

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

##### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan Rostwentiwaivi dan Fizriani (2019), suatu produk yang bermutu dan berkualitas dihasilkan melalui sistem yang terjaga dan memenuhi standar yang telah ditetapkan untuk industri pangan olahan. Salah satu standar yang dipenuhi untuk memperoleh produk dengan mutu yang konsisten dan memberikan sertifikasi bagi industri pengolahan pangan adalah GMP (*Good Manufacturing Practices*). Suatu sistem perusahaan yang melaksanakan GMP akan memperoleh sertifikasi yang akan meningkatkan kepercayaan konsumen karena beroperasi dengan menghasilkan produk yang aman dan terjamin.

Syarif, dkk (2022), melakukan penelitian pada sebuah UMKM yang memproduksi makanan, yaitu Opak. Objek penelitian ini mempunyai permasalahan berkaitan dengan kualitas area produksi yang tidak higienis, tidak nyaman, adanya *backtracking*, serta alur material yang tidak efisien yang menyebabkan aliran material berpotongan. Permasalahan ini mengakibatkan proses produksi menjadi terhambat. Pada analisis lebih lanjut yang berkaitan dengan penerapan aspek-aspek GMP, diperoleh bahwa UMKM bermasalah pada aspek bangunan dan fasilitas, penyimpanan, pemeliharaan, program sanitasi, serta mesin/peralatan. Berdasarkan aspek-aspek yang bermasalah tersebut, peneliti memberikan usulan perbaikan berupa perbaikan pada sistem kerja dengan cara merancang sistem SSOP, GMP, serta merancang *layout* produksi baru yang sesuai dengan standar keamanan dan kebersihan pangan.

Ayu, dkk (2021) juga melakukan penelitian untuk menyelesaikan permasalahan serupa pada industri pengolahan ikan patin asap. Permasalahan yang teridentifikasi adalah kualitas kondisi area produksi ikan patin asap masih belum memenuhi aspek sanitasi yang baik sehingga berdampak pada kualitas ikan yang menurun. Berdasarkan hasil analisis, aspek-aspek GMP yang menjadi permasalahan adalah bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi, dan karyawan. Peneliti memberikan usulan perbaikan berupa pembangunan fasilitas rumah pengolahan ikan yang baru yang sesuai dengan standar-standar GMP dan mengadakan pelatihan GMP bagi pekerja untuk meningkatkan kesadaran pekerja mengenai pentingnya *safety food*.

Ratna dan Aminullah (2020), melakukan penelitian pada UKM Kerupuk Ikan Sarden Dahlia. Permasalahan yang teridentifikasi pada UKM ini berkaitan dengan kualitas lingkungan produksi kerupuk ikan sarden yang masih belum memenuhi standar kelayakan GMP dan UKM belum menerapkan SSOP. Aspek-aspek GMP yang menjadi prioritas perbaikan pada penelitian ini adalah bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi, karyawan, serta program sanitasi. Peneliti memberikan usulan perbaikan berupa renovasi pada ruang produksi diikuti dengan pembuatan desain tata letak yang baru pada ruang produksi yang baru.

Juliyarsi, dkk (2021) melakukan penelitian pada IKM Rizky, yaitu usaha yang memproduksi kerupuk kulit. Permasalahan yang teridentifikasi pada IKM ini berkaitan dengan pemenuhan IKM Rizky yang masih belum sesuai dengan standar lingkungan kerja dan tata cara produksi yang baik sesuai GMP dan SSOP. Aspek-aspek GMP yang menjadi prioritas perbaikan pada penelitian ini adalah bangunan dan fasilitas, penyimpanan, mesin/peralatan, dan fasilitas sanitasi. Pada penelitian ini peneliti menerapkan usulan perbaikan berupa renovasi pada area produksi untuk memperbaiki tata letak area produksi serta memperkenalkan standar sanitasi dan hygiene kepada pekerja selama proses produksi.

Rostwentiwaivi dan Fizriani (2019), melakukan penelitian pada pengrajin tahu jojoh. Objek penelitian memiliki permasalahan berupa sistem pengolahan pangan pada pengrajin tahu yang masih belum sesuai dengan standar GMP dikarenakan kualitas dan kondisi fisik area produksi yang tidak ideal dan tidak menjamin faktor keamanan pangan. Hal ini dikarenakan masih ada beberapa aspek-aspek pada GMP yang belum terpenuhi, yaitu lokasi dan bangunan, fasilitas sanitasi, alat produksi, bahan baku, SDM, pengemas, dan penyimpanan. Peneliti pada penelitian ini menerapkan beberapa alternatif perbaikan yang dapat meningkatkan kualitas area produksi melalui penerapan GMP, yaitu mengatur tata letak dan alur produksi melalui perancangan tata letak dan melakukan renovasi bangunan serta penambahan peralatan sanitasi, APAR, dan P3K.

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa ringkasan dari studi literatur yang ditemukan pada penelitian terdahulu untuk menyelesaikan permasalahan yang serupa dengan penelitian ini.

**Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu**

No	Peneliti	Objek Penelitian	Masalah	Masalah Aspek GMP	Solusi	Aspek Perbaikan Elemen Masalah
1	Fitriana, R., dkk. (2020)	UKM MC (Produksi Dodol Betawi)	Kegiatan produksi dodol masih menggunakan tenaga manusia, pekerja belum memahami pentingnya kebersihan dan penggunaan APD ketika bekerja	Lokasi, fasilitas sanitasi, mesin/peralatan, pengawasan proses, karyawan,	Membuat SOP pembersihan peralatan kerja, memberikan peralatan APD baru kepada pekerja	<i>Man</i>
2	Sridaryati, E., dan Hakiki, D. N. (2021)	UKM Dimsum XYZ	UKM Dimsum XYZ masih belum memenuhi persyaratan GMP karena terdapat penyimpangan pada aspek sanitasi, alat produksi, dan pengawasan produksi	Lokasi, fasilitas sanitasi, mesin/peralatan, pengawasan proses, label produk	Menyediakan fasilitas pencegahan pest, mengganti peralatan produksi, memberi fasilitas sanitasi dan higiene, menguji bahan baku dan produk jadi, mendokumentasi proses produksi dan sanitasi, pemindahan bahan kimia dari ruang produksi, perbaikan label	<i>Environment, man</i>
3	Affandi, D. R., dkk. (2023)	UKM Nur Wahid	Fasilitas produksi yang dimiliki oleh UKM Nur Wahid masih belum memenuhi standar GMP. UKM juga masih belum mempunyai SOP proses produksi dengan standar yang terukur	Mesin/peralatan, karyawan	Memperkenalkan dan memberikan pelatihan terkait penerapan GMP dan keamanan pangan, mengganti alat produksi dengan alat berstandar <i>food grade</i>	<i>Environment, man, machine</i>
4	Umaira, T. (2022)	UKM Rempeyek Ilham	Sistem keamanan pangan masih belum diterapkan secara menyeluruh. Hal ini dibuktikan oleh pemenuhan aspek GMP masih pada persentase 83,33%	Bangunan dan fasilitas, kesehatan dan higiene karyawan, fasilitas sanitasi	Menambah fasilitas, pemasangan rambu peringatan, merenovasi area produksi, memberi penyuluhan pada karyawan	<i>Environment, man</i>

