



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EFISIENSI TEKNIS PADA BANGUNAN INDUSTRI**

**SKRIPSI**

**ROBY FERDINAND SETYAWAN  
040405053X**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN ARSITEKTUR  
DEPOK  
JANUARI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**EFISIENSI TEKNIS PADA BANGUNAN INDUSTRI**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Arsitektur**

**ROBY FERDINAND SETYAWAN  
040405053X**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN ARSITEKTUR  
DEPOK  
JANUARI 2009**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Roby Ferdinand Setyawan**

**NPM : 040405053X**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 5 Januari 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Roby Ferdinand Setyawan  
NPM : 040405053X  
Program Studi : Arsitektur  
Judul Skripsi : Efisiensi Teknis pada Bangunan Industri

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Arsitektur di Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing. Ir. Dalhar Susanto ( )  
Penguji : Ir. Evawani Ellisa, Ph.D., M.Eng. ( )  
Penguji : Yandi Andri Yatmo, ST., Dip. Arch., M.Arch., Ph.D ( )  
Penguji : Ir. Siti Handjarinto, M.Sc. ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Januari 2009

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil ‘alamin... Segala Puji hanya milik Allah SWT, atas nikmat, rahmat, karunia, hidayah, dan inayah-Nya sehingga diberi kekuatan, kesabaran, dan keteguhan hati untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa kita dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang, keluarga, para sahabat, dan seluruh ummat Islam di dunia. Karena merekalah karya ini terwujud untuk sedikit ikut serta dalam membangun peradaban yang lebih baik.

Setelah melewati proses pembelajaran yang cukup panjang selama 4,5 tahun, akhirnya skripsi untuk memperoleh gelar Sarjana Arsitektur ini dapat diselesaikan dengan judul “*Efisiensi Teknis pada Bangunan Industri*”. Selain untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program regular Strata 1 di Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, penulisan skripsi ini juga bertujuan untuk memberikan penjelasan lebih mendalam tentang efisiensi teknis pada bangunan industri, faktor yang mempengaruhinya, dan mencoba melihat penerapan efisiensi teknis pada dua buah studi kasus bangunan industri yang ada di Indonesia. Harapan penulis semoga tulisan ini dapat bermanfaat dalam bidang arsitektur dan industri serta bidang lain yang masih berkaitan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama proses awal sampai terselesaikannya skripsi ini. Pihak-pihak tersebut antara lain :

- Bapak Dr. Kemas Ridwan Kurniawan, ST, M.Sc., Ph.D, selaku Kepala Departemen Arsitektur, Universitas Indonesia.
- Bapak Prof. Ir. Triatno Judho Hardjoko, M.Sc., Ph.D., yang banyak memberikan materi buat saya sehingga dapat selesai karya ini. Terima kasih telah banyak membantu saya sehingga saya tetap bisa bertahan kuliah dan memperoleh gelar Sarjana Arsitektur.
- Bapak Ir. Hendrajaya Isnaeni M.sc., Ph.D selaku Koordinator skripsi.

- Bapak Dr.-Ing. Ir. Dalhar Susanto yang dengan sabar memberi bimbingan skripsi kepada saya. Terima kasih atas bimbingan dan ilmu selama penyusunan skripsi ini.
- Ibu Ir. Evawani Ellisa, Ph.D., M.Eng., Bapak Yandi Andri Yatmo, ST., Dip. Arch., M.Arch., Ph.D, dan Ibu Ir. Siti Handjarinto, M.Sc. selaku Dewan Penguji yang memberikan kritik dan saran demi sempurnanya skripsi ini.
- Seluruh staff dan dosen Departemen Arsitektur Fakultas Teknik UI, terima kasih atas bimbingan selama empat setengah tahun di Arsitektur UI.
- Bapak Ir. Sumbogo selaku Direktur PT Angka Wijaya Kusuma yang telah memberikan data-data bangunan industri sebagai studi kasus.
- Semua karyawan PT Angka Wijaya Kusuma yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk belajar arsitektur di dunia praktek dan menjadi inspirasi dalam penulisan skripsi ini.
- Keluargaku.. Ayah... *sumber inspirasi.. sumber ilmu... sumber pemasukan... Perhatianmu sungguh memberikan semangat bagiku...Ibu... sosok yang penuh perhatian dan kasih sayang... Doa dan restumu selalu kunantikan... Adik-adikku tersayang : Deasy dan Nanda...belajarnya yang benar ya biar jadi orang yang benar... Ku tunggu kesuksesan kalian...*
- 2004-ku semua: Ridho, Mussa, Berli, Calo, Daia, Anggi, Tasya, Fiqi, Mayang, Deazaz, Aniz, Rully, Ugi, Nagib, Adi, Yudist, Prabu, Gibran, Alif, Damba, Intan, Tito, Putra, Laksi, Gugun, Pandu, Cindy. C, Lianita, Mirza, Dboul, Hendra, Arnin, Novry, Ahmad, Terry, Setya, Likur, Lintang, Lusi, Fresti, Tami, Bancay, Ana, Rizki, Irma, Asih, Icha, Ayu, Masyi, Yunita, Ocha, Cindy.A. yang banyak memberikan masukan kepadaku...ada yang belum disebut??
- Angkatan 2005, 2006, 2007, 2008..*semoga ini bermanfaat untuk kalian.*
- Mas Sofyan, Mas Dedi, Mas Icing, Mas Firman, Bu Uci dan karyawan TU lainnya..
- Temen-temen Pocin : Danu...*jangan lama-lama kuliahnya, Yanur...makasih atas penjelasan strukturnya, Brur...Salim...akhirnya kita lulus bareng ya..* Maaf telah merepotkan kalian semua... Sekarang kita dah berpisah.. Cetak prestasi kita masing-masing ya.. Sukses untuk semuanya.. Aku selalu merindukan kalian..

- Temen-temen PERHIMAK-ku... Jangan pernah berhenti untuk membantu adik-adik ya... Majukan Kebumen selagi kita masih bisa..
- Temen-temen EXOCET'04, aku merindukan masa SMA kita...sukses untuk kalian semua...
- Ferdi dan Chalim, adik kelasku waktu SMA yang di Arsitektur ITB, makasih atas pinjaman buku-bukunya dari perpustakaan ITB. Maaf mengganggu kesibukan kalian. Semangat ya kuliahnya...Salam sukses!!!
- Spesial untuk orang yang selalu mendukungku dari awal sampai akhir penyusunan skripsi ini, memberiku semangat ketika aku lagi tidak semangat, menghiburku ketika lagi jenuh, memberi masukan ketika aku lagi tidak punya ide, dan melakukan semua demi kelancaran proses penyusunan skripsi ini. Tacil sama Mpuss...Makasih banyak ya..
- Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik material maupun spiritual sehingga tersusunnya skripsi ini.

