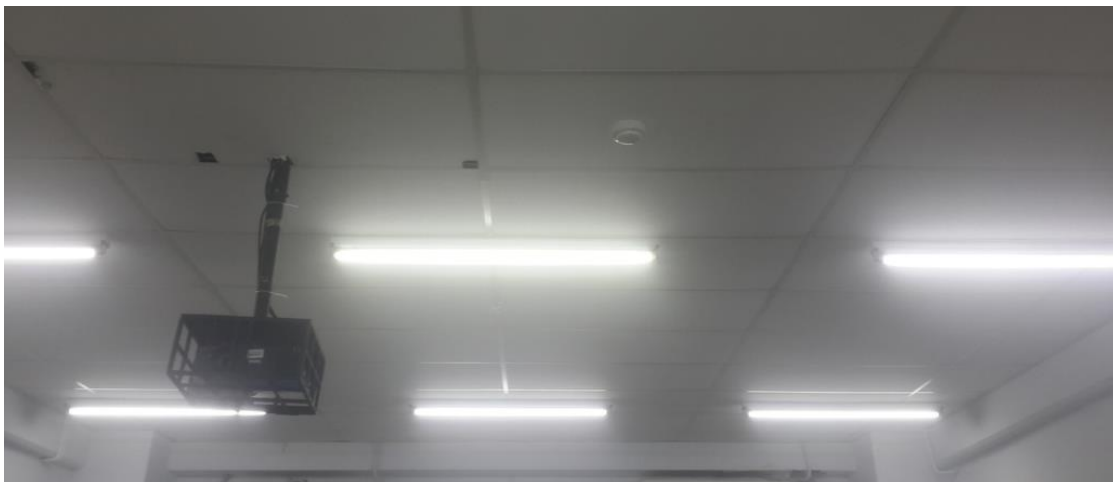
Peneliti menemukan bahwa penggunaan *glass board* di ruang perkuliahan B 103 dapat mengganggu kenyamanan mahasiswa yang belajar di ruangan tersebut. Meskipun *glass board* memiliki keunggulan seperti tidak mudah kotor seperti *black board* atau *white board*, namun *glass board* juga memiliki kelemahan yaitu daya pantul cahaya yang tinggi sehingga menyebabkan pantulan cahaya silau yang menyebabkan mahasiswa kesulitan melihat tulisan di *glass board* ketika

kondisi pencahayaan kelas sedang tinggi. Kondisi tersebut digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 5 Pantulan Bayangan di Glass Board

Kondisi lampu di ruang perkuliahan B 103 saat ini digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 6 Pemasangan Lampu Metode Outbow

Pemasangan lampu saat ini di ruang perkuliahan B 103 menggunakan metode *ouwbow* (pemasangan lampu ada di luar plafon).

4. Kursi dan Meja Mahasiswa

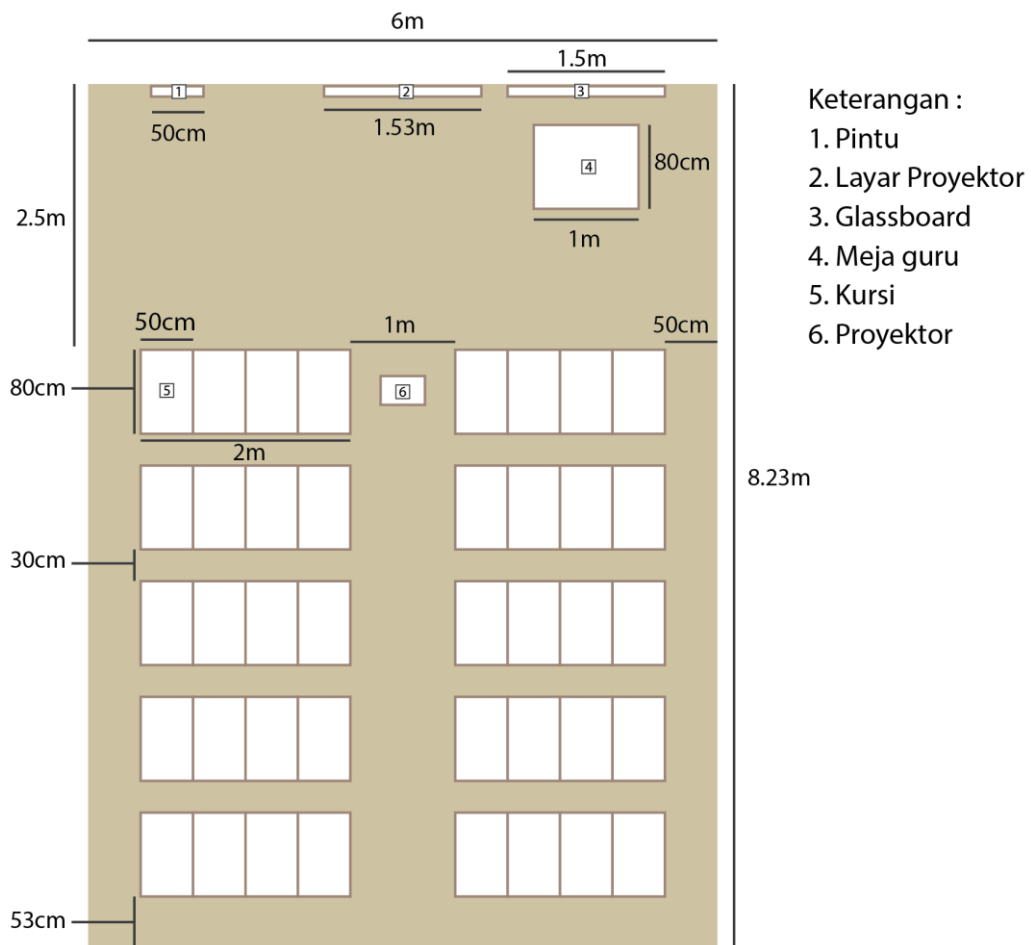
Peneliti menemukan beberapa kekurangan terhadap kursi dan meja yang saat ini dipakai di ruang perkuliahan B 103. Berikut adalah gambar kursi dan meja yang saat ini digunakan di ruang perkuliahan B 103 :



Gambar 4. 7 Kursi dan Meja Ruang B 103 Saat Ini

4.2.1.2 Kapasitas Ruangan

Berdasarkan layout saat ini, space untuk 1 orang mahasiswa berdasarkan ukuran kursi dan meja mahasiswa adalah 80 cm x 50 cm dan terdapat 40 buah kursi dan meja mahasiswa di dalam ruang perkuliahan B 103. Layout tersebut ditunjukkan oleh gambar di bawah ini :



Gambar 4. 8 Layout Ruang B 103 Saat Ini

4.2.1.3 Warna Dominan Ruangan

Berdasarkan pengamatan peneliti, warna yang dominan di dalam ruangan perkuliahan Universitas Presiden adalah putih.