**Tabel 2.1. Lanjutan**

No	Peneliti	Objek Penelitian	Masalah	Aspek GMP	Solusi	Aspek Perbaikan Elemen Masalah
5	Kurniasari, N. I., dkk. (2022)	CV Buana Citra Sentosa	Aspek GMP masih belum diimplementasikan secara menyeluruh pada CV Buana Citra Sentosa, sehingga masih ditemukan beberapa penyimpangan aspek	Lokasi dan bangunan, fasilitas sanitasi, karyawan	Perbaikan SOP pencucian peralatan, perbaikan SOP kebersihan karyawan, renovasi lokasi dan bangunan, perbaikan SOP pembersihan lingkungan produksi	<i>Environment, man</i>
6	Hafina, A., dkk. (2021)	PT Central Pertiwi Bahari	Penerapan kelayakan dasar dari aspek GMP masih belum maksimal. Hal ini mempengaruhi mutu dan kualitas udang yang dihasilkan	Fasilitas sanitasi, karyawan	Penyediaan <i>hand dryer</i> untuk melengkapi fasilitas sanitasi toilet. Mengontrol karyawan dengan ketat	<i>Environment, man</i>
7	Rostwentiwaivi, V., dan Fizriani, A. (2019)	Pengrajin Tahu Jojoh	Pengolahan pangan pada pengrajin tahu masih belum sesuai dengan standar GMP dikarenakan kualitas dan kondisi fisik area produksi yang tidak ideal	Lokasi dan bangunan, fasilitas sanitasi, alat produksi, bahan baku, SDM, pengemas, penyimpanan	Mengatur tata letak dan alur produksi melalui perancangan tata letak dan melakukan renovasi bangunan, penambahan peralatan sanitasi, APAR, dan P3K	<i>Environment</i>
8	Syarif, A. A., dkk. (2022)	UMKM Desi	Kualitas area produksi tidak higienis, tidak nyaman, adanya <i>backtracking</i> , serta alur material yang tidak efisien menyebabkan aliran material berpotongan. Permasalahan ini mengakibatkan proses produksi terhambat	Penyimpanan, pemeliharaan dan program sanitasi, mesin/peralatan, bangunan dan fasilitas	Melakukan perbaikan pada sistem kerja dengan cara merancang sistem SSOP, GMP, serta merancang <i>layout</i> produksi baru yang sesuai dengan standar keamanan dan kebersihan pangan	<i>Environment, man</i>

**Tabel 2.1. Lanjutan**

No	Peneliti	Objek Penelitian	Masalah	Aspek GMP	Solusi	Aspek Perbaikan Elemen Masalah
9	Suhardi, B., dkk. (2020)	IKM Tahu Sari Murni Mojosongo	IKM Tahu masih belum menerapkan standar GMP pada proses produksinya	Penyimpanan, lokasi dan bangunan, fasilitas, pengawasan proses, program sanitasi	Merancang peraturan bagi karyawan produksi serta merancang SOP kebersihan area kerja	<i>Man</i>
10	Ayu, D. F., dkk. (2021)	Industri Pengolahan Ikan Patin Asap	Kualitas kondisi area produksi ikan patin asap belum memenuhi aspek sanitasi yang baik sehingga berdampak pada kualitas ikan yang menurun	Bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi, karyawan	Membangun fasilitas rumah pengolahan ikan yang baru, mengadakan pelatihan bagi pekerja	<i>Environment, man</i>
11	Suryanto, M. R., dan Sipahutar, Y. H. (2020)	Unit Pengolahan Ikan	Pengolahan udang pada unit pengolahan ikan masih belum memenuhi standar GMP dari segi fasilitas toilet dan sanitasi	Fasilitas sanitasi	Menyediakan alat pembersih pada fasilitas toilet dan menyediakan alat pengering tangan di dekat ruang proses	<i>Environment</i>
12	Ratna, A. M., dan Aminullah, M. W. (2022)	UKM Kerupuk Ikan Sarden Dahlia	Kualitas lingkungan produksi kerupuk ikan sarden masih belum memenuhi standar kelayakan GMP dan belum menerapkan SSOP	Bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi, karyawan, program sanitasi	Membuat desain tata letak untuk merenovasi ruang produksi	<i>Environment</i>
13	Layrensius, F., dan Sutapa, I. N. (2020)	Perusahaan Tepung Terigu	Beberapa aspek kriteria pada GMP masih belum terpenuhi sehingga menyebabkan komplain pelanggan	Bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi, kemasan, program sanitasi	Merancang instruksi kerja saat melakukan kegiatan mencuci pallet, menukar produk, dan merancang kemasan baru. Mengedukasi pelanggan melalui desain kemasan baru	<i>Environment, method</i>

**Tabel 2.1. Lanjutan**

No	Peneliti	Objek Penelitian	Masalah	Aspek GMP	Solusi	Aspek Perbaikan Elemen Masalah
14	Juliyarsi, I., dkk (2021)	IKM Rizky	IKM Rizky masih belum memenuhi standar lingkungan kerja dan tata cara produksi yang baik sesuai GMP dan SSOP	Bangunan dan fasilitas, penyimpanan, peralatan, fasilitas sanitasi	Renovasi tata letak area produksi serta memperkenalkan standar sanitasi dan higiene kepada pekerja selama proses produksi	<i>Environment</i>
15	Purwasih, R. (2021)	UMKM Oncom Dawuan	Aspek SSOP dan GMP masih belum diimplementasikan pada UMKM Oncomm Dawuan sehingga menyebabkan bahaya kontaminasi produk saat proses produksi, baik dari segi biologis, kimiawi, dan fisik	Mesin/peralatan, karyawan, pengemasan, program sanitasi	Aturan penggunaan APD diperketat, peralatan produksi diganti dengan peralatan yang memenuhi standar, menerapkan SSOP, memperbaiki tata letak area produksi	<i>Environment, machine, method, man</i>
16	Susanto, E. (2020)	Pengolah Ikan Asap	Proses pengolahan ikan asap dilakukan pada area produksi yang tidak sesuai dengan standar kualitas area yang aman untuk pengolahan pangan sehingga menyebabkan kontaminasi silang produk	Bangunan dan fasilitas, fasilitas sanitasi	Melakukan perbaikan pada ruang pengolahan ikan dengan cara memperbaiki tata letak ruangan dan menambah cerobong asap pada area produksi	<i>Environment</i>

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Definisi Perencanaan Fasilitas**

Menurut Tompkins, dkk (2010), fasilitas merupakan komponen yang penting dari jaringan global yang bertingkat yang diperlukan untuk meningkatkan keunggulan rantai pasokan. Oleh karena itu, setiap organisasi dalam rantai pasok harus dapat merencanakan fasilitas dengan mempertimbangkan rekan rantai pasokannya. Stephens dan Meyers (2013) mengemukakan bahwa perencanaan fasilitas merupakan proses multi-segi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor dan variabel yang tidak harus sejalan dan bahkan kadang mempunyai dampak yang bertentangan pada proses pengambilan keputusan. Aspek paling mendasar dalam perencanaan fasilitas berkaitan dengan strategi pemilihan lokasi. Pemilihan ini biasanya diputuskan oleh tingkat tertinggi pada sebuah perusahaan.