Depok, 30 Desember 2008

Roby Ferdinand Setyawan

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Roby Ferdinand Setyawan  
NPM : 040405053X  
Program Studi : Arsitektur  
Departemen : Arsitektur  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Efisiensi Teknis pada Bangunan Industri

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Januari 2009

Yang menyatakan

( Roby Ferdinand Setyawan )

## **ABSTRAK**

Nama : Roby Ferdinand Setyawan  
Program Studi : Arsitektur  
Judul : Efisiensi Teknis pada Bangunan Industri

Perusahaan yang bergerak dalam bidang perindustrian biasanya menerapkan prinsip ekonomi dalam hal yang berhubungan dengan kegiatan industrinya. Efisiensi teknis perlu dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut. Langkah awal penerapan efisiensi ini pada perencanaan bangunan industri itu sendiri karena merupakan basis utama penerapan efisiensi dalam kegiatan perindustrian. Metode pengambilan kesimpulan dengan menganalisa dua buah bangunan industri sebagai studi kasus yang dikaitkan dengan studi literatur. Efisiensi teknis pada bangunan industri merupakan upaya teknis yang dilakukan perusahaan untuk penghematan penggunaan energi, biaya konstruksi, operasional, dan perawatannya pada aspek ergonomi, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal. Tidak semua bangunan industri di Indonesia menerapkan efisiensi teknis dengan baik.

Kata kunci:  
bangunan industri, efisiensi teknis, aspek efisiensi

## **ABSTRACT**

Name : Roby Ferdinand Setyawan  
Study Program : Architecture  
Title : Technical Efficiency in Industrial Building

Industrial manufactures have an economic principal in everything that related to industry activity. Efficiency always needs to reach mentioned purpose. The first step to do efficiency is how to build the industrial building itself because it is the main basic in the efficiency of industry activity. Conclusion taking method with analysis two industrial building as cases study in to do with literature study. Technical efficiency in industrial building is the way that manufacture does to saving energy usage, construction cost, operational, and taking care in the ergonomic, architectural, structural, and mechanical/electrical. Not all industrials building in Indonesia are applying technique efficiency well.

Key words:  
industrial building, technical efficiency, aspect efficiency

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penulisan.....	2
1.3. Batasan Pembahasan .....	3
1.4. Metode Penulisan.....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2 BANGUNAN INDUSTRI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Pengertian Bangunan Industri .....	5
2.2. Jenis Bangunan Industri .....	6
2.3. Ketentuan Teknis Bangunan Industri.....	10
2.4. Perencanaan Bangunan Industri Secara Umum .....	16
2.4.1. Penentuan Lokasi Bangunan Industri .....	16
2.4.2. Site Plan.....	17
2.4.3. Perencanaan Ruang.....	17
2.4.4. Perencanaan Bangunan.....	17
2.4.5. Produksi .....	18
2.4.6. Perencanaan tata letak dan fasilitas bangunan industri. ....	18
<b>BAB 3 EFISIENSI TEKNIS PADA BANGUNAN INDUSTRI.....</b>	<b>20</b>
3.1. Pengertian Efisiensi Teknis Bangunan Industri .....	20
3.2. Aspek Ergonomi pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri .....	23
3.2.1. Pengertian dan Tujuan Ergonomi .....	23
3.2.2. Ruang Lingkup Ergonomi .....	24
3.2.3. Penerapan Ergonomi pada Bangunan Industri .....	26
3.3. Aspek Arsitektural pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri .....	31
3.3.1. Pemilihan Lokasi Bangunan Industri.....	31
3.3.2. Perencanaan Tapak Bangunan Industri .....	33
3.3.3. Fasade dan Bentuk Bangunan Industri.....	39
3.3.4. Pemilihan Material Bangunan.....	40
3.4. Aspek Struktural pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri .....	42
3.5. Aspek Mekanikal/Elektrikal pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri .....	46
3.5.1. Efisiensi pada Sistem Penerangan Buatan.....	47
3.5.2. Efisiensi pada Sistem Penghawaan Buatan .....	48
3.5.3. Efisiensi pada Sistem Sanitasi .....	50

<b>BAB 4 STUDI KASUS</b> .....	<b>52</b>
4.1. Pabrik Stiker Plastik PT Afixkogyo Indonesia .....	52
4.1.1. Profil Perusahaan .....	56
4.1.2. Penerapan Efisiensi pada Bangunan.....	67
4.2. PT Komatsu Remanufacturing Asia .....	79
4.2.1. Profil Perusahaan .....	79
4.2.2. Penerapan Efisiensi pada Bangunan.....	81
4.3. Rangkuman .....	95
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b> .....	<b>102</b>
<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	<b>105</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>107</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.Potongan Bangunan Industri yang Tidak Bertingkat .....	7
Gambar 2.2.Tampak Bangunan Industri <i>High bay and monitor types</i> .....	8
Gambar 2.3.Potongan Bangunan Industri <i>High bay and monitor types</i> .....	8
Gambar 2.4.Tampak Bangunan Industri Bertingkat Pabrik Stiker PT Afixkogyo Indonesia .....	8
Gambar 2.5.Potongan Bangunan Industri Bertingkat Pabrik Stiker PT Afixkogyo Indonesia .....	9
Gambar 2.6.Diagram kegiatan produksi secara umum .....	18
Gambar 2.7.Diagram rencana suatu bangunan industri .....	19
Gambar 3.1.Persepsi tentang kenyamanan dipengaruhi oleh pengambilan data ukuran/dimensi/anthropometri yang tepat dalam perencanaan desain.....	25
Gambar 3.2.Posisi kerja duduk yang baik.....	27
Gambar 3.3.Posisi kerja berdiri yang baik .....	28
Gambar 3.4.Posisi kerja duduk-berdiri yang baik.....	29
Gambar 3.5.Jangkauan tangan manusia .....	29
Gambar 4.1.Beberapa Contoh Produk Stiker PT Afixkogyo Indonesia .....	53
Gambar 4.2.Mesin-mesin yang ada di PT Afixkogyo Indonesia.....	54
Gambar 4.3.Posisi kerja pada pengoperasian mesin printing .....	56
Gambar 4.4.Posisi kerja pada pembuatan warna (matching colour).....	57
Gambar 4.5.Posisi kerja pada pengoperasian mesin cutting .....	57
Gambar 4.6.Posisi kerja pada pembuatan desain .....	58
Gambar 4.7.Posisi kerja pemeriksaan dan jaminan produk .....	58
Gambar 4.8.Area Kerja Optimal pada Mesin Mesin Printing.....	59
Gambar 4.9.Diagram Aliran Barang di PT Afixkogyo Indonesia .....	61
Gambar 4.10.Layout/Zoning gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia.....	64
Gambar 4.11.Denah basement gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia (material area) .....	65
Gambar 4.12.Denah lantai 1 gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia (produksi area) .....	66
Gambar 4.13.Denah lantai 1 gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia (produksi area) .....	67
Gambar 4.14.Tampak Barat Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia .....	69
Gambar 4.15.Tampak Selatan Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia .....	69
Gambar 4.16.TampakTimur Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia....	70
Gambar 4.17.Tampak Utara Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia....	70
Gambar 4.18.Struktur Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia .....	72
Gambar 4.19.Biotect .....	76
Gambar 4.20.Treatment Limbah B3 .....	76
Gambar 4.21.Denah Tempat Sampah .....	77
Gambar 4.22.Denah Oil Trap.....	78
Gambar 4.23.Potongan Oil Trap .....	78