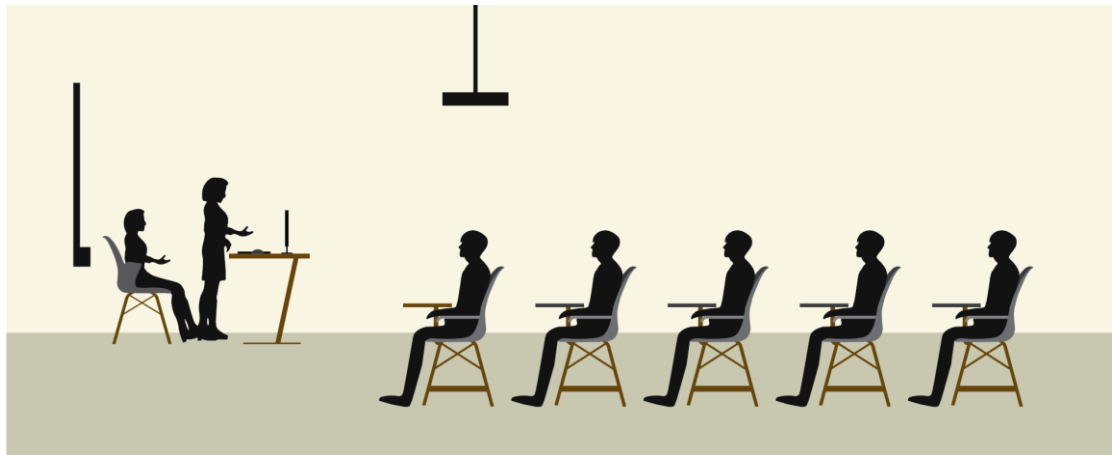
4.2.2 Analisis Faktor *Tangible*

Analisa faktor tangible terdiri dari analisa terhadap infrastruktur, kapasitas ruangan dan warna dominan ruangan.

4.2.2.1 Infrastruktur

1. Monitor

Peneliti berasumsi bahwa apabila di ruang perkuliahan B 103 ditambahkan monitor pada meja dosen maka akan mengurangi gerakan berulang atau *repetitive motion*. Kondisi gerakan dosen saat mengajar setelah penambahan infrastruktur monitor ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar 4. 9 Kondisi Dosen Mengajar Menggunakan Monitor

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa dosen tidak perlu melakukan banyak gerakan memutar ke belakang dan cukup memperhatikan monitor dan mahasiswa di depannya.

2. *Infocus* dan Layar *Infocus*

Peneliti menghitung kembali layar *infocus* yang cocok digunakan untuk ruang perkuliahan B 103 dengan rumus berikut ini :

$$\mathbf{H \text{ (Tinggi Layar)} = A \text{ (Panjang Ruangan)} \times 1/6 = 8.23\text{m} \times 1/6 = 1.37\text{m}}$$

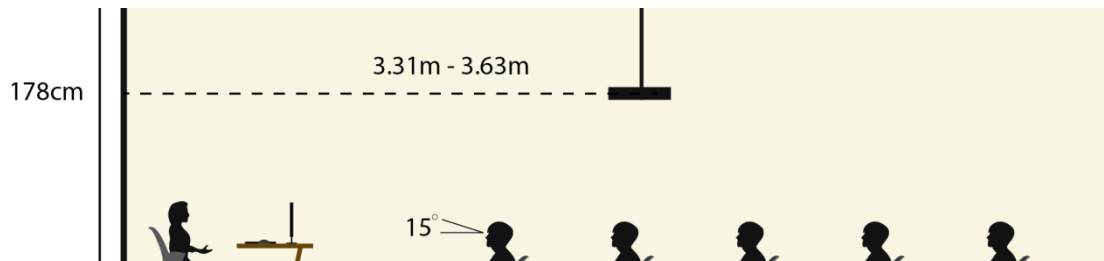
$$\mathbf{W \text{ (Lebar Layar)} = H \text{ (Tinggi Layar)} \times \textit{Aspect Ratio} = 1.37\text{m} \times 4/3 = 1.82\text{m}}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan bahwa layar *infocus* yang cocok adalah berukuran 1.37m x 1.82m. Dalam kasus ini, layar *infocus* yang cocok karena mendekati ukuran tersebut dan tersedia di pasaran adalah layar *infocus* berukuran 70inch yaitu 1.78m x 1.78m. Sementara untuk menentukan jarak *infocus* ke layar, peneliti menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{R \text{ (Jarak Infocus)} = \textit{Throw Ratio} \times W \text{ (Lebar Layar)}}$$

Sehingga didapatkan, $1.86 \times 1.78 = 3.31\text{m}$ dan $2.04 \times 1.78 = 3.63\text{m}$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan bahwa jarak antara *infocus* ke layar *infocus* yang tepat adalah 3.31m-3.63m. Kondisi tersebut digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 10 Jarak *Infocus* Ke Layar Berdasarkan Perhitungan

Sudut dari mata mahasiswa ke layar *infocus* pun harus diperhatikan yaitu harus 0° - 15° sesuai dengan standar yang berlaku.

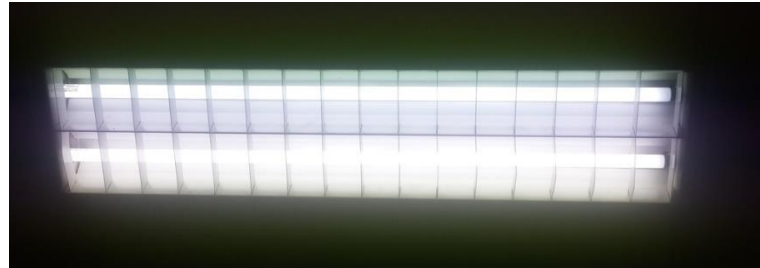
Selain peletakan *infocus*, peneliti juga menyarankan untuk penambahan *remote infocus* di dalam ruang perkuliahan sehingga menghindari kecelakaan ketika menyalakan *infocus*.

Peneliti menyarankan untuk penambahan infrastruktur *pointer* agar memudahkan proses belajar mengajar di dalam ruang perkuliahan.

3. *Glass Board* dan Lampu

Untuk mengatasi kelemahan *glass board*, peneliti menyarankan untuk mengurangi jumlah lampu LED di dalam kelas dari 9 buah menjadi 6. Selain mengatur pencahayaan dengan mengurangi jumlah, pemasangan lampu dengan metode *inbow* (pemasangan lampu ada di dalam plafon) pun sebaiknya diterapkan. Hal ini dikarenakan pantulan cahaya dari lampu menyebabkan pantulan silau dari *glass board* dan munculnya bayangan di *glass board* yang mengganggu aktivitas belajar mengajar di ruangan perkuliahan. Metode pemasangan lampu *inbow* digunakan untuk memfokuskan pencahayaan ke suatu area tertentu sehingga pencahayaan tidak terlalu menyebar. Hal ini dilakukan dengan cara menanam lampu di dalam

plafon. Hal ini juga meningkatkan *safety* di dalam ruang perkuliahan. Kondisi ini digambarkan seperti gambar di bawah :