Stephens dan Meyers (2013) menyatakan bahwa perencanaan fasilitas manufaktur merupakan penataan aset fisik perusahaan untuk mendorong penggunaan sumber daya yang efisien, seperti orang, material, peralatan, dan energi. Perencanaan fasilitas meliputi lokasi pabrik, desain bangunan, *layout* pabrik, dan sistem *material handling*. Perencanaan fasilitas dan *material handling* akan memberikan pengaruh terhadap produktivitas dan profitabilitas yang besar jika dibandingkan dengan semua keputusan perusahaan lainnya.

### **2.2.2. Tujuan Perencanaan Fasilitas Manufaktur**

Menurut Garcia-Diaz dan Smith (2014), tujuan perencanaan fasilitas manufaktur terbagi menjadi dua jenis, yaitu tujuan lokasi fasilitas dan tujuan perencanaan fasilitas. Lokasi fasilitas bertujuan untuk menentukan penempatan dari semua fasilitas yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk atau jasa sedemikian rupa untuk meminimalkan semua komponen biaya pengiriman ke pelanggan yang bergantung pada aspek lokasi. Sedangkan, tujuan perencanaan fasilitas meliputi:

- a. Meningkatkan *material handling*, pengendalian material, dan pembenahan untuk meningkatkan dan memfasilitasi proses manufaktur.
- b. Memanfaatkan manusia, peralatan, ruang, dan energi secara efektif.
- c. Meminimalkan investasi modal.
- d. Mendorong fleksibilitas dan kemudahan perawatan.
- e. Menciptakan keselamatan karyawan dan kepuasan kerja.

### 2.2.3. Tahap Perencanaan Fasilitas

Tompkins, dkk (2010) mengemukakan tahap perancangan secara tradisional yang dapat diaplikasikan untuk merencanakan fasilitas adalah:

a. Mendefinisikan masalah

Pada tahap ini, perancang mendefinisikan kembali tujuan fasilitas, apakah ingin merencanakan fasilitas baru atau ingin memperbaiki dan meningkatkan fasilitas yang sudah ada. Selain itu, perancang harus menentukan kegiatan utama dan kegiatan pendukung yang akan dilakukan dalam mencapai tujuan. Perancang juga harus mengidentifikasi volume dan tingkat aktivitas serta kegunaan dari fasilitas dalam rantai pasokan.

b. Menganalisis masalah

Pada tahap ini, perancang menentukan keterkaitan antara semua kegiatan atau aktivitas pada proses produksi. Perancang menetapkan apa dan bagaimana kegiatan dapat berinteraksi atau mendukung kegiatan masing-masing pada batas fasilitas serta cara untuk melakukannya. Keterkaitan baik secara kuantitatif maupun kualitatif harus didefinisikan.

c. Menentukan kebutuhan ruang untuk semua aktivitas

Seluruh peralatan, material, dan pekerja yang dibutuhkan harus dipertimbangkan ketika menghitung kebutuhan ruang untuk setiap aktivitas. Menciptakan alternatif rancangan desain akan mencakup alternatif lokasi fasilitas dan alternatif rancangan tersebut. Alternatif rancangan fasilitas meliputi alternatif rancangan tata letak, desain struktural, dan desain penanganan material. Keputusan antara penempatan fasilitas dan rancangan fasilitas boleh dipisahkan untuk situasi tertentu.

d. Mengevaluasi alternatif

Tahap ini merupakan tahap untuk mengurutkan tata letak perencanaan secara spesifik. Setiap faktor subjektif yang terlibat didefinisikan dan dievaluasi apakah faktor ini akan mempengaruhi fasilitas atau proses operasinya untuk masing-masing rencana tata letak yang telah dihasilkan.

e. Memilih desain yang baik

Tujuannya adalah untuk menentukan rencana tata letak mana (jika ada) yang paling dapat diterima untuk memenuhi tujuan dan sasaran dari perusahaan. Sering kali, biaya bukan merupakan satu-satunya pertimbangan utama saat mengevaluasi rancangan tata letak fasilitas. Informasi-informasi yang telah

didefinisikan dan ditentukan sebelumnya harus tetap digunakan pada pemilihan terakhir suatu perencanaan.

f. Mengimplementasikan desain

Setelah rancangan tata letak fasilitas telah terpilih, sejumlah besar perencanaan tersebut wajib telah mendahului pembangunan fasilitas yang sebenarnya. Fase implementasi perencanaan meliputi pengawasan instalasi tata letak, persiapan, proses menjalankan, dan *debugging*.

Setelah proses pengimplementasian, selanjutnya adalah proses memelihara dan mengadaptasi rancangan fasilitas. Sebagai kebutuhan baru yang akan ditempatkan pada fasilitas, keseluruhan dari rancangan fasilitas harus dimodifikasi dengan sesuai. Terutama berbagai perubahan dan penyesuaian dalam pola aliran, penggunaan energi, dan penggunaan *material handling*.

Pada proses pengimplementasian, penting untuk mendefinisikan ulang tujuan dari fasilitas. Langkah ini penting terutama ketika mengidentifikasi produk yang akan diproduksi dan layanan yang akan disediakan harus dalam istilah yang spesifik dan terukur. Seluruh perubahan yang diketahui akan dipertimbangkan dan diintegrasikan ke dalam rancangan tata letak.

#### **2.2.4. Good Manufacturing Practices (GMP)**

Berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian RI Nomor 75/M-IND/PER/7/2010, *Good Manufacturing Practices* (GMP) atau disebut juga dengan Pedoman Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (CPPOB) merupakan suatu pedoman yang menjadi acuan bagi industri pengolahan pangan untuk diterapkan pada proses produksi, pengemasan, penyimpanan, hingga pengangkutan produk pangan agar dapat menghasilkan produk pangan olahan yang aman dan layak dikonsumsi oleh manusia. GMP perlu diterapkan pada suatu industri pengolahan pangan untuk mencegah kontaminasi produk dengan cemaran biologis, kimiawi, dan fisik yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. Selain itu, GMP juga perlu untuk mengendalikan proses produksi pangan sehingga dapat mencegah berkembangbiakan jasad renik patogen yang tidak dikehendaki pada produk pangan.