Gambar 4.24.Organisasi, Anak Perusahaan dan Afiliasi Perusahaan PT United Tractors, Tbk.....	79
Gambar 4.25.Produk dari Komatsu.....	80
Gambar 4.26.Diagram proses perakitan dan perbaikan pada PT Komatsu Remanufacturing Asia.....	83
Gambar 4.27.Site plan/zoning PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	85
Gambar 4.28.Denah Workshop dan alur kegiatan PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	86
Gambar 4.29.Tampak Depan Workshop/Office PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	88
Gambar 4.30.Tampak Samping Kiri Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	88
Gambar 4.31.Tampak Belakang Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	88
Gambar 4.32.Tampak Belakang Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	88
Gambar 4.33.Perspektif Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	89
Gambar 4.34.Struktur Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	91
Gambar 4.35. Sirkulasi udara pada Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan .....	92
Gambar 4.36. Biotect .....	93
Gambar 4.37. Biotect tipe BS.4800-BF4800 .....	93
Gambar 4.38. Denah Oil Trap KRA, Balikpapan .....	94
Gambar 4.39. Potongan Oil Trap KRA, Balikpapan .....	94

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kebutuhan Sanitar pada Bangunan Industri.....	107
Lampiran 2 Dampak pembangunan terhadap lingkungan .....	108

# **BAB 1 PENDAHULUAN**

## **1. 1. Latar Belakang**

Bangunan industri merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kegiatan usaha khususnya dalam bidang industri. Kegiatan industri ini dapat berupa pembuatan suatu barang atau bagian suatu barang, atau kegiatan jasa seperti perbaikan, penghiasan (membuat lebih menarik), penyelesaian, pembersihan, pencucian, pengepakan atau pengalengan, dan lain sebagainya. Semua kegiatan tersebut mempunyai aliran/alur kerja yang berbeda-beda sesuai dengan prosesnya. Namun, dalam satu proses kerja memiliki keteraturan alur/aliran kerja. Rumitnya dan banyaknya kegiatan dalam proses industri ini menjadi satu pertimbangan sendiri dalam merencanakan bangunan industri.

Perusahaan yang bergerak dalam bidang perindustrian biasanya berprinsip ekonomi dalam setiap hal yang berhubungan dengan kegiatan industrinya. Efisiensi dalam segala hal perlu dilakukan agar tercapai keuntungan yang sebesar-besarnya dengan usaha atau biaya yang sekecil-kecilnya. Langkah awal dalam penerapan efisiensi ini yaitu pada perencanaan bangunan industri itu sendiri karena merupakan basis utama penerapan efisiensi dalam kegiatan perindustrian. Jika perusahaan tidak dapat melakukan efisiensi, perusahaan tidak dapat bersaing dengan perusahaan lain.

Perencanaan sebuah bangunan industri harus mempertimbangkan banyak faktor untuk menghasilkan desain yang baik. Faktor-faktor tersebut antara lain proses kegiatan industri, lingkungan, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal. Dengan banyaknya faktor tersebut, perencanaan bangunan industri seharusnya tidak hanya melibatkan pihak perusahaan saja. Pihak lain seperti arsitek, ahli struktur, dan ahli mesin/elektro juga perlu dilibatkan. Akan tetapi, masih banyak perusahaan yang belum melibatkan arsitek dalam merencanakan bangunan industrinya. Oleh karena itu, banyak perencanaan bangunan industri tidak sesuai dengan yang diharapkan.

Peran perusahaan yaitu memberikan informasi tentang kegiatan yang ada dan alur proses kegiatan industrinya. Kemudian seorang arsitek yang dilibatkan menganalisa kegiatan tersebut dan mengaitkan dengan faktor lingkungan dan hal arsitektural lainnya. Faktor lingkungan menjadi pertimbangan pemilihan lokasi yang tepat untuk kegiatan industri. Faktor arsitektural dan struktural menjadi pertimbangan desain dan biaya konstruksi bangunan industri. Faktor mekanikal elektrial menjadi pertimbangan dalam utilitas bangunan industri. Oleh karena itu, untuk menerapkan efisiensi perlu memperhatikan faktor-faktor tersebut agar memperoleh bangunan industri yang efisien. Jadi, efisiensi tersebut tidak hanya terbatas pada masalah biaya dan energi tetapi banyak efisiensi teknis yang dapat diterapkan pada bangunan industri.

Untuk mencapai target produksi tertentu, bangunan industri di Indonesia biasanya beroperasi selama 24 jam dengan karyawan sistem shift. Untuk itu, bangunan industri perlu direncanakan sebaik mungkin untuk mendukung kegiatan produksi yang berlangsung selama 24 jam tersebut. Faktor-faktor teknis efisiensi pada aspek ergonomi, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal harus dipertimbangkan untuk memperoleh bangunan industri yang efektif dan efisien.

PT Afixkogyo Indonesia dan PT Komatsu Remanufacturing Asia merupakan contoh bangunan industri yang ada di Indonesia. Kedua bangunan tersebut dijadikan bahan studi kasus penerapan efisiensi teknis pada bangunan industri. Dengan data yang ada, penulis mencoba menganalisa berdasarkan studi literatur yang dipelajari terlebih dahulu. Akhirnya penulis mencoba mengambil kesimpulan penerapan efisiensi teknis pada kedua bangunan tersebut.

## **1. 2. Tujuan Penulisan**

Dalam penyusunan tulisan ini penulis mempunyai tujuan untuk:

- a. Mempejalari dan menjelaskan lebih jauh apa yang dimaksud dengan efisiensi pada bangunan industri.
- b. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi pada bangunan industri.

- c. Mencoba melihat penerapan efisiensi bangunan industri pada dua buah kasus bangunan industri.

### **1. 3. Batasan Pembahasan**

Dalam tulisan ilmiah ini hanya membatasi pembahasan mengenai efisiensi teknis pada bangunan industri pada aspek ergonomi, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal. Penulis mengambil studi kasus dua bangunan industri di Indonesia yang memiliki karakteristik yang berbeda.

### **1. 4. Metode Penulisan**

Metode penulisan dengan menempuh cara menganalisa data bangunan industri yang ada di Indonesia sebagai studi kasus yang dikaitkan dengan teori yang ada tentang penerapan efisiensi teknis pada bangunan tersebut. Beberapa cara untuk memperoleh data yang mendukung penulisan skripsi ini antara lain dengan studi literatur, pencarian data via internet (*searching, browsing*), survey lapangan, dan proses interview dengan pihak-pihak/narasumber yang berkaitan dengan data yang diperlukan.