Gambar 4. 11 Pemasangan Lampu Metode Inbow

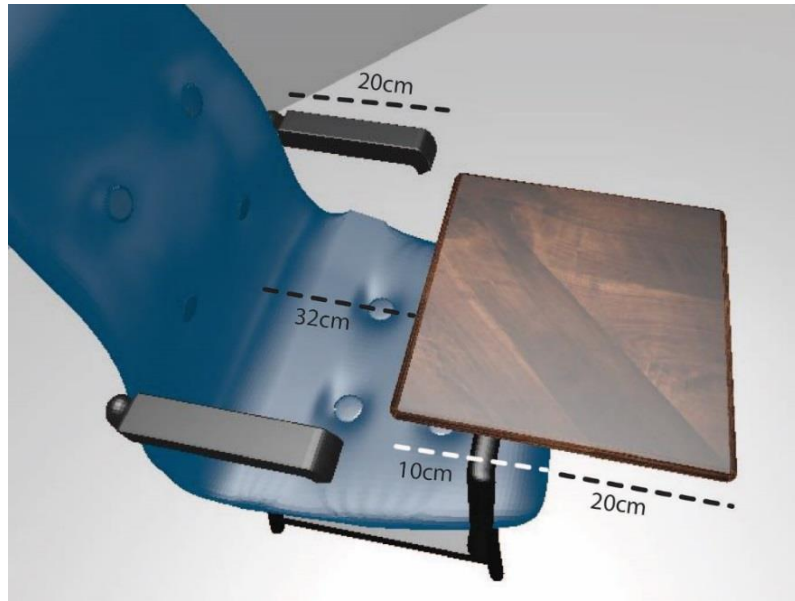
Peneliti menemukan bahwa pemasangan gorden juga dapat meminimalisir pencahayaan yang masuk ke ruang perkuliahan dari luar kelas sehingga dapat meminimalisir pantulan bayangan yang terjadi di *glass board*. Pemasangan gorden sebaiknya yang berwarna gelap agar lebih efektif dalam membatasi cahaya yang masuk ke dalam ruang perkuliahan. Selain itu, pemasangan gorden juga dapat mencegah hilangnya konsentrasi mahasiswa saat belajar karena melihat keadaan yang ada di luar ruang perkuliahan.

4. Kursi dan Meja

Peneliti merancang kembali infrastruktur kursi dan meja yang baru yang ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 4. 12 Rancangan Kursi dan Meja 1



Gambar 4. 13 Rancangan Kursi dan Meja 2



Gambar 4. 14 Rancangan Kursi dan Meja 3



Gambar 4. 15 Rancangan Kursi dan Meja 4



Gambar 4. 16 Rancangan Kursi dan Meja 5

Peneliti membandingkan desain meja dan kursi yang baru dan kursi dan meja yang saat ini dipakai di ruang perkuliahan B 103 dengan menggunakan *benchmarking*, *concept screening* dan *concept scoring*. Sebelum membandingkan, peneliti terlebih dahulu menentukan *needs* dan bobotnya dari kursi dan meja yang dibutuhkan di dalam ruang perkuliahan.

Tabel 4. 3 Needs Kursi dan Meja Perkuliahan

No	Needs	Imp.
1	Kenyamanan saat duduk	5
2	Durability	3
3	Mudah diangkat	2
4	Ukuran memenuhi standar ergonomi	4
5	Harga ekonomis	4
6	Tidak mudah kotor	3
7	Mudah dibersihkan	2
8	Stylish	2

Dari tabel di atas, dapat dilihat *needs* dan bobot masing-masing *needs* untuk pembuatan meja dan kursi.

Tabel 4. 4 Benchmarking

No	Need	Imp	Kursi Aktual	Kursi Baru
1	Kenyamanan saat duduk	5	*****	****
2	Durability	3	****	****
3	Mudah diangkat	2	**	***
4	Ukuran memenuhi standar ergonomi	4	****	****
5	Harga ekonomis	4	***	****
6	Tidak mudah kotor	3	***	****
7	Mudah dibersihkan	2	**	***
8	Stylish	2	****	***

Dari tabel di atas, dapat dilihat perbandingan antara kursi aktual dan kursi baru berdasarkan metode *benchmarking*.

Setelah membandingkan dengan metode *benchmarking*, peneliti melakukan perbandingan antara kursi aktual dan baru berdasarkan metode *concept screening* dan *concept screening*. *Concept screening* dan *concept screening* ditunjukkan oleh tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4. 5 Concept Screening

SELECTION CRITERIA	KURSI BARU	REF (KURSI AKTUAL)
Kenyamanan saat duduk	0	0
Durability	0	0
Mudah diangkat	+	0
Ukuran memenuhi standar ergonomi	+	0
Harga ekonomis	+	0
Tidak mudah kotor	+	0
Mudah dibersihkan	+	0
Stylish	-	0
PLUSES	5	
SAMES	2	
MINUSES	1	
NET	4	
RANK	1	
CONTINUE	Yes	

Dari tabel 4.5, dapat dilihat perbandingan antara kursi aktual dan baru berdasarkan metode *concept screening*. Terdapat 5 poin yang lebih baik, 2 poin yang setara dan 1 poin yang kurang dibandingkan dengan kursi aktual.

Tabel 4. 6 Concept Scoring

SELECTION CRITERIA	Weight	KURSI LAMA		KURSI BARU	
		Rating	Score	Rating	Score
Kenyamanan saat duduk	25%	5	1.25	5	1.25
Durability	10%	4	0.4	4	0.4
Mudah diangkat	5%	2	0.1	3	0.15
Ukuran memenuhi standar ergonomi	20%	4	0.8	4	0.8
Harga ekonomis	20%	3	0.6	4	0.8
Tidak mudah kotor	10%	3	0.3	4	0.4
Mudah dibersihkan	5%	2	0.1	3	0.15
Stylish	5%	4	0.2	3	0.15
Total Score	100%	3.75		4.1	
Rank		2		1	

Dari tabel 4.6, dapat dilihat perbandingan antara kursi aktual dan baru berdasarkan metode *concept scoring*. Penilaian kursi baru lebih baik dari kursi lama/aktual dengan poin 4.1.

Tabel 4. 7 Matriks Spesification

No	Needs	Imp.	Spesifikasi													
			Alas duduk dan sandaran dari bahan kulit	Meja terbuat dari kayu	Bahan pembuatan kursi dari kayu dan plastik	Sandaran tangan terbuat dari kayu	Tinggi alas duduk dari lantai 40 cm	Ujung alas duduk dibuat agak bulat	Luas alas duduk 50cm x 42cm	Kemiringan sandaran punggung 105°	Tinggi sandaran punggung 45cm dan lebarnya 50cm	Tinggi meja belajar dari permukaan tanah 60cm	Meja belajar statis dan tidak miring	Ukuran meja belajar 30cmx30cm	Terdapat sandaran tangan kanan dan kiri	Tumpuan tangan kiri sebagai pintu masuk
1	Kenyamanan saat duduk	5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Durability	3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Mudah diangkat	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Ukuran memenuhi standar ergonomi	4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Harga ekonomis	4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Tidak mudah kotor	3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Mudah dibersihkan	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Stylish	2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Berdasarkan matriks spesifikasi di atas, dapat dilihat spesifikasi dari desain kursi dan meja baru dan hubungan spesifikasi dengan kebutuhan pelanggan.