Beberapa tujuan penerapan GMP diantaranya adalah untuk menghasilkan produk pangan yang bermutu dan berkualitas sesuai dengan tuntutan konsumen sehingga aman untuk dikonsumsi, meningkatkan rasa tanggung jawab industri pengolahan

pangan untuk menghasilkan produk yang terjamin mutu dan kualitasnya, meningkatkan persaingan industri pengolahan pangan, dan meningkatkan produktivitas dan efisiensi industri pengolahan pangan. Adapun ruang lingkup GMP untuk diterapkan pada industri pengolahan pangan, yaitu lokasi, bangunan, fasilitas sanitasi, mesin dan peralatan, bahan baku, pengawasan proses, produk akhir, laboratorium, karyawan, pengemas, label dan keterangan produk, penyimpanan, pemeliharaan dan program sanitasi, pengangkutan, dokumentasi dan pencatatan, pelatihan, penarikan produk, dan pelaksanaan pedoman.

#### **2.2.5. Manfaat Penerapan GMP**

Penerapan GMP memberikan manfaat pada berbagai pihak, yaitu untuk perusahaan, konsumen, dan pemerintah. Manfaat penerapan GMP untuk pihak perusahaan adalah untuk meningkatkan kepercayaan konsumen dan melindungi pasar. Manfaat penerapan GMP untuk pihak konsumen adalah sebagai pengetahuan produk bagi konsumen dan jaminan keselamatan konsumen dalam mengonsumsi produk olahan makanan yang dihasilkan oleh suatu perusahaan. Sedangkan, manfaat penerapan GMP bagi pihak pemerintah adalah untuk melindungi konsumen, memberi jaminan kepada masyarakat, dan memberikan pengetahuan bagi masyarakat.

#### **2.2.6. Hubungan GMP dan Perancangan Fasilitas Manufaktur**

Pedoman yang menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas area kerja sesuai dengan standar GMP adalah Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 75/M-IND/PER/7/2010 tentang Pedoman Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (*Good Manufacturing Practices*). Terdapat beberapa ruang lingkup pada GMP yang berhubungan dengan proses perancangan fasilitas manufaktur. Hubungan ini mencakup pada aspek lokasi, bangunan, fasilitas sanitasi, mesin dan peralatan.

Pada aspek lokasi, standar yang ingin dicapai adalah lokasi pabrik harus jauh dari daerah lingkungan yang tercemar, jalan yang tidak menimbulkan debu, lingkungan yang bersih dan tidak ada sampah, lokasi pabrik tidak berada di daerah banjir, bebas semak dan sarang hama, lokasi pabrik jauh dari TPS dan pemukiman kumuh, dan lingkungan di luar pabrik tidak digunakan untuk kegiatan produksi.

Berdasarkan aspek bangunan dan fasilitas, sebuah perusahaan harus memiliki bangunan dan ruangan yang dirancang memenuhi persyaratan teknik dan higiene

dan sesuai dengan urutan produksi agar bangunan dan fasilitas mudah dibersihkan, dipelihara, dan menghindari kontaminasi silang antara produk dengan cemaran. Selain itu, desain dan tata letak pada bagian dalam bangunan harus dirancang dengan mengutamakan syarat mutu dan keamanan pangan olahan. Ukuran ruangan produksi harus sesuai dengan jumlah karyawan, jenis dan ukuran alat, tata letak ruangan produksi yang rapi, ruangan produksi yang mudah dibersihkan,

Untuk aspek struktur ruangan, ruangan bagian dalam bangunan pabrik harus terbuat dari bahan yang tahan lama, mudah dipelihara dan dibersihkan. Struktur ruangan bagian dalam terdiri atas lantai, dinding, atap, pintu, jendela, ventilasi, dan permukaan tempat kerja, serta penggunaan bahan gelas. Desain lantai area produksi harus memenuhi persyaratan, yaitu kedap air dan tahan terhadap garam, basa, asam kimia lain, mudah dibersihkan, tidak licin, memiliki saluran pembuangan air, tidak membentuk sudut mati melainkan sudut melengkung, dan desain kemiringan yang cukup mengarah ke saluran pembuangan air. Desain dinding area produksi harus memenuhi persyaratan, yaitu terbuat dari bahan yang aman, tidak beracun, rata, halus, berwarna terang, mudah dibersihkan, ketinggian minimal 2 m dari lantai, tidak menyerap air, dan tidak membentuk sudut mati. Desain atap dan langit-langit harus memenuhi persyaratan, yaitu terbuat dari bahan yang kedap air, tidak bocor, tidak gampang terkikis, tidak berlubang, tidak menyerap air, mudah dibersihkan, dilapisi cat tahan panas, dan dibuat dengan ketinggian minimal 3 m dari lantai.

Desain pintu harus memenuhi persyaratan, yaitu terbuat dari bahan yang tahan lama, rata dan halus, mudah ditutup, dan membuka keluar. Desain jendela harus dibuat dengan memenuhi persyaratan, yaitu tahan lama, mudah dibersihkan, rata dan halus, dibuat dengan ketinggian minimal 1 m dari lantai, ukuran dan jumlah sesuai dengan besarnya bangunan, dan dilengkapi dengan kasa pencegah serangga. Desain ventilasi harus memenuhi persyaratan, yaitu mampu mengeluarkan uap, gas, asap, bau, debu, dan panas yang dihasilkan selama proses produksi, mudah dibersihkan, tidak mencemari produk pangan, dilengkapi dengan kasa, serta mampu mengendalikan suhu dan bau dalam ruangan. Desain permukaan tempat kerja yang bersinggungan langsung dengan bahan pangan harus memenuhi persyaratan, yaitu tahan lama, mudah untuk dibersihkan dan disanitasi, tidak menyerap air, tidak menghasilkan reaksi jika bertemu dengan bahan pangan olahan dan bahan pembersih.

Berdasarkan aspek fasilitas sanitasi, beberapa hal yang berhubungan dengan fasilitas manufaktur adalah tersedianya sarana penyediaan air, sarana pembuangan air dan limbah, fasilitas pembersihan dan pencucian, fasilitas toilet, dan fasilitas higiene pekerja. Untuk sarana penyediaan air, persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu dilengkapi dengan tempat untuk menampung air dan pipa untuk mengalirkan air. Untuk sarana pembuangan air serta limbah, persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu sarana terdiri atas pembuangan limbah cair, semi padat, dan padat, terdapat tempat khusus yang mencegah hama dan serangga berkumpul, serta desain pembuangan limbah yang mencegah risiko pencemaran pada pangan olahan dan air bersih.

Untuk fasilitas pembersihan dan pencucian harus dilengkapi dengan peralatan yang memadai serta jika mungkin dapat dilengkapi dengan sumber air panas dan dingin. Air panas berfungsi untuk membersihkan sisa lemak dan sanitasi peralatan produksi. Untuk fasilitas toilet harus memenuhi persyaratan, yaitu jumlah toilet yang sesuai dengan jumlah karyawan, desain yang tidak terbuka mengarah langsung ke area pengolahan, selalu tertutup, terdapat peringatan bagi karyawan, memiliki kondisi penerangan dan ventilasi yang memadai, sumber air mengalir, dan saluran pembuangan yang baik. Untuk fasilitas higiene pekerja harus memenuhi persyaratan, yaitu terdapat fasilitas untuk membersihkan tangan, mengganti pakaian, dan membilas sepatu pekerja. Fasilitas mencuci tangan ditempatkan di depan pintu masuk area produksi atau pengolahan dan terdapat keran dengan air mengalir, sabun, alat pengering tangan, tempat sampah tertutup, dan jumlah yang cukup dengan jumlah karyawan. Fasilitas mengganti pakaian berfungsi untuk mengganti pakaian luar dengan pakaian proses yang dilengkapi dengan tempat menggantung pakaian. Sedangkan, fasilitas pembilas sepatu diletakkan di depan pintu masuk area produksi.