### **1. 5. Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah penulisan skripsi ini dan mempunyai pembahasan yang lebih efektif dan efisien penulis menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri atas latar belakang, tujuan penelitian, batasan pembahasan, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II BANGUNAN INDUSTRI**

Bab ini menjelaskan berbagai informasi yang didapatkan dari berbagai pustaka mengenai pengertian bangunan industri, jenis bangunan industri, ketentuan teknis bangunan industri, dan perencanaan bangunan industri secara umum.

### **BAB III EFISIENSI TEKNIS PADA BANGUNAN INDUSTRI**

Bab ini menjelaskan berbagai informasi yang didapatkan dari berbagai pustaka mengenai pengertian efisiensi teknis pada bangunan industri dan aspek-aspek yang dapat diterapkan pada efisiensi tersebut meliputi aspek ergonomi, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal.

### **BAB IV STUDI KASUS**

Berisi tentang analisa penerapan efisiensi teknis pada dua bangunan industri yang ada di Indonesia yaitu PT Afixkogyo Indonesia dan PT Komatsu Remanufacturing Asia sehingga mendapatkan rangkuman dan perbandingannya.

### **BAB V KESIMPULAN**

Berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisa terkait dengan tujuan dari penelitian ini.

## **BAB 2**

### **BANGUNAN INDUSTRI**

#### **2.1 Pengertian Bangunan Industri**

Menurut Jolyon Drury (1981) dalam bukunya “*Factories: Planning, Design, and Modernisation*”, bangunan industri adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melakukan sebuah proses atau hal yang masih berhubungan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Pembuatan suatu barang atau bagian suatu barang.
2. Pengubahan, perbaikan, penghiasan (membuat lebih menarik), penyelesaian, pembersihan, pencucian, pengepakan atau pengalengan, penyaduran untuk dijual atau penambahan mutu atau pembongkaran sebuah barang.
3. Penggunaan minyak atau pengolahan mineral menjadi proses pada lahan perdagangan dan bisnis kecuali dari sektor pertanian, dan untuk definisi ini pengertian barang adalah semua barang yang dapat dideskripsikan, termasuk barang yang besar seperti kapal atau pesawat.

Bangunan industri merupakan suatu jenis bangunan yang digunakan untuk kegiatan seperti pengumpulan, pengolahan, dan/atau pabrikasi produk dari bahan baku atau *spare part*. Ruang tambahan yang biasanya ada pada bangunan industri meliputi pergudangan, distribusi, dan fasilitas pemeliharaan. Tujuan yang utama ruang tersebut adalah untuk penyimpanan, memproduksi, mengumpulkan, atau mendistribusikan produk. Kegiatan pengolahan tersebut meliputi pemrosesan suatu produksi, perakitan, perubahan, perbaikan, pengepakan, finishing, atau pembersihan barang-barang produksi dalam rangka perdagangan atau penjualan (Chiles and Company, Inc., 2005).

Makna bangunan industri adalah suatu bangunan yang secara langsung digunakan untuk memproduksi atau perusahaan produksi secara teknis. Bangunan industri biasanya tidak dapat di akses selain oleh para

perkerjanya. Bangunan industri meliputi bangunan yang digunakan dalam kegiatan produksi daya, pembuatan produk, pekerjaan tambang bahan baku, dan gudang/penyimpanan tekstil, produk minyak tanah, produksi kayu dan kertas, bahan-kimia, plastik, dan logam (United State Federal Government, part. 761.3).

## **2.2 Jenis Bangunan Industri**

Bangunan industri merupakan salah satu klasifikasi bangunan yang berfungsi sebagai tempat usaha. Jenis bangunan industri tidak dapat terlepas dari jenis atau macam industri itu sendiri. Jenis industri dapat digolongkan berdasarkan tempat bahan baku, besar kecil modal, klasifikasi atau penjenisannya, jumlah tenaga kerja, pemilihan lokasi, dan produktivitas perorangan. Namun penggolongan industri yang mempengaruhi perbedaan bangunan industrinya hanya penggolongan industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya dan jumlah tenaga kerja.

Jenis-jenis/macam industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya berdasarkan SK Menteri Perindustrian No.19/M/I/1986 terdiri dari empat macam. Pertama, industri kimia dasar contohnya seperti industri semen, obat-obatan, kertas, pupuk, dsb. Kedua, industri mesin dan logam dasar misalnya seperti industri pesawat terbang, kendaraan bermotor, tekstil, dll. Ketiga, industri kecil contohnya seperti industri roti, kompor minyak, makanan ringan, es, minyak goreng curah, dll. Keempat, aneka industri misal seperti industri pakaian, industri makanan dan minuman, dan lain-lain. Dari perbedaan klasifikasi atau penjenisan industri ini dapat membedakan bangunan industri dari segi klasifikasi bangunan industri. Setiap bangunan industri tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan ruang dan kualitas ruang.

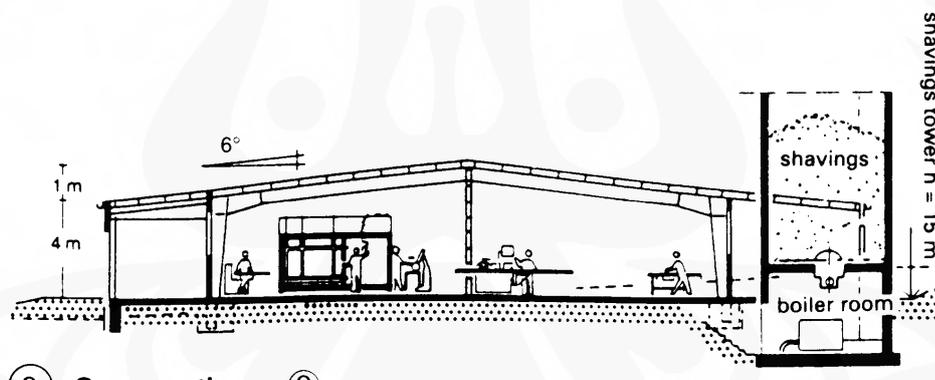
Jenis-jenis industri berdasarkan jumlah tenaga kerja dapat dibedakan menjadi empat. Pertama, industri rumah tangga adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 1-4 orang. Kedua, industri kecil adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 5-19 orang. Ketiga, industri sedang atau industri menengah adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 20-99 orang. Keempat,

industri besar adalah industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 100 orang atau lebih. Dari perbedaan industri tersebut dapat dilihat perbedaan bangunan industri berdasarkan ukuran dan bentuknya. Dari jenis industri tersebut bisa dibedakan ada yang memerlukan bangunan industri khusus seperti industri sedang/menengah dan industri besar. Namun, ada industri yang tidak terlalu memerlukan bangunan industri secara khusus seperti industri rumah tangga dan industri kecil. Akan tetapi, semua perencanaan bangunan industri tersebut perlu dipertimbangkan secara matang sesuai dengan kebutuhan kegiatan dalam industri.

Bangunan industri menurut jumlah lantai bangunan dapat dikelompokkan sebagai berikut (Fadli Yanur, 2008, chap.2) :

1. Gedung yang tidak bertingkat dengan pelbagai macam susunan/bentuk atap (*single story*).

Bangunan industri ini hanya memiliki satu lantai yang ketinggian atap dari lantai tidak terlalu tinggi. Akan tetapi bentuk atapnya bisa memiliki susunan/bentuk yang lebih bervariasi.