Setelah membuat benchmarking, *concept screening*, *concept scoring* dan *matriks specification*, maka dibuat table *House Of Quality* dengan mempertimbangkan dan menggabungkan data dari tabel-tabel sebelumnya. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari tabel *House Of Quality* dari desain kursi dan meja baru :

Beberapa spesifikasi dari desain kursi dan meja yang baru antara lain ;

- a. Alas duduk dan sandaran dari bahan kulit

- b. Meja terbuat dari kayu
- c. Bahan pembuatan kursi dari kayu dan plastik
- d. Sandaran tangan terbuat dari kayu
- e. Tinggi alas duduk dari lantai 40 cm
- f. Ujung alas duduk dibuat agak bulat
- g. Luas alas duduk 50 cm x 42 cm
- h. Kemiringan sandaran punggung 105°
- i. Tinggi sandaran punggung 45cm dan lebarnya 50cm
- j. Tinggi meja belajar dari permukaan tanah 60cm
- k. Meja belajar statis dan tidak miring
- l. Ukuran meja belajar 30cm x 20cm
- m. Terdapat sandaran tangan kanan dan kiri
- n. Tumpuan tangan kiri sebagai pintu masuk
- o. Memiliki rak buku di bawah kursi

Berdasarkan hubungan antara spesifikasi dan kebutuhan pelanggan maka tingkat kepentingan spesifikasi diurutkan sebagai berikut :

1. Bahan pembuatan kursi dari kayu dan plastik (352)
2. Terdapat sandaran tangan kanan dan kiri (332)
3. Ujung alas duduk dibuat agak bulat (332)
4. Tinggi alas duduk dari lantai 40 cm (324)
5. Luas alas duduk 50 cm x 42 cm (324)
6. Kemiringan sandaran punggung 105° (324)
7. Tinggi sandaran punggung 45cm dan lebarnya 50cm (324)
8. Tinggi meja belajar dari permukaan tanah 60cm (324)

9. Meja belajar statis dan tidak miring (324)
10. Ukuran meja belajar 30cm x 20cm (324)
11. Alas duduk dan sandaran dari bahan kulit (260)
12. Tumpuan tangan kiri sebagai pintu masuk (212)
13. Meja terbuat dari kayu (152)
14. Sandaran tangan terbuat dari kayu (104)
15. Memiliki rak buku di bawah kursi (76)

Berdasarkan penilaian *competitive analysis* secara keseluruhan produk desain kursi dan meja baru memiliki hasil penilaian yang lebih dibandingkan kursi dan meja yang lama.

Berdasarkan perbandingan menggunakan metode *benchmarking*, *concept screening*, *concept scoring*, *matriks specification*, *House Of Quality (HOQ)*. Maka, desain kursi dan meja yang baru layak untuk dikembangkan.

Berikut beberapa kelebihan desain kursi dan meja yang dibuat oleh peneliti dibandingkan dengan kursi dan meja aktual :

1. Memiliki tumpuan tangan kiri

Kursi dan meja aktual tidak memiliki tumpuan untuk tangan kiri. Hal ini menyebabkan banyak mahasiswa yang bertumpu tangan kiri ke meja mahasiswa lain di sebelah kirinya. Hal ini mengganggu kenyamanan belajar mahasiswa di ruang perkuliahan.

2. Meja statis

Meja aktual tidak memiliki meja yang paten sehingga menyebabkan mahasiswa kesulitan saat menulis karena meja bergoyang-goyang dan tidak stabil. Hal ini disebabkan beberapa kondisi tumpuan meja yang sudah tidak stabil dan baut yang kendur sehingga terkadang menyebabkan meja terlepas dari kursi. Desain meja yang baru dirancang statis atau paten sehingga tidak akan bergoyang atau bergeser. Hal ini disebabkan tidak seperti kursi dan meja lama dimana meja yang diberikan engsel untuk masuk dan duduk di kursi,

desain kursi dan meja yang baru menggunakan tumpuan tangan kiri yang diberi engsel dan dapat diangkat 105° dan berfungsi untuk keluar masuk mahasiswa dari kursi dan meja.

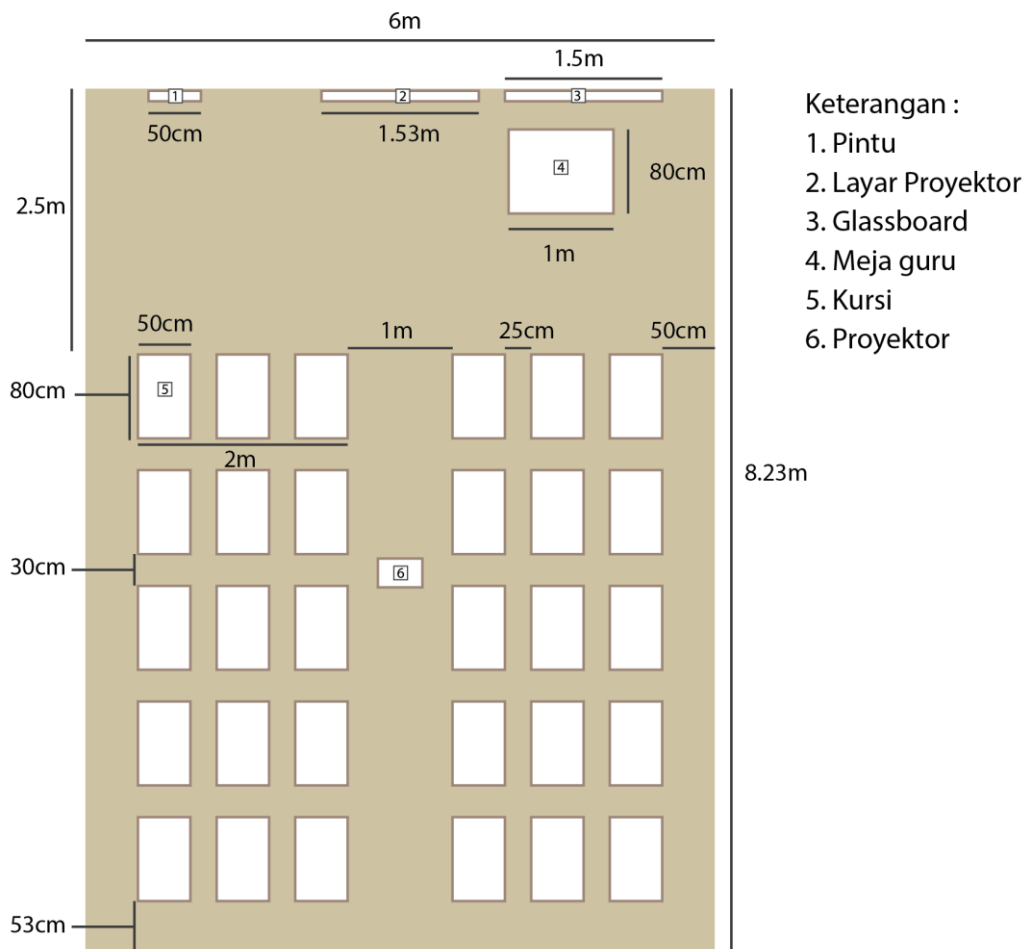
4.2.2.2 Kapasitas Ruangan

Berdasarkan data dari Universitas ITENAS, standar kebutuhan ruang untuk mahasiswa di dalam ruang perkuliahan adalah 1.4 m^2 . Apabila menggunakan perbandingan luas ruangan dan kebutuhan ruang mahasiswa menurut standar maka jumlah mahasiswa maksimum untuk ruang perkuliahan B 103 adalah :

Jumlah Mahasiswa = Luas Ruangan/Kebutuhan Ruang Mahasiswa = $(8.23 \times 6)/1.4 = 35.27 \approx 35$ orang.