Aspek mesin dan peralatan harus memenuhi persyaratan, yaitu kesesuaian dengan jenis produksi, permukaan mesin dan peralatan harus halus, tidak berlubang, tidak menyerap air, dan tidak berkarat, terbuat dari material yang tahan lama, peralatan produksi ditata sesuai urutan proses produksi, dan peralatan produksi harus dapat menjamin mutu dan keamanan pangan.

#### **2.2.7. Multiple Criteria Utility Assessment (MCUA)**

Metode MCUA merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk menentukan urutan prioritas masalah dari beberapa alternatif masalah sehingga dapat

digunakan dalam menentukan keputusan permasalahan prioritas yang akan diselesaikan. Langkah-langkah yang dilakukan pada metode MUA dimulai dengan penentuan kriteria, pembobotan kriteria, pemberian skor, perhitungan skor dengan bobot. Penentuan kriteria ditentukan berdasarkan tingkat urgensinya, besaran masalah, dan frekuensi masalah itu terjadi. Pembobotan kriteria dilakukan berdasarkan hasil diskusi dan kesepakatan dengan pemangku kepentingan yang membutuhkan penyelesaian masalah. Pemberian skor dilaksanakan oleh masing-masing anggota pemangku kepentingan secara subjektif. Perhitungan skor dengan bobot dilakukan dengan cara mengalikan skor dengan bobot yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan pada metode ini, permasalahan dengan jumlah perkalian paling tinggi akan dipilih menjadi masalah prioritas yang akan diselesaikan.

#### **2.2.8. Tahap Perancangan Tata Letak**

Tahap untuk merancang *layout* dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu tipe pembangunan atau konstruksi dan tipe pengembangan atau perbaikan. Metode tata letak konstruksi pada dasarnya merupakan pembangkitan tata letak baru dimulai dari sketsa dasar. Sedangkan, metode tata letak perbaikan merupakan metode yang menciptakan tata letak alternatif dengan cara mencari perbaikan-perbaikan yang dapat ditelusuri dari tata letak saat ini. Beberapa prosedur perancangan tata letak fasilitas, adalah sebagai berikut:

##### **A. *Apple's Plant Layout Procedure***

Urutan langkah-langkah untuk merancang tata letak fasilitas pabrik berdasarkan metode *Apple's Plant Layout*, yaitu mendapatkan data awal/dasar, menganalisis data awal/dasar, merancang proses produktif, merencanakan pola aliran material, mempertimbangkan rencana umum *material handling*, menghitung kebutuhan peralatan, merencanakan stasiun kerja individu, memilih alat *material handling* khusus, koordinasi dengan kelompok operasi terkait, merancang hubungan aktivitas, menentukan kebutuhan *storage*, merencanakan aktivitas pelayanan dan aktivitas pendukung, menentukan kebutuhan ruang, mengalokasikan aktivitas terhadap kebutuhan total ruang, mempertimbangkan tipe bangunan, konstruksi *master layout*, melakukan evaluasi, penyesuaian, dan pemeriksaan *layout* terhadap kesesuaian karyawan, memperoleh persetujuan, proses instalasi *layout*, dan tindak lanjut implementasi *layout*.

### B. *Reed's Plant Layout Procedure*

Prosedur yang dikemukakan oleh Reed disebut juga dengan “*Systematic plan of attack*” meliputi langkah-langkah, yaitu analisis produk yang diproduksi, menentukan proses manufaktur yang diperlukan untuk memproduksi produk tersebut, menyiapkan peta-peta rencana tata letak fasilitas, menentukan stasiun kerja, menganalisis kebutuhan area penyimpanan, menentukan lebar minimum *aisle*, menentukan kebutuhan area perkantoran, mempertimbangkan fasilitas karyawan dan layanan, survei pelayanan pabrik, dan mempertimbangkan untuk penyediaan ekspansi di masa depan.

### C. *Muther's Systematic Layout Planning (SLP)*

Muther membuat sebuah urutan langkah-langkah perancangan tata letak yang disebut sebagai *Systematic Layout Planning (SLP)*. Prosedur ini digunakan berdasarkan tingkat kepentingan tiap departemen yang ditempatkan berdekatan dengan setiap departemen yang lain. Secara umum, prosedur SLP terdiri atas empat fase, yaitu penentuan lokasi tempat fasilitas akan dibangun, perancangan tata letak keseluruhan secara umum, perancangan tata letak secara rinci, dan penerapan tata letak terpilih. Secara rinci, urutan langkah-langkah prosedur SLP, yaitu dimulai dengan pengumpulan data, analisis aliran, aspek kualitatif, *relationship diagram*, kebutuhan ruang, ketersediaan ruang, *space relationship diagram (SRD)*, metode analitis, pertimbangan modifikasi dan kendala, pengembangan tata letak alternatif, dan evaluasi.

### 2.2.9. **Peta Proses Operasi (PPO)**

PPO adalah peta yang menggambarkan langkah-langkah proses operasi yang dialami suatu bahan untuk membuat suatu produk berdasarkan urutan operasi, perakitan, pemeriksaan, hingga penyimpanannya. Dalam sebuah PPO, terdapat beberapa informasi yang dicantumkan seperti, waktu setup dan juga waktu operasi, material yang digunakan, keterangan mesin/alat yang digunakan dan tempat/workcenter pengerjaan bahan, hingga persentase *scrap* yang dihasilkan pada suatu proses. Peta Proses Operasi ini memberikan gambaran mengenai hubungan antar aktivitas dimulai dari bahan baku, menuju proses pengolahan sampai produk jadi disimpan. Peta Proses Operasi ini seringkali digunakan untuk menunjukkan proses perakitan atau *assembly* karena menunjukkan proses dan urutan rangkaian antar komponen baik rakitan utama maupun sub rakitan.