Gambar 2.1. Potongan Bangunan Industri yang Tidak Bertingkat

Sumber: Data Arsitek Jilid 2, Ernst and Peter Neufert, terj. 2002

2. *High bay and monitor types*.

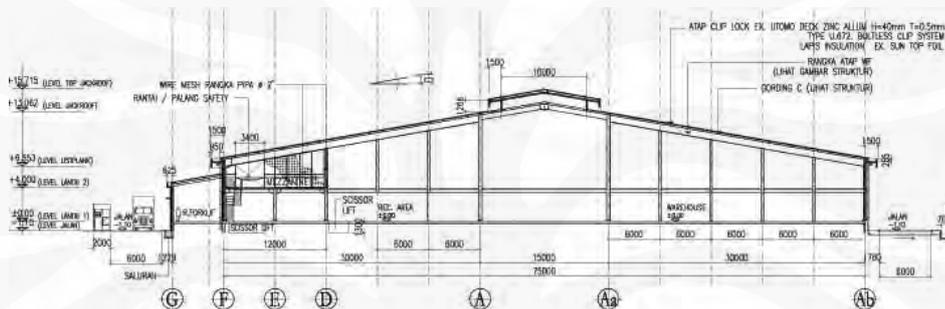
Bangunan industri ini juga memiliki satu lantai tetapi ketinggian atapnya tinggi. Jadi, bangunan industri ini memiliki tiang/kolom yang tinggi. Ini dimaksudkan untuk penambahan mezzanine sebagai tempat monitor/pengawasan kegiatan industri di bawahnya. Penambahan mezzanine ini tidak lebih dari setengah dari luas bangunan seluruhnya

karena jika lebih dari setengah dari luas bangunan dihitung sebagai lantai tersendiri.



Gambar 2.2. Tampak Bangunan Industri *High bay and monitor types*

Sumber: Arsip ASKI, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

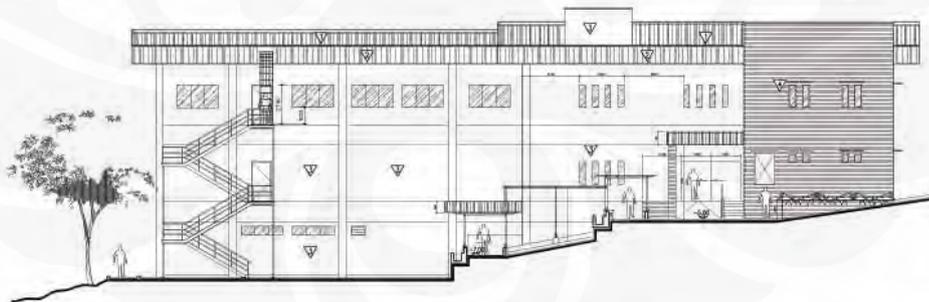


Gambar 2.3. Potongan Bangunan Industri *High bay and monitor types*

Sumber : Arsip ASKI, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

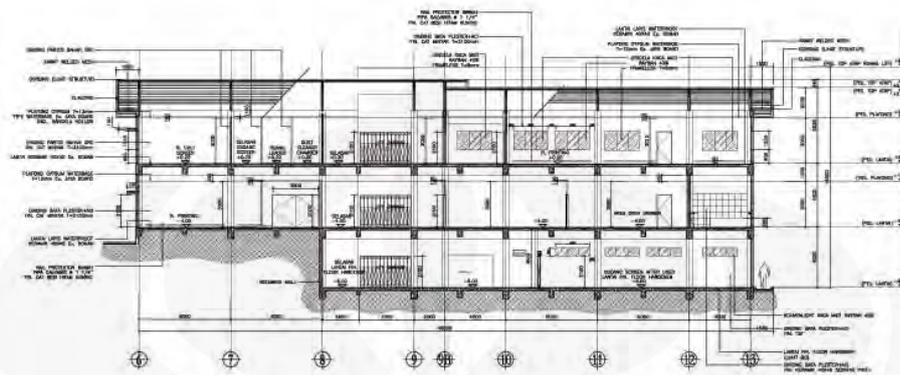
### 3. Gedung yang bertingkat (*multy story*).

Bangunan industri ini mempunyai jumlah lantai yang lebih atau sama dengan dua. Bangunan industri ini harus memenuhi syarat-syarat bangunan bertingkat dengan memperhatikan aspek struktural, arsitektural (estetika), mekanikal (transportasi vertikal dan tata udara), dan elektrikal (daya listrik dan penerangan).



Gambar 2.4. Tampak Bangunan Industri Bertingkat Pabrik Stiker PT Afixkogyo Indonesia

Sumber : Arsip AFIX-PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008



Gambar 2.5. Potongan Bangunan Industri Bertingkat Pabrik Stiker PT Afixkogyo Indonesia  
 Sumber : Arsip AFIX-PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

Bangunan industri juga dapat dikelompokkan menurut jenis tujuannya, yaitu (Jolyon Drury, 1981):

1. *Light production and assembly* (Produksi ringan dan perakitan)
  - a. *High technology* (Teknologi tinggi), meliputi komponen elektronik, peralatan ilmiah, peralatan ahli bedah, rekayasa teknik murni.
  - b. *Low technology* (Teknologi rendah), meliputi rekayasa teknik ringan, pengepakan, pembuatan pakaian skala kecil, perawatan kendaraan, perbaikan barang-barang kebutuhan.
2. *Batch production and assembly* (Produksi kelompok dan perakitan), meliputi komponen teknik, pakaian, pekerjaan baja, pengepakan makanan, rekayasa teknik secara umum dan pabrikasi, serta peralatan elektronik.
3. *Mass production and assembly* (Produksi kelompok besar dan perakitan), meliputi automobile, barang elektronik, dan pakaian.
4. *Process-based production* (Proses dasar produksi)
  - a. *Centralised facilities* (fasilitas terpusat), meliputi obat-obatan, kebutuhan kamar mandi, produk petro kimia, tembakau, alat memasak, dan makanan.
  - b. *Dispersed facilities* (fasilitas terpisah), meliputi kertas, plastik, cat, dan kebutuhan kamar mandi.

5. *Heavy engineering* (Alat-alat berat), meliputi gear, penutup kapal, pabrikasi lempengan logam, produksi rel kereta api, gulungan lembaran baja, kabel, dan industri komponen eksplorasi minyak.

### 2.3 Ketentuan Teknis Bangunan Industri

Penyelenggaraan bangunan merupakan proses kegiatan perencanaan, pelaksanaan, dan pemanfaatan bangunan. Oleh karena itu, penyelenggaraan bangunan tidak boleh semaunya sendiri tanpa mempedulikan aturan yang berlaku. Setiap bangunan di Indonesia harus mengikuti peraturan persyaratan teknis bangunan gedung sesuai dengan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 441/KPTS/1998 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Gedung. Oleh karena itu, penyelenggaraan bangunan industri harus memperhatikan persyaratan teknis yang ada.