Berdasarkan perhitungan jumlah mahasiswa maksimum untuk ruang perkuliahan B 103 adalah 35 orang. Hal ini belum termasuk ruang-ruang selain ruang mahasiswa seperti ruang dosen, *space* jalan dan lain-lain.

Pada kondisi ruang perkuliahan B 103 saat ini kebutuhan ruang mahasiswa di ruang perkuliahan hanya $(0.8\text{m (panjang kursi)} + 0.3\text{m (space depan)} + 0.3\text{m (space belakang)}) \times 0.5\text{m (lebar kursi)} = 0.7 \text{ m}^2$. Pada kondisi aktual dan data dari pihak akademik, jumlah mahasiswa yang hadir di dalam ruang perkuliahan tidak mencapai 40 orang, bahkan kondisi maksimum yang mungkin terjadi di dalam ruang perkuliahan tersebut hanya mencapai 30 orang. Jumlah kursi dan meja yang terlalu banyak dan jarak yang terlalu rapat karena menempel satu dan yang lain menyebabkan *space* untuk mahasiswa berkurang sehingga menyebabkan kesulitan pergerakan mahasiswa. Karena itu, peneliti membuat design layout ruang perkuliahan B 103 yang baru pada gambar 4.18. Berdasarkan gambar 4.18, dapat dilihat bahwa *space* untuk kursi dan meja mahasiswa bertambah karena adanya jarak antar kursi sebesar 25 cm sehingga dapat memperluas pergerakan mahasiswa ketika proses belajar mengajar. Perhitungan kebutuhan ruang mahasiswa berdasarkan layout baru $(0.8\text{m (panjang kursi)} + 0.6\text{m (space depan belakang)}) \times (0.5\text{m (lebar kursi)} + 0.5\text{m (space kiri kanan)}) = 1.4 \text{ m}^2$. Dalam hal ini, kebutuhan ruang mahasiswa terpenuhi.



Gambar 4. 17 Rancangan Layout Ruang B 103

4.2.2.3 Warna Dominan Ruangan

Berdasarkan tabel karakteristik warna, warna putih mempunyai karakteristik antara lain : mempunyai tingkat pencahayaan yang tinggi, memberikan kesan suci, bersih, mewah, dan kekosongan. Selain itu warna putih juga memiliki daya *reflectance* yang sangat tinggi yaitu 85%.

4.3 Faktor Lingkungan

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang merupakan faktor *intangibile* (nyata) di ruang perkuliahan B 103 yang harus diperbaiki keadaannya ataupun ditambahkan antara lain suhu dan kelembaban, kebisingan dan pencahayaan.

4.3.1 Data Faktor Lingkungan

Data faktor *tangible* terdiri dari data yang berkaitan dengan suhu dan kelembaban, kebisingan dan pencahayaan.

4.3.1.1 Suhu dan Kelembaban

Peneliti mengambil data suhu dan kelembaban ruangan di ruang perkuliahan B 103 dengan kondisi menyala 2 buah AC (*Air Conditioner*) yang masing-masing memiliki spesifikasi 1 PK dan 2 PK dan dinyalakan pada kondisi maksimum yaitu pada suhu 16°C dan kuota ruangan dalam kondisi maksimum (30 orang). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat bantu yaitu thermometer ruangan. Berikut hasil data pengamatan suhu dan kelembaban ruangan di ruang perkuliahan B 103 yang dilakukan dari tanggal 28 November 2016-2 Desember 2016.

Tabel 4. 8 Data Suhu dan Kelembaban Ruangan

Tanggal	Periode	Jam Pengamatan	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
28-Nov-16	Pagi Hari	7:00	20.2	48
		8:00	20.8	47
		9:00	21.9	49
	Siang Hari	11:00	25.2	51
		12:00	25.4	52
		13:00	25.1	51
	Malam Hari	17:00	24.7	50
		18:00	24.5	51
		19:00	25.2	51
29-Nov-16	Pagi Hari	7:00	21.1	46
		8:00	21.4	48
		9:00	22.2	50
	Siang Hari	11:00	26.5	51
		12:00	25.8	51
		13:00	25.4	52
	Malam Hari	17:00	24.4	51
		18:00	24.3	50
		19:00	24.1	50

30-Nov-16	Pagi Hari	7:00	22.9	47
		8:00	23.2	46
		9:00	23.1	50
	Siang Hari	11:00	25.1	49
		12:00	24.8	49
		13:00	24.9	50
	Malam Hari	17:00	24.8	49
		18:00	24.7	48
		19:00	24.8	50
1-Dec-16	Pagi Hari	7:00	22.1	45
		8:00	22.4	47
		9:00	22.5	47
	Siang Hari	11:00	24.8	49
		12:00	24.6	49
		13:00	25.6	50
	Malam Hari	17:00	24.3	49
		18:00	24.1	50
		19:00	24.6	51
2-Dec-16	Pagi Hari	7:00	21.8	48
		8:00	22.3	47
		9:00	22.5	49
	Siang Hari	11:00	24.1	50
		12:00	24.7	50
		13:00	25.3	50
	Malam Hari	17:00	24.7	49
		18:00	25.2	52
		19:00	25.1	51

4.3.1.2 Kebisingan

Peneliti melakukan pengambilan data intensitas kebisingan yang dilakukan setiap periode 1 jam selama kurun waktu 8 jam dan kuota ruangan dalam kondisi maksimum. Berikut data intensitas kebisingan :

Tabel 4. 9 Data Intensitas Kebisingan

Jam Pengamatan	Intensitas Suara (dB)
09:00-10:00	51.8
10:00-11:00	81.3
11:00-12:00	72.7
12:00-13:00	73.8
13:00-14:00	102.4
14:00-15:00	90.2
15:00-16:00	85.7
16:00-17:00	84.8

Berdasarkan data di atas, terdapat alasan mengenai tingkat intensitas suara pada jam tertentu yang disebabkan oleh suatu kondisi antara lain :

1. 09.00-10.00, intensitas kebisingan rendah karena terdapat banyak perkuliahan di pagi hari sehingga kebanyakan mahasiswa berada di dalam ruang perkuliahan.
2. 10.00-11.00, intensitas kebisingan mulai tinggi karena perkuliahan pagi selesai sehingga banyak mahasiswa menyebabkan kebisingan di luar kelas.
3. 11.00-13.00, intensitas kebisingan menurun karena perkuliahan pada siang hari berlangsung, namun perkuliahan siang tidak sebanyak perkuliahan pagi.
4. 13.00-14.00, intensitas kebisingan berada di puncak karena banyak mahasiswa yang sudah menyelesaikan perkuliahan siang dan berkumpul di lobby gedung B.
5. 14.00-17.00, intensitas kebisingan masih tinggi karena adanya kebisingan yang disebabkan mahasiswa di lobby gedung B dan adanya mahasiswa yang bermain basket di lapangan basket.