**Tabel 2.2. Keterangan dari Lambang PPO**

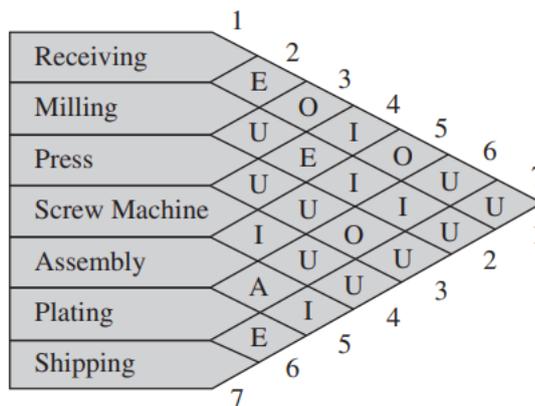
Lambang	Keterangan
○	Operasi ( <i>Operation</i> )
→	Transportasi ( <i>Transportation</i> )
□	Inspeksi ( <i>Inspection</i> )
D	Menunggu ( <i>Delay</i> )
▽	Penyimpanan ( <i>Storage</i> )

**2.2.10. Activity Relationship Chart (ARC)**

*Activity Relationship Chart* (ARC) atau disebut juga dengan *Affinity Analysis Diagram* merupakan diagram yang menunjukkan hubungan antar semua departemen, kantor, atau area pelayanan dengan area lainnya (Stephen & Meyers, 2013). Hubungan kedekatan ini ditunjukkan melalui simbol atau kode. Kode-kode tersebut dan keterangannya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 2.3. Keterangan Kode pada ARC**

Kode	Warna	Keterangan
A	Merah	<i>Absolutely necessary that these two departments be next to each other</i>
E	Kuning	<i>Especially important</i>
I	Hijau	<i>Important</i>
O	Biru	<i>Ordinary importance</i>
U	Putih	<i>Unimportant</i>
X	Cokelat	<i>Closeness undesirable</i>



**Gambar 2.1. Contoh ARC**

### 2.2.11. Activity Relationship Diagram (ARD)

*Activity Relationship Diagram* (ARD) merupakan *tools* yang berfungsi untuk menunjukkan tingkat kedekatan antar departemen yang satu relatif terhadap departemen lainnya. Untuk derajat kedekatan yang digunakan pada ARD dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 2.4. Derajat Kedekatan ARD**

Kode	Warna	Kode Garis
A	Merah	4 Garis
E	Kuning	3 Garis
I	Hijau	2 Garis
O	Biru	1 Garis
U	Putih	Tidak Bergaris
X	Cokelat	Bergelombang

### 2.2.12. From-to-Chart

*From-to-Chart* merupakan *tools* yang bertujuan untuk menganalisis aliran material pada fasilitas berdasarkan faktor bobot pada tiap bagian. Faktor pembobotan pada tiap bagian dapat didasarkan pada jumlah, berat, frekuensi, atau pertimbangan lainnya. *From-to-Chart* digunakan sebagai data masukan pada proses perancangan tata letak secara komputerisasi seperti CRAFT.

To \ From	Stores	Milling	Turning	Press	Plate	Assembly	Warehouse
Stores		12	6	9	1	4	
Milling			3		7	2	
Turning					4		
Press					3	1	1
Plate						4	3
Assembly							7
Warehouse	1						

**Gambar 2.2. Contoh From-to-Chart**

### 2.2.13. BLOCPLAN

Menurut Garcia-Diaz dan Smith (2014), menyatakan bahwa BLOCPLAN adalah algoritma yang dapat digunakan untuk dua tujuan yaitu menghasilkan *layout* baru dan memperbaiki *layout*. Pembuatan *layout* didasarkan pada hubungan antar departemen, sedangkan perbaikan *layout* berdasarkan pertukaran antar departemen. Data masukan yang dibutuhkan berupa jumlah departemen

(mencapai 18 departemen), nama dan area departemen, ARC atau *from-to-chart*, rasio panjang dan lebar pabrik, informasi produk (jumlah produk, jumlah muatan, urutan departemen), informasi dari banyak departemen dengan lokasi tetap. *Output* yang dihasilkan berupa tampilan layout dengan skor yang sesuai.

#### 2.2.14. CRAFT

Menurut Garcia-Diaz dan Smith (2014), CRAFT merupakan prosedur perbaikan heuristik (*improvement heuristics*) yang membutuhkan tata letak awal sebagai *input* lalu memodifikasi tata letak awal dengan menukar departemen dan memberi skor pada tata letak yang telah diperbaiki sampai tidak ada perbaikan lebih lanjut yang dapat ditemukan. Tujuan dari algoritma CRAFT adalah minimasi total biaya transportasi. Asumsi yang digunakan adalah bentuk fasilitas adalah persegi panjang atau persegi dan tidak ada ruang kosong. Untuk memenuhi asumsi ini, penggunaan *dummy* departemen digunakan untuk memenuhi tata letak yang diinginkan. Data masukan yang dibutuhkan adalah jumlah departemen (mencapai 40 departemen), panjang dan lebar area, *number of bays*, area departemen, jumlah perjalanan dan biaya per satuan jarak antar departemen, layout awal (*initial layout*), dan jarak *euclidean* atau *rectilinear* untuk menghitung biaya. *Output* yang dihasilkan berupa perubahan tampilan grafis dan *total cost*.

#### 2.2.15. Jarak

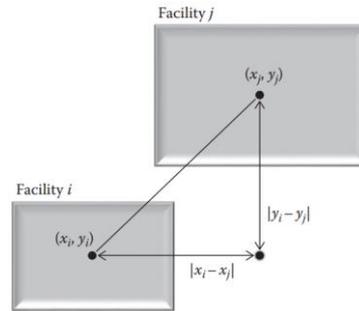
Berdasarkan Heragu (2016), perhitungan jarak dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu *euclidean*, *squared euclidean*, *rectilinear*, dan *tchebychev*.

##### a. *Euclidean*

Jarak yang diukur dengan garis berbentuk lurus antar titik tengah departemen. Pengukuran dengan *euclidean* adalah pengukuran jarak yang banyak digunakan karena mudah dimengerti dan dimodelkan. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak *euclidean*.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2.1)$$

Dimana,  $x_i$  merupakan koordinat titik tengah dari departemen  $i$ ,  $y_i$  merupakan koordinat titik tengah dari departemen  $i$ ,  $d_{ij}$  merupakan jarak titik tengah dari departemen  $i$  dan departemen  $j$ .



**Gambar 2.3. Ilustrasi Jarak**

b. *Squared Euclidean*

Perhitungan jarak dengan menggunakan *squared euclidean* dilakukan dengan cara mengkuadratkan hasil yang diperoleh dari perhitungan *euclidean*. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak *squared euclidean*.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2.2)$$

c. *Rectilinear*

*Rectilinear* merupakan perhitungan jarak yang mudah dimengerti, mudah dihitung, dan sesuai untuk semua permasalahan praktis. Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak *rectilinear*.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (2.3)$$

d. *Tchebychev*

Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak *tchebuchev*.

$$d_{ij} = \max(|x_i - x_j|, |y_i - y_j|) \quad (2.4)$$

**2.2.16. Penerangan (*Lighting*)**

Sistem penerangan merupakan aktivitas yang dapat dilakukan setelah melakukan tahap perencanaan tata letak fasilitas. Menurut Tompkins (2010), sistem pencahayaan didesain dengan mengikuti prosedur yang terdiri delapan tahap, yaitu:

a. Langkah 1: Penentuan *Level of Illumination*

*Level of Illumination* minimum untuk aktivitas-aktivitas tertentu dapat ditentukan berdasarkan tabel pada gambar berikut ini. Saat menentukan *level of illumination*, beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan, antara lain sifat tugas, jumlah

reflektifitas *workstation*, komponen, dan area sekitarnya, tingkat penerangan alami atau umum saat ini, kebutuhan akan penerangan alami, serta usia pekerja.