Pengaturan persyaratan teknis bangunan gedung dimaksudkan untuk mewujudkan bangunan gedung yang berkualitas sesuai dengan fungsinya. Pengaturan persyaratan teknis bangunan gedung bertujuan terselenggaranya fungsi bangunan gedung yang aman, sehat, nyaman, efisien, seimbang, serasi dan selaras dengan lingkungannya.

Persyaratan teknis tersebut meliputi persyaratan peruntukan dan intensitas bangunan, arsitektur dan lingkungan, serta keandalan bangunan. Secara umum persyaratan tersebut juga berlaku pada bangunan industri. Setiap bagian dari persyaratan mempunyai tujuan masing-masing yaitu:

- a. **Peruntukan dan Intensitas:** menjamin bangunan gedung didirikan berdasarkan ketentuan tata ruang dan tata bangunan yang ditetapkan di daerah yang bersangkutan, menjamin bangunan dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya, menjamin keselamatan pengguna, masyarakat, dan lingkungan.

Oleh karena itu, sebelum mendirikan sebuah bangunan industri perlu mengadakan survei terlebih dahulu ke lokasi apakah daerah tersebut diperuntukan untuk kawasan industri atau tidak. Hal ini dapat ditanyakan ke pemerintah daerah setempat. Jika memang untuk kawasan industri juga perlu data tentang KDB dan KLBnya untuk diterapkan dalam bangunan industri.

- b. Arsitektur dan Lingkungan:** menjamin terwujudnya bangunan gedung yang didirikan berdasarkan karakteristik lingkungan, ketentuan wujud bangunan, dan budaya daerah, sehingga seimbang, serasi dan selaras dengan lingkungannya, dan menjamin terwujudnya tata ruang hijau yang dapat memberikan keseimbangan dan keserasian bangunan terhadap lingkungannya, serta menjamin bangunan gedung dibangun dan dimanfaatkan dengan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Dikaitkan dengan bangunan industri maka Tata Letak Bangunan Penempatan bangunan industri tidak boleh mengganggu fungsi prasarana kota, lalu lintas dan ketertiban umum. Bentuk bangunan industri harus dirancang sedemikian rupa sehingga setiap ruang dalam dimungkinkan menggunakan pencayahaya dan penghawaan alami. Biasanya bangunan industri dibuat sederhana agar lebih efektif dan efisien. Aksesibilitas bangunan harus mempertimbangkan kemudahan bagi semua orang mengingat banyaknya kegiatan dalam proses produksi dan pegawai yang terlibat. Suatu bangunan industri sehurang-kurangnya harus dilengkapi dengan fasilitas kamar mandi dan kakus, ruang ganti pakaian karyawan, ruang makan, ruang istirahat, serta ruang pelayanan kesehatan yang memadai.

- c. Struktur Bangunan:** menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dapat mendukung beban yang timbul akibat perilaku alam dan manusia, menjamin keselamatan manusia dari kemungkinan kecelakaan atau luka yang disebabkan oleh kegagalan struktur bangunan, menjamin kepentingan manusia dari kehilangan atau kerusakan benda yang disebabkan oleh perilaku struktur, dan menjamin perlindungan properti lainnya dari kerusakan fisik yang disebabkan oleh kegagalan struktur.

Untuk bangunan industri biasanya menggunakan struktur dengan konsep kemudahan, akurasi, dan efisiensi. Kemudahan berarti proses pembuatan yang mudah dengan struktur yang sederhana. Akurasi berarti perhitungan yang tepat agar kekokohan tetap terjamin. Efisien berarti

penggunaan sistem yang tepat dan material yang sesuai dapat menjadi aspek efisiensi tersendiri dalam bangunan industri.

- d. Ketahanan terhadap Kebakaran:** menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dapat mendukung beban yang timbul akibat perilaku alam dan manusia pada saat terjadi kebakaran, menjamin terwujudnya bangunan gedung yang dibangun sedemikian rupa sehingga mampu secara struktural stabil selama kebakaran, sehingga cukup waktu bagi penghuni melakukan evakuasi secara aman, cukup waktu bagi pasukan pemadam kebakaran memasuki lokasi untuk memadamkan api, dan dapat menghindari kerusakan pada properti lainnya.

Dikaitkan dengan ketahanannya terhadap api, terdapat 3 (tiga) tipe konstruksi yaitu:

1. Tipe A:

Konstruksi yang unsur-unsur struktur pembentuknya adalah tahan api dan mampu menahan secara struktural terhadap kebakaran pada bangunan minimal 2 (dua) jam. Pada konstruksi ini terdapat dinding pemisah pembentuk kompartemen untuk mencegah penjaieran panas ke ruang-ruang yang bersebelahan di dalam bangunan dan dinding luar untuk mencegah penjalaraan api ke dan dari bangunan didekatnya.

2. Tipe B:

Konstruksi yang unsur-unsur struktur pembentuk kompartemen penahanan api mampu mencegah penjalaraan kebakaran ke ruang-ruang bersebelahan di dalam bangunan dan unsur dinding luarnya mampu menahan penjalaraan kebakaran dari luar bangunan selama sekurang kurangnya 1 (satu) jam.

3. Tipe C:

Konstruksi yang terbentuk dari unsur-unsur struktur yang dapat terbakar dan tidak dimaksudkan untuk mampu bertahan terhadap api. Pada bangunan industri yang terdiri dari 1 atau 2 lantai cukup menggunakan tipe konstruksi tipe C. Jika bangunan terdiri dari 3 lantai

menggunakan tipe B dan bangunan industri terdiri dari 4 lantai atau lebih menggunakan tipe A.

- e. **Sarana Jalan Masuk dan Keluar:** menjamin terwujudnya bangunan gedung yang mempunyai akses yang layak, aman dan nyaman ke dalam bangunan dan fasilitas serta layanan di dalamnya, menjamin terwujudnya upaya melindungi penghuni dari cedera atau luka saat evakuasi pada keadaan darurat, dan menjamin tersedianya aksesibilitas bagi penyandang cacat, khususnya untuk bangunan fasilitas umum dan sosial.

Pada bangunan industri sangat perlu dipertimbangkan sarana jalan keluar dan masuk mengingat tingkat mobilitas yang tinggi baik pegawai dan kendaraan. Akses yang kurang memadai dan penempatan yang salah dapat menyebabkan jalur lalu lintas di sekitar bangunan industri menjadi terganggu.

- f. **Transportasi dalam Gedung:** menjamin tersedianya alat transportasi yang layak, aman, dan nyaman di dalam bangunan gedung, menjamin tersedianya aksesibilitas bagi penyandang cacat khususnya untuk bangunan fasilitas umum dan sosial.

Untuk bangunan industri biasanya yang terpenting adalah transportasi untuk aliran barang baik transportasi vertikal maupun horizontal. Aliran dan pemindahan barang semakin cepat mengakibatkan semakin efektif dan efisien dalam proses produksi. Oleh karena itu, semakin sedikit juga yang dikeluarkan dalam proses tersebut.