4.3.1.3 Pencahayaan

Berdasarkan hasil pengamatan, objek penelitian yang dijadikan sebagai tempat pengambilan data yaitu ruang B 103 memiliki ukuran 8.23m x 6m dan menggunakan lampu tabung LED 22 Watt sebanyak 9 buah dengan kondisi menyala. Peneliti mengukur tingkat *Illuminance* di ruangan tersebut dengan membagi ruangan kelas menjadi 6 bagian. Peneliti mengukur tingkat intensitas cahaya dengan menggunakan light meter dari ketinggian 0.6m yang merupakan

tinggi meja belajar (benda objek) dari permukaan lantai dengan kondisi ruangan gelap atau malam hari di luar ruangan sehingga intensitas pencahayaan di dalam kelas maksimum. Berikut hasil pengambilan data intensitas cahaya di ruangan B 103.

Depan Kelas

37.72 fc	35.7 fc	8.23 m
38.35 fc	37.65 fc	
39.59 fc	39.58 fc	

6 m

Gambar 4. 18 Tingkat Iluminasi Berdasarkan Zona

4.3.2 Analisis Faktor Lingkungan

4.3.2.1 Suhu dan Kelembaban

1. Rata-Rata Suhu dan Kelembaban Ruangan

Peneliti menganalisis rata-rata suhu dan kelembaban ruangan per periode berdasarkan hasil pengambilan data suhu dan kelembaban ruangan.

- Pagi Hari

Rata-rata suhu di ruangan B 103 pada pagi hari adalah sebagai berikut:

$$(20.2^{\circ}\text{C} + 20.8^{\circ}\text{C} + 21.9^{\circ}\text{C} + 21.1^{\circ}\text{C} + 21.4^{\circ}\text{C} + 22.2^{\circ}\text{C} + 22.9^{\circ}\text{C} + 23.2^{\circ}\text{C} + 23.1^{\circ}\text{C} + 21.1^{\circ}\text{C} + 22.4^{\circ}\text{C} + 22.5^{\circ}\text{C} + 21.8^{\circ}\text{C} + 22.3^{\circ}\text{C} + 22.5^{\circ}\text{C}) : 15 = 329.4^{\circ}\text{C} : 15 = 21.96^{\circ}\text{C}$$

Rata-rata kelembaban di ruangan B 103 pada pagi hari adalah sebagai berikut:

$$(48\% + 47\% + 49\% + 46\% + 48\% + 50\% + 47\% + 46\% + 50\% + 45\% + 47\% + 47\% + 50\% + 50\% + 50\%) : 15 = 47.6\%$$

- Siang Hari

Rata-rata suhu di ruangan B 103 pada siang hari adalah sebagai berikut:

$$(25.2^{\circ}\text{C} + 25.4^{\circ}\text{C} + 25.1^{\circ}\text{C} + 26.5^{\circ}\text{C} + 25.8^{\circ}\text{C} + 25.4^{\circ}\text{C} + 25.1^{\circ}\text{C} + 24.8^{\circ}\text{C} + 24.9^{\circ}\text{C} + 24.8^{\circ}\text{C} + 24.6^{\circ}\text{C} + 25.6^{\circ}\text{C} + 24.1^{\circ}\text{C} + 24.7^{\circ}\text{C} + 25.3^{\circ}\text{C}) : 15 = 377.3^{\circ}\text{C} : 15 = 25.15^{\circ}\text{C}$$

Rata-rata kelembaban di ruangan B 103 pada siang hari adalah sebagai berikut :

$$(51\% + 52\% + 51\% + 51\% + 51\% + 52\% + 49\% + 49\% + 50\% + 49\% + 49\% + 50\% + 50\% + 50\% + 50\%) : 15 = 48\%$$

- Malam Hari

Rata-rata suhu di ruangan B 103 pada malam hari adalah sebagai berikut:

$$(25.1^{\circ}\text{C} + 24.7^{\circ}\text{C} + 24.5^{\circ}\text{C} + 24.4^{\circ}\text{C} + 24.3^{\circ}\text{C} + 24.1^{\circ}\text{C} + 24.8^{\circ}\text{C} + 24.7^{\circ}\text{C} + 24.8^{\circ}\text{C} + 24.3^{\circ}\text{C} + 24.1^{\circ}\text{C} + 24.6^{\circ}\text{C} + 24.7^{\circ}\text{C} + 25.2^{\circ}\text{C} + 25.1^{\circ}\text{C}) : 15 = 369.4^{\circ}\text{C} : 15 = 24.62^{\circ}\text{C}$$

Rata-rata kelembaban di ruangan B 103 pada malam hari adalah sebagai berikut :

$$(50\% + 51\% + 51\% + 51\% + 50\% + 50\% + 49\% + 48\% + 50\% + 49\% + 50\% + 51\% + 49\% + 52\% + 51\%) : 15 = 50.4\%$$

2. Kategori Rata-Rata Suhu Per Periode

Peneliti menganalisis kategori rata-rata suhu dan kelembaban ruangan per periode berdasarkan grafik *thermal comfort zone*.

- Pagi Hari

Pada pagi hari, rata-rata suhu dan kelembaban di ruangan B 103 yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan adalah 21.96°C dan 47.6% . Berdasarkan grafik *thermal comfort zone*, 21.96°C dan 47.6% termasuk ke dalam kategori suhu dan kelembaban yang nyaman.

- Siang Hari

Pada siang hari, rata-rata suhu dan kelembaban di ruangan B 103 yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan adalah 25.15°C dan 48% . Berdasarkan grafik

thermal comfort zone, 25.15°C dan 48% termasuk ke dalam kategori suhu dan kelembaban yang nyaman.

- Malam Hari

Pada malam hari, rata-rata suhu dan kelembaban di ruangan B 103 yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan adalah 24.62°C dan 50.4%. Berdasarkan grafik *thermal comfort zone*, 24.62°C dan 50.4% termasuk ke dalam kategori suhu dan kelembaban yang nyaman.

3. Analisis Perbaikan

Berdasarkan hasil pengamatan rata-rata suhu dan kelembaban di ruangan B 103 pada pagi, siang, dan malam hari termasuk ke dalam kategori *thermal comfort zone* atau suhu dan kelembaban yang tergolong nyaman. Namun peneliti berasumsi bahwa penggunaan 2 buah AC dengan spesifikasi 1 PK dan 2 PK selalu pada kondisi maksimum yaitu suhu 16°C dan kecepatan fan maksimum sangat tidak efisien untuk ruangan kelas berkuota 30 orang karena menyebabkan pemborosan sumber daya dan memperpendek usia penggunaan AC. Berikut gambar AC yang saat ini digunakan di ruang perkuliahan B 103 :



Gambar 4. 19 AC 2 PK Ruang B 103



Gambar 4. 20 AC 1 PK Ruang B 103

Peneliti melakukan perhitungan untuk spesifikasi AC yang efisien berdasarkan kondisi ruangan dan jumlah orang di dalam ruangan. Rumus untuk menghitung kebutuhan AC adalah sebagai berikut :

$$\text{(Panjang x Lebar x Tinggi Ruangan x Faktor 1 x 37) + (Jumlah orang x Faktor 2)} \quad (4.1)$$

Diketahui :

Panjang Ruangan = 8.23m

Lebar Ruangan = 6m

Tinggi Ruangan = 2.5m

Faktor 1 = 6

Jumlah Orang = 30 orang

Faktor 2 = 500 Btu

Sehingga, $(8.23 \times 6 \times 2.5 \times 6 \times 37) + (30 \times 500) = 27405.9 + 15000 = 42405.9$ Btu

Jadi, jumlah energi yang diperlukan untuk ruang perkuliahan B 103 adalah 42405.9 Btu.