Task	Minimum Illumination Level (footcandles)
Assembly	
Rough easy-seeing	30
Rough difficult-seeing	50
Medium	100
Fine	500
Extra fine	1000
Inspection	
Ordinary	50
Difficult	100
Highly difficult	200
Very difficult	500
Most difficult	1000
Machine Shop	
Rough bench and machine work	50
Medium bench and machine work, ordinary automatic machines, rough grinding, medium buffing and polishing	100
Fine bench and machine work, fine automatic machine, medium grinding, medium buffing and polishing	500
Extra-fine bench and machine work, fine grinding	1000
Material Handling	
Wrapping, packing, labeling	50
Picking stock, classifying	30
Loading	20
Offices	
Reading high or well-printed material, tasks not involving critical or prolonged seeing, such as conferring, interviewing, and inactive files	30
Reading or transcribing handwriting in ink or medium pencil on good-quality paper; intermittent filing	70
Regular office work; reading good reproductions, reading or transcribing handwriting in hard pencil or on poor paper; active filing; index references; mail sorting	100
Accounting, auditing, tabulation, bookkeeping, business machine operation; reading poor reproductions; rough layout drafting	150
Cartography, designing, detailed drafting	200
Corridors, elevators, escalators, stairways	20
Paint Shops	
Dipping, spraying, rubbing, firing, and ordinary hand painting	50
Fine hand painting and finishing	100
Extra-fine hand painting and finishing	300
Storage Rooms and Warehouses	
Inactive	2
Active	5
Rough bulky	10
Medium	20
Fine	50
Welding	
General illumination	50
Precision manual arc welding	1000

**Gambar 2.4. Minimum Level of Illumination untuk Kegiatan Tertentu**

b. Langkah 2: Penentuan *Room Cavity Ratio* (RCR)

RCR adalah indeks bentuk ruangan yang akan diberi penerangan. Semakin tinggi dan semakin sempit suatu ruangan, maka RCR akan semakin besar. Hal ini menandakan bahwa semakin banyak penerangan yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat pencahayaan yang dibutuhkan. RCR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$RCR = \frac{(5)(\text{Height from luminaries to ceiling})(\text{room length} + \text{room width})}{(\text{room length})(\text{room width})} \quad (2.5)$$

c. Langkah 3: Penentuan *Ceiling Cavity Ratio* (CCR)

Jika luminair dipasang di langit-langit, maka properti reflektif langit-langit tidak akan terpengaruh oleh ketinggian pemasangan lampu. Sehingga, CCR tidak perlu dipertimbangkan (*Not be considered*). Namun, semakin besar jarak luminair dengan langit-langit, maka nilai CCR semakin besar. CCR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$CCR = \frac{(\text{Height from luminaries to ceiling})(RCR)}{\text{Height from the working surface to the luminaries}} \quad (2.6)$$

d. Langkah 4: Penentuan *Wall Reflections* (WR) dan *Effective Ceiling Reflectance* (ECR)

Nilai WR dan *Base Ceiling Reflectance* (BCR) diperoleh dari tabel pada Gambar 2.6. Jika luminair dipasang pada langit-langit, maka nilai ECR sama dengan BCR. Namun jika tidak, maka nilai ECR ditentukan dengan menggunakan tabel pada Gambar 2.7.

Materials	Approximate Reflectance (%)
White paint, light-colored paint, mirrored glass, and porcelain enamel	80
Aluminum paint, stainless steel, and polished aluminum	65
Medium-colored paint	50
Brick, cement, and concrete	35
Dark-colored paint, asphalt	10
Black paint	5

Gambar 2.5. *Wall Reflections* (WR)

	BCR																																			
	80					65					50					37					10					5										
	WR					WR					WR					WR					WR					WR										
CCR	80	65	50	35	10	5	80	65	50	35	10	5	80	65	50	35	10	5	80	65	50	35	10	5	80	65	50	35	10	5	80	65	50	35	10	5
0.5	76	74	72	69	67	65	64	60	58	56	54	52	49	47	46	44	42	41	36	34	32	31	29	28	12	12	11	11	9	8	8	8	7	6	5	5
1.0	74	71	67	63	57	56	60	55	53	49	45	43	48	45	43	39	36	35	35	33	31	20	26	25	14	13	12	11	9	8	10	7	8	7	5	4
1.5	72	67	62	55	49	47	58	52	49	44	38	36	47	44	40	35	21	28	35	33	20	26	21	20	16	15	12	11	8	7	14	11	9	7	4	4
2.0	69	63	56	49	41	39	55	49	44	38	32	30	46	42	37	31	26	25	35	32	28	23	18	17	18	17	13	10	8	6	15	12	10	7	4	4
2.5	67	60	51	43	35	33	54	45	40	33	26	25	46	40	35	28	22	21	35	31	26	21	16	13	20	19	13	10	7	5	17	14	10	8	3	3
3.0	65	57	47	38	30	28	53	42	38	29	22	21	45	39	32	25	19	18	35	31	24	20	14	12	21	20	13	10	7	4	19	15	11	8	3	3
3.5	63	54	43	34	26	25	52	39	33	26	18	17	44	38	30	23	17	16	35	31	23	18	12	10	22	21	13	10	7	4	20	16	11	8	3	3
4.0	61	52	46	31	22	21	50	37	31	23	15	14	44	38	28	21	15	13	34	30	23	17	10	8	23	22	14	10	7	3	20	17	12	8	3	2
5.0	58	46	35	26	18	15	48	33	26	18	9	8	42	35	25	18	12	10	34	29	21	16	9	7	25	23	14	10	6	3	23	18	12	8	3	2
8.0	50	36	25	17	11	6	41	24	18	11	5	3	40	30	19	13	7	5	34	28	17	11	5	4	27	24	13	10	5	2	26	19	12	6	3	1

Gambar 2.6. *Effective Ceiling Reflectance* (ECR)

e. Langkah 5: Penentuan *Coefficient of Utilization* (CU)

CU adalah perbandingan lumen yang mencapai bidang kerja dengan yang dipancarkan oleh lampu. Nilai-nilai yang digunakan adalah RCR, WR, dan ECR.