- g. **Pencahayaan Darurat, Tanda arah Keluar, dan Sistem Peringatan Bahaya:** menjamin tersedianya pertanda dini yang informatif di dalam bangunan gedung apabila terjadi keadaan darurat, dan menjamin penghuni melakukan evakuasi secara mudah dan aman, apabila terjadi keadaan darurat.

- h. **Instalasi Listrik, Penangkal Petir dan Komunikasi:** menjamin terpasangnya instalasi listrik secara cukup dan aman dalam menunjang terselenggaranya kegiatan di dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya, menjamin terwujudnya keamanan bangunan gedung dan penghuninya dari bahaya akibat petir, serta menjamin tersedianya sarana

komunikasi yang memadai dalam menunjang terselenggaranya kegiatan di dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya.

Pada bangunan industri diusahakan agar instalasi listrik seefektif mungkin mengingat kebutuhan energi listrik untuk kegiatan industri sangat besar. Jadi penghematan penggunaan listrik perlu dilakukan agar tidak mengeluarkan biaya yang besar.

- i. Instalasi Gas:** menjamin terpasangnya instalasi gas secara aman dalam menunjang terselenggaranya kegiatan di dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya, menjamin terpenuhinya pemakaian gas yang aman dan cukup, serta menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan secara baik.
- j. Sanitasi dalam Bangunan:** menjamin tersedianya sarana sanitasi yang memadai dalam menunjang terselenggaranya kegiatan di dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya, menjamin terwujudnya kebersihan, kesehatan dan memberikan kenyamanan bagi penghuni bangunan dan lingkungan, serta menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan sanitasi secara baik. (*Lihat lampiran untuk tabel kebutuhan sanitar pada bangunan industri*).

Ada syarat tersendiri sanitasi pada bangunan industri yaitu (Ernst and Peter Neufert, terj. 2002):

- Area toilet mudah dijangkau dengan jarak maksimal dalam radius 100m dari area kerja.
- Jika ada lima ruang kerja atau lebih pada sebuah perusahaan, maka toilet untuk wanita dan laki-laki perlu dipisah.
- Toilet harus tertutup.
- Ventilasi alami harus ada di setiap toilet yakni udara bebas dapat keluar masuk ruang.
- Luas jendela mimal pada toilet yaitu  $1700\text{cm}^2$ .
- Lantai harus kasar/tidak licin/anti slip, tahan air, dan mudah dibersihkan.
- Lantai tetap kering dan air di kloset harus lancar.
- Dinding harus mudah dibersihkan setinggi maksimal 2 m.

- Temperatur ruang lebih atau sama dengan 21°C.
- Lobby wajib ada pada area toilet yang berhubungan langsung dengan area kerja, tempat ganti, tempat cuci, area istirahat dan tempat untuk pertolongan pertama/keadaan darurat.
- Untuk wanita 1 closet untuk 3-10 orang atau menjangkau area 50-100m<sup>2</sup>.
- Untuk laki-laki 1 closet untuk 10-15 orang atau menjangkau area 50-100m<sup>2</sup>.
- Ada 1-3 urinal setiap 10-15 orang atau menjangkau area 50-100m<sup>2</sup>.
- Maksimal dalam satu area toilet ada 10 closet.
- Minimal ada satu wastafel setiap lima closet.
- Jika wastafel ada yang menggunakan sabun, minimal ada satu dari dua wastafel yang tidak menggunakan sabun.
- Minimal ada satu kaca cermin setiap 2-3 wastafel.
- Tinggi plafond/ruangan dari lantai minimal 2,20m.

**k. Ventilasi dan Pengkondisian Udara:** menjamin terpenuhinya kebutuhan udara yang cukup, baik alami maupun buatan dalam menunjang terselenggaranya kegiatan dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya, dan menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan tata udara secara baik.

Pada bangunan industri yang mempunyai jendela, bukaan, pintu atau sarana bukaan lainnya, luas ventilasi tidak kurang dari 10% dari luas lantai ruangan yang di ventilasi, dengan jarak tidak lebih dari 3,6 m diatas lantai. Selain itu, ruangan bersebelahan yang mempunyai jendela, bukaan, pintu atau sarana lainnya, dengan luas ventilasi tidak kurang dari 10% luas lantai kedua ruangan tersebut. Luas ventilasi yang diatur tersebut di atas dapat direduksi secukupnya jika tersedia ventilasi alami langsung dari sumber lainnya

**l. Pencahayaan:** menjamin terpenuhinya kebutuhan pencahayaan yang cukup, baik alami maupun buatan dalam menunjang terselenggaranya kegiatan di dalam bangunan gedung sesuai dengan fungsinya, dan

menjamin upaya beroperasinya peralatan dan perlengkapan pencahayaan secara baik.

- m. Kebisingan dan Getaran:** menjamin terwujudnya kehidupan yang nyaman dari gangguan suara dan getaran yang tidak diinginkan, dan menjamin adanya kepastian bahwa setiap usaha atau kegiatan yang menimbulkan dampak negatif suara dan getaran perlu melakukan upaya pengendalian pencemaran dan atau mencegah perusakan lingkungan.

## **2.4 Perencanaan Bangunan Industri Secara Umum**

### **2.4.1 Penentuan Lokasi Bangunan Industri**

Tujuan penentuan lokasi suatu bangunan industri dengan tepat ialah untuk dapat membantu bangunan industri beroperasi atau berproduksi dengan lancar, efektif dan efisien.

Ada 3 tahap yang dapat dilakukan dalam memilih lokasi suatu bangunan industri, yaitu (Fadli Yanur, 2008, chap. 2):

1. Melihat kemungkinan daerah-daerah mana yang dapat ditentukan sebagai daerah-daerah alternatif dengan melihat ketentuan dari pemerintah daerah setempat mengenai daerah-daerah mana yang diperkenankan untuk mendirikan bangunan industri tertentu. Dalam hal ini pemerintah daerah setempat perlu dihubungi untuk mendapatkan informasi kemungkinan-kemungkinan daerah yang dapat dipilih.
2. Melihat pengalaman orang lain atau pengalaman kita sendiri dalam menentukan lokasi bangunan industri. Dalam hal ini jenis barang hasil produksi dan proses pengerjaannya selalu akan menentukan kekhususan bangunan industri tersebut, seperti mengenai lokasi, powernya, transportasinya serta faktor-faktor lain yang dianggap penting.
3. Mempertimbangkan dan menilai masyarakat-masyarakat untuk daerah lokasi bangunan industri yang dianggap paling menguntungkan.

#### 2.4.2 Site Plan

Kebutuhan site ditentukan oleh kebutuhan luas bangunan, jalan, dan jalur sirkulasi. Perencanaan bangunan industri pada site ditentukan oleh KDB dan KLB pada lokasi tersebut. Dengan begitu rencana lahan yang terbangun dan jumlah lantai bangunan sudah terencana dengan baik. Peletakkan massa bangunan pada site juga memperhatikan rencana masa depan jika memungkinkan. Perencanaan pembuatan jalur sirkulasi diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau dan memperhatikan sirkulasi di sekitar site agar tidak mengganggu jalur sirkulasi di sekitarnya. Jalur sirkulasi ini biasanya membutuhkan tempat yang banyak.