Saat ini, ruang perkuliahan B 103 menggunakan 2 buah AC dengan spesifikasi 1 PK dan 2 PK. Berdasarkan data, AC 1 PK dan 2 PK masing-masing hanya menghasilkan energi sebesar 10000 Btu dan 18000 Btu, sehingga total energi yang dihasilkan hanya 28000 Btu. Nilai ini sangat jauh dari standar yang seharusnya yaitu 42405.9 Btu. Dalam kasus ini, ruangan kelas masih dapat terasa dingin dan sejuk namun dengan syarat kedua AC harus selalu dinyalakan dalam kondisi maksimum yaitu suhu 16°C dan kecepatan fan maksimum. Hal ini menyebabkan pemborosan sumber daya dan menyebabkan usia penggunaan AC lebih pendek. Karena itu, peneliti menyarankan untuk mengganti AC yang ada di dalam ruangan kelas B 103 menjadi 2 PK dan 2.5 PK yang masing-masing menghasilkan energi sebesar 18000 Btu dan 25000 Btu, sehingga total energi yang dihasilkan sebesar 43000 Btu dan sudah cukup untuk memenuhi standar 42405.9 Btu. Beberapa keuntungan yang dihasilkan setelah mengganti AC menjadi 2 PK dan 2.5 PK antara lain ;

- Penghematan energi karena AC tidak perlu bekerja secara maksimum (suhu cukup 22°C - 25°C dan kecepatan fan standar) sehingga kompresor AC tidak bekerja terus menerus.
- Memperpanjang usia penggunaan AC karena tidak perlu bekerja secara maksimum (suhu cukup 22°C - 25°C dan kecepatan fan standar).

4.3.2.2 Kebisingan

1. Analisis Time Permissible Noise Exposures

Time Permissible Noise Exposures adalah lama waktu toleransi untuk suatu level suara tertentu. Untuk menentukan *Time Permissible Noise Exposures* digunakan rumus sebagai berikut :

$$T = 8/2^{(L-90)/5} \quad (4.2)$$

dimana : L = Noise Level (dB)

Berdasarkan hasil data pengamatan di ruang B 103, maka *Time Permissible Noise Exposures* untuk masing-masing sound level adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Time Permissible Noise Exposures

Jam Pengamatan	Intensitas Suara (dB)	Time Permissible (Jam)
09:00-10:00	87.9	10.70
10:00-11:00	90.4	7.57
11:00-12:00	88.2	10.27
12:00-13:00	89.8	8.22
13:00-14:00	102.4	1.43
14:00-15:00	90.2	7.78
15:00-16:00	86.7	12.64
16:00-17:00	86.5	13.00

2. Analisis Intensitas Kebisingan Berdasarkan Konsep OSHA *Noise Dose*

Berdasarkan konsep OSHA *Noise Dose*, apabila di dalam suatu kurun waktu tertentu terjadi beberapa level suara dalam durasi spesifik yang berbeda-beda, maka dapat menggunakan rumus :

$$D = 100 \times (C_1 / T_1 + C_2 / T_2 \dots + C_n / T_n) \quad (4.3)$$

dimana :

D = noise dose

C = durasi waktu spesifik yang terjadi (jam)

T = toleransi waktu berdasarkan tabel *Permissible Noise Exposures* (jam)

Menurut OSHA *Noise Dose*, nilai *Noise Dose* yang baik tidak boleh melebihi 100 ($D \leq 100$).

Berdasarkan hasil data pengamatan, maka nilai noise dose di ruangan B 103 adalah sebagai berikut :

$$D = 100 \times (1/10.70 + 1/7.57 + 1/10.27 + 1/8.22 + 1/1.43 + 1/7.78 + 1/12.64 + 1/13) = 100 \times 1.42 = 142$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai D di ruang B 103 adalah 142. Intensitas kebisingan di ruang B 103 tergolong tidak baik karena nilai $D > 100$.

3. Analisis Perbaikan

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai D di ruang B 103 adalah 142. Intensitas kebisingan di ruang B 103 tergolong tidak baik karena nilai $D > 100$. Namun, peneliti berpendapat bahwa kebisingan yang terjadi tidak mengganggu aktivitas belajar mengajar di ruang perkuliahan karena tidak terjadi pada saat jam perkuliahan berlangsung. Bahkan pada saat jam perkuliahan berlangsung, intensitas kebisingan cenderung menurun. Karena itu, peneliti tidak menyarankan perbaikan apapun untuk kondisi kebisingan.

4.3.2.3 Pencahayaan

1. *Intensity*

Intensity adalah jumlah cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Perhitungan *intensity* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\textit{Illuminance (fc)} = \textit{Intensity (cd)} / \textit{D}^2 (\textit{feet}^2) \quad (4.4)$$

Berdasarkan data pengukuran *Illuminance* maka didapatkan rata-rata nilai *Illuminance* di urang perkuliahan B 103 adalah sebagai berikut :

$$(37.72 + 38.35 + 39.59 + 35.7 + 37.65 + 39.58) / 6 = 38.09 \text{ fc}$$

D^2 adalah jarak antara sumber cahaya dan benda objek. Pada kasus ruang perkuliahan B 103, D^2 diasumsikan sebagai jarak antara plafon (tempat lampu berada) dengan benda objek (meja belajar). Tinggi ruang perkuliahan B 103 adalah 2.5 meter. Tinggi pengukuran benda objek dari permukaan lantai adalah 0.6 meter.

Sehingga, $D^2 = 2.5\text{m} - 0.6\text{m} = 1.9\text{m} = 6.2336 \text{ feet}$ ($1\text{m} = 3.28 \text{ feet}$)

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan :

$$\text{Intensity (cd)} = \text{Illuminance (fc)} \times D^2 (\text{feet}^2) = 38.09 \times 6.2336^2 = 1480.09 \text{ cd} = 18604.73 \text{ lumens} \quad (1 \text{ cd} = 12.57 \text{ lumens})$$

Di dalam ruang perkuliahan B 103, terdapat 9 buah lampu sehingga perhitungan *intensity* untuk 1 sumber cahaya adalah $18604.73 \text{ lumens}/9 = 2067.19 \text{ lumens}$.

Pada kasus ini, ruang perkuliahan B 103 menggunakan lampu LED tabung 22 Watt. Menurut data yang didapatkan lampu LED tabung 22 Watt dapat menghasilkan intensitas cahaya sebesar 2500-2600 lumens. Namun pada aktualnya hanya menghasilkan 2067.19 lumens. Peneliti berpendapat bahwa hal ini disebabkan oleh faktor usia penggunaan lampu yang sudah terlalu lama.

2. *Reflectance*

Reflectance adalah persentase daya pantul dari permukaan suatu objek berdasarkan warna dominan atau jenis permukaan benda. Berdasarkan tabel persentase kemampuan *reflectance* dari masing-masing warna, ruang perkuliahan B 103 memiliki warna dominan putih yang memiliki daya *reflectance* 85%.