Luminaire	Spacing Not to Exceed	RCR	ECR																										
			80%				50%				10%				0%														
			WR				WR				WR				WR														
Filament reflector lamps	1.5 x mounting height	1	1.11	1.09	1.07	1.03	1.04	1.02	1.00	.98	.96	.95	.94	.93	.91														
		2	1.04	1.00	.95	.92	.99	.95	.92	.88	.92	.90	.87	.85	.83														
		3	.95	.92	.88	.82	.92	.88	.84	.80	.85	.83	.80	.77	.75														
		4	.90	.85	.79	.73	.86	.81	.76	.71	.79	.77	.73	.70	.68														
		5	.82	.77	.71	.65	.80	.75	.69	.64	.75	.71	.67	.63	.61														
High-intensity discharge lamps (mercury, metal halide, or sodium)	1.5 x mounting height	1	.89	.87	.84	.82	.81	.80	.78	.77	.74	.73	.72	.71	.70														
		2	.82	.79	.75	.72	.77	.74	.71	.68	.70	.68	.66	.64	.63														
		3	.76	.72	.67	.63	.72	.68	.64	.61	.65	.63	.60	.58	.56														
		4	.70	.66	.61	.57	.67	.63	.58	.55	.57	.55	.54	.53	.51														
		5	.64	.60	.55	.51	.62	.58	.53	.49	.56	.54	.52	.49	.46														
Flourescent lamps in uncovered fixtures	1.3 x mounting height	1	.88	.85	.82	.79	.79	.65	.72	.71	.65	.64	.63	.62	.59														
		2	.78	.75	.70	.65	.71	.67	.63	.59	.60	.57	.55	.52	.50														
		3	.69	.66	.60	.55	.63	.59	.54	.50	.54	.51	.48	.45	.42														
		4	.61	.59	.52	.46	.56	.52	.47	.43	.48	.45	.41	.38	.36														
		5	.53	.51	.44	.39	.51	.46	.40	.36	.43	.40	.36	.33	.30														
Flourescent lamps in prismatic lens fixtures	1.2 x mounting height	1	.65	.63	.61	.59	.60	.59	.58	.56	.56	.55	.54	.53	.52														
		2	.60	.57	.54	.51	.56	.54	.51	.49	.51	.50	.49	.47	.46														
		3	.54	.51	.48	.44	.51	.49	.46	.43	.47	.46	.44	.42	.41														
		4	.49	.46	.42	.39	.48	.44	.41	.38	.44	.42	.39	.37	.36														
		5	.45	.42	.37	.34	.44	.40	.36	.34	.40	.38	.35	.33	.32														
10	.31	.26	.21	.18	.29	.25	.21	.18	.27	.24	.20	.18	.17																

Gambar 2.7. *Coefficient of Utilization for Standard Luminaries*

f. Langkah 6: Penentuan *Light Loss Factor* (LLF)

Dua faktor yang menyebabkan pencahayaan hilang adalah penyusutan lumen lampu dan penyusutan dikarenakan kotoran. Biasanya, faktor penyusutan lumen lampu dinyatakan sebagai rasio *output* lumen lampu pada 70% masa pakai terhadap nilai awal. Tabel yang terdapat pada Gambar 2.9 berikut ini merupakan *output* lumen untuk berbagai jenis lampu.

Luminaries	Dirt—Condition <sup>a</sup>																			
	Clean—Offices, Light Assembly, or Inspection					Medium—Mill Offices Paper Processing or Light Machining					Dirty—Heat Treating, High-Speed Printing, or Medium Machining					Very Dirty—Foundry or Heavy Machining				
	Months between Cleaning					Months between Cleaning					Months between Cleaning					Months between Cleaning				
Filament reflector lamps	0.95	0.93	0.89	0.86	0.83	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.87	0.84	0.79	0.74	0.70	0.83	0.74	0.60	0.56	0.52
High-intensity discharge lamps	0.94	0.90	0.84	0.80	0.75	0.92	0.88	0.80	0.74	0.69	0.90	0.83	0.76	0.68	0.64	0.86	0.79	0.69	0.63	0.57
Fluorescent lamps in uncovered fixtures	0.97	0.94	0.89	0.87	0.85	0.93	0.90	0.85	0.83	0.79	0.93	0.87	0.80	0.73	0.70	0.88	0.83	0.75	0.70	0.64
Fluorescent lamps in prismatic lens fixtures	0.92	0.88	0.83	0.80	0.78	0.88	0.84	0.77	0.73	0.71	0.82	0.78	0.71	0.67	0.62	0.78	0.72	0.64	0.60	0.57

**Gambar 2.8. Nilai *Light Loss Factor***

g. Perhitungan Jumlah Lampu dan *Luminaries*

Jumlah lampu dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Number of lamps} = \frac{(\text{Required Level of Illumination})(\text{Area to be lit})}{(\text{CU})(\text{LLF})(\text{Lamp Output at 70\% of rated life})} \quad (2.7)$$

$$\text{Number of luminaries} = \frac{(\text{Number of lamps})}{(\text{Lamps per luminary})} \quad (2.8)$$

Untuk nilai *lamp output at 70% of rated life* diperoleh dari tabel pada Gambar berikut ini.

Lamp Type	Watts	Lamp Output at 70% of Rated Life (lumens)
Filament	100	1600
	150	2600
	300	5000
	500	10,000
	750	15,000
High-intensity discharge	1000	21,000
	400	15,000
	700	28,000
	1000	38,000
Fluorescent	40	2500
	60	3300
	60	3300
	85	5400
	110	7500

**Gambar 2.9. Lamp Output at 70% of Rated Life**

**2.2.17. Sistem Pendingin Ruangan (AC)**

Menurut Chandra (2021), Sistem Pendingin Ruangan merupakan suatu kebutuhan di gedung maupun industri. Untuk memperoleh udara yang sesuai dengan kondisi

yang diinginkan, maka alat pendingin udara yang diletakkan pada ruangan harus sesuai dengan beban pendinginan yang diperlukan.

Penentuan kebutuhan PK (*PaardeKracht*), dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Daya AC} = \text{volume ruangan} \times \text{faktor 1} \times 37 + \text{jumlah orang} \times \text{faktor 2} \quad (2.9)$$

Dimana, volume ruangan merupakan hasil perkalian dari panjang, lebar, dan tinggi ruangan. Faktor 1 merupakan konstanta, yaitu 5 untuk kamar tidur, 6 untuk kantor dan ruang tamu, dan 7 untuk restoran dan *mini market*. Angka 37 merupakan sebuah faktor pengali. Faktor 2 merupakan konstanta sebesar 600 BTU untuk orang dewasa dan 300 BTU untuk anak-anak. Daya AC yang diperoleh berdasarkan rumus 2.5 merupakan daya AC dengan satuan BTU/hr (BTU per jam). Maka, untuk menentukan daya *input* AC yang sesuai berdasarkan nilai daya *output* AC yang diperoleh pada persamaan 2.5, digunakan tabel berikut ini.

**Tabel 2.5. Konversi Daya *Input* dan Daya *Output* AC**

<b>Daya <i>Input</i> AC</b>	<b>Daya <i>Output</i> AC</b>
1/2 PK	5.000 BTU
3/4 PK	7.000 BTU
1 PK	9.000 BTU
1,5 PK	12.000 BTU
2 PK	18.000 BTU
2,5 PK	24.000 BTU