3. *Luminance*

Luminance adalah jumlah cahaya yang dipantulkan oleh benda objek. Perhitungan *luminance* menggunakan rumus :

$$\text{Luminance (fL/foot lamberts)} = \text{Illuminance} \times \text{Reflectance} \quad (4.5)$$

Sehingga, nilai *Luminance* di ruang perkuliahan B 103 adalah :

$$\text{Luminance (fL/foot lamberts)} = 38.09 \times 85\% = 32.3765 \text{ fL}$$

4. Analisis Kategori *Illuminance*

Dari hasil pengamatan, intensitas cahaya di ruangan B 103 berkisar dari 38.09 fc. Berdasarkan tabel kategori *illuminance*, intensitas cahaya di ruangan B 103 termasuk ke dalam kategori D yang memiliki range dari 20fc-30fc-50fc dan cocok digunakan dalam kegiatan belajar mengajar di ruangan perkuliahan. Untuk

menentukan 20 fc (rendah), 30 (sedang), 50 (tinggi) yang cocok digunakan di ruang perkuliahan B 103, maka digunakan tabel berikut:

Berdasarkan tabel kategori bobot, maka kondisi yang menggambarkan ruang perkuliahan B 103 adalah

1. Usia < 40 = -1
2. *Reflectance* 85% = -1
3. Keakuratan sangat penting = +1

Maka total bobot adalah -1. Sehingga digunakan range illuminance dengan tingkat sedang yaitu 30 fc.

5. Analisis Jumlah Lampu

Saat ini, intensitas cahaya di ruangan B 103 adalah sebesar 38.09 fc Berdasarkan tabel kategori *illuminance* dan kategori bobot, untuk kegiatan belajar mengajar di ruangan perkuliahan B 103 cukup diperlukan penerangan sebesar 30 fc yang termasuk ke dalam kategori D. Ditambah dengan perhitungan *intensity*, penggunaan lampu sudah tidak efektif karena faktor usia sehingga hanya menghasilkan *intensity* sebesar 2067.19 lumens, dimana seharusnya lampu LED tabung 22 Watt dapat menghasilkan *intensity* sebesar 2500-2600 lumens. Karena itu, peneliti menyarankan untuk penggantian lampu di ruangan perkuliahan B 103 dan menentukan kembali jumlah lampu yang digunakan. Jumlah lampu tabung LED tabung 22 Watt yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$X = (\text{Luas Ruangan} \times \text{Intensitas Cahaya} \times 1/15 \text{ watt}) : \text{Daya Lampu} \quad (4.6)$$

$$X = ((8.23 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \times 30 \text{ fc} \times 1/15 \text{ watt}) : 22 \text{ watt}$$

$$X = (1728.3/15 \text{ watt}) : 22 \text{ watt}$$

$$X = 98.76 : 22$$

$$X = 4.48 \approx 5 \text{ buah}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, apabila dilakukan penggantian lampu LED tabung 22 Watt menjadi baru, maka hanya diperlukan sebanyak 5 buah lampu LED tabung 22 Watt untuk memberikan pencahayaan sebesar 30 fc di ruangan

perkuliahan B 103. Namun untuk mengantisipasi masalah usia penggunaan lampu seperti saat ini, maka peneliti menyarankan untuk menambahkan 1 lampu sebagai *spare* sehingga total lampu yang digunakan 6 buah.

6. Analisis Perbaikan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan lampu LED tabung 22 Watt di ruangan perkuliahan B 103 yang efisien adalah sebanyak 6 buah. Saat ini, penggunaan lampu LED tabung 22 Watt di ruangan perkuliahan B 103 adalah sebanyak 9 buah. Apabila hanya menggunakan 6 buah lampu, maka dapat melakukan penghematan atau efisiensi sebesar :

$$\text{Efisiensi} = ((\text{Jumlah lampu saat ini} - \text{Jumlah lampu efisien}) / \text{Jumlah lampu saat ini}) \times 100\% \quad (4.7)$$

$$\text{Efisiensi} = ((9 - 6 / 9) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = 33.33 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh penghematan sumber daya sebesar 33.33 % dalam penggunaan lampu di ruangan perkuliahan Universitas Presiden.

4.4 Hasil Analisis Perbaikan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat hasil analisis perancangan fasilitas belajar di ruang perkuliahan B 103 berdasarkan konsep ergonomi yang dapat dilakukan, antara lain :

1. Perancangan suhu dan kelembaban ruangan dengan mengganti AC ruangan menjadi 2 PK dan 2.5 PK guna penghematan sumber daya dan juga memperpanjang usia penggunaan AC.
2. Tidak diperlukan perbaikan untuk masalah kebisingan karena kebisingan terjadi di luar jam perkuliahan.
3. Perancangan pencahayaan ruangan dengan mengganti jumlah lampu LED tabung 22 Watt dari 9 buah menjadi 6 buah dan menggunakan metode pemasangan *inbow* guna meminimalisir pantulan silau di *glass board*.

4. Perancangan kapasitas ruangan dengan jumlah 30 mahasiswa dan 1 dosen di dalam kelas dan pengaturan *space* di sekitar kursi dan meja mahasiswa.
5. Penambahan infrastruktur di dalam ruangan antara lain monitor PC, gordena, *pointer* dan kelengkapan ATK lainnya.
6. Perancangan layar *infocus* dengan ukuran 70 inch dan jarak *infocus* ke layar 3.31m – 3.63m.
7. Perancangan kursi dan meja mahasiswa yang sesuai dengan standar ergonomi yang ditetapkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan analisis dan perancangan ulang terkait dengan faktor infrastruktur, pengaturan kapasitas ruangan, warna dominan ruangan dan faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban, kebisingan dan pencahayaan yang memenuhi standar ergonomi memberikan peluang untuk memperbaiki fasilitas belajar di ruang perkuliahan B 103.

5.2 Saran

Beberapa saran untuk penelitian perancangan fasilitas ruang perkuliahan berdasarkan konsep ergonomi yang akan dilakukan di masa depan, antara lain :

1. Penggunaan aplikasi komputer untuk pengolahan data dan desain rancangan ruang perkuliahan berdasarkan konsep ergonomi.
2. Penambahan jumlah sampel kelas yang dijadikan sampel penelitian.
3. Perancangan kampus berdasarkan ergonomi menyeluruh, bukan hanya terbatas pada ruang perkuliahan saja.

DAFTAR PUSTAKA

Dul, J. and B. Weerdmeester, *Ergonomic for Beginners A Quick Reference Guide*, London: Taylor & Francis, 1993.

Grandjean, E, *Fitting the Task to the Man*, London : Taylor & Francis, 1988.

Kotler, Philip dan Kevin Lane Keller, *Marketing Management*, Edisi ketigabelas, New Jersey : *Pearson Prentice Hall, Inc*, 2012.

Manuaba, A, *Kontribusi Ergonomi Dalam Pembangunan*, Universitas Gadjah Mada, 2004.

Niebel, Benjamin W. dan Andris Freivalds, *Niebel's Methods, Standards, and Work Design, Twelfth Edition*, New York : McGraw-Hill, 2009.

Olszewski, J, *Ergonomics for Work System Creating*, Amsterdam : Elsevier, 1998.

LAMPIRAN