#### 2.4.3 Perencanaan Ruang

Perencanaan ruang meliputi:

1. Jenis kebutuhan ruang.
2. Besarnya ruang dalam m<sup>2</sup>.
3. Besarnya ruang sesuai dengan pencahayaan.
4. Jumlah ruang kerja yang dipisahkan menurut jenisnya.
5. Perencanaan penempatan mesin.
6. Beban hidup.
7. Perencanaan terhadap getaran, suara, api, racun, dan bahan peledak.
8. Kebutuhan energi.
9. Pengaturan suhu.
10. Pengaturan jalan.
11. Penetapan atau kemungkinan terjadinya perluasan.

#### 2.4.4 Perencanaan Bangunan

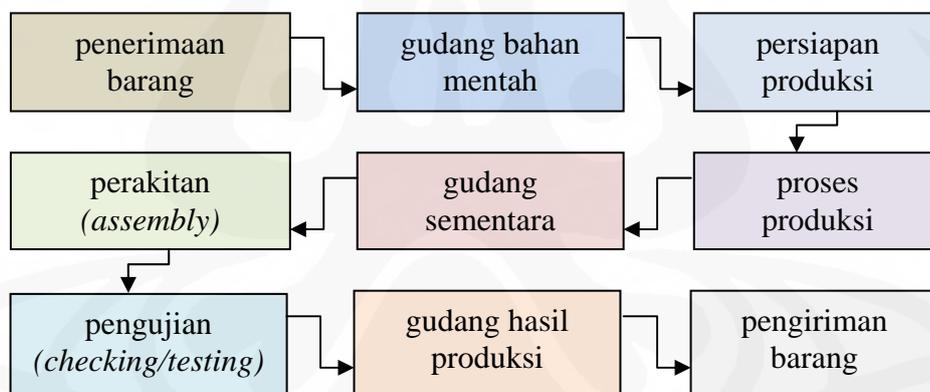
Perencanaan sebuah bangunan industri harus direncanakan dengan penggambaran. Proses produksi diketahui dari pengamatan hasil produksi setiap tahunnya atau jumlah tenaga kerja. Dengan tidak adanya pengalaman, maka seorang ahli harus dapat menempatkan perencanaan mesin-mesin dan alat kerja sesuai kebutuhan. Alasan dasar dari sebuah perencanaan menurut hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Diagram perusahaan (sistem produksi).
2. Perencanaan bahan (kriteria yang terpenting sebagai pertimbangan ekonomi, alasan yang terpenting untuk perencanaan tata letak).
3. Perencanaan pemasangan mesin.
4. Perencanaan tenaga kerja.
5. Program ruangan.
6. Skema bangunan.

#### 2.4.5 Produksi

Perencanaan produksi merupakan penggambaran diagram alur langkah kerja proses produksi dan susunan dasar perencanaan mesin dan diagram aliran bahan. Sistem produksi menurut pengolahan bahan dan proses produksi terdiri dari sistem tempat kerja (*workplace system*), bengkel (*workshop system*), sistem garis (*line system*), sistem baris (*row system*), dan sistem arus (*flow system*).

Susunan dasar kegiatan produksi dapat digambarkan pada diagram berikut ini:



Gambar 2.6. Diagram kegiatan produksi secara umum

Sumber: Data Arsitek jilid 2, Ernst and Peter Neufert, terj. 2002, telah diolah kembali

#### 2.4.6 Perencanaan tata letak dan fasilitas bangunan industri.

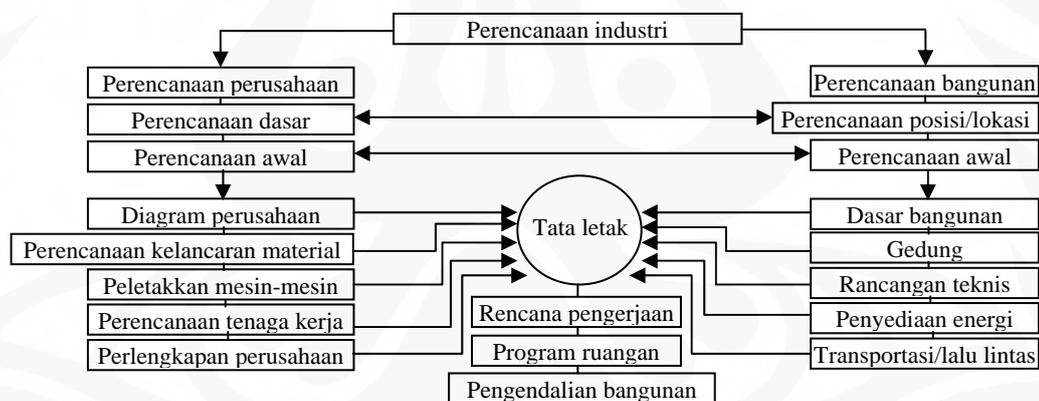
Dalam suatu bangunan industri, tata letak (*layout*) dari fasilitas produksi dan area kerja merupakan elemen dasar yang sangat penting dari kelancaran proses produksi. Pengaturan *layout* di dalam bangunan industri merupakan aktivitas yang sangat vital dan sering muncul berbagai macam permasalahan di dalamnya. Masalah yang paling utama

adalah apakah pengaturan dari semua fasilitas produksi tersebut telah dibuat sebaik-baiknya sehingga bisa mencapai suatu proses produksi yang paling efisien dan bisa mendukung kelangsungan serta kelancaran proses produksi secara optimal (Bayu Satria Irawan, 2007).

Jika membicarakan perencanaan tata letak dan fasilitas, ada 2 kata kunci yang ada didalamnya, yaitu pengaturan dan fasilitas. Perencanaan tata letak dan fasilitas bisa didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas bangunan industri untuk menunjang kelancaran proses produksi. Ada 2 fasilitas bangunan industri utama yang menjadi obyek yang harus diatur letaknya :

1. Mesin (*machine layout*)
2. Departemen kerja yang ada dalam bangunan industri (*department layout*)

Pengaturan fasilitas-fasilitas bangunan industri tersebut memanfaatkan luas area (*space*) dari ruang produksi bangunan industri untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya.



Gambar 2.7. Diagram rencana suatu bangunan industri

Sumber: Data Arsitek Jilid 2, Ernst and Peter Neufert, terj. 2002

## **BAB 3**

### **EFISIENSI TEKNIS PADA BANGUNAN INDUSTRI**

#### **3.1 Pengertian Efisiensi Teknis Bangunan Industri**

Dalam dunia perindustrian tidak akan terlepas dari prinsip ekonomi. Pemilik perusahaan berfikir dengan cerdas bagaimana memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya tetapi mengeluarkan usaha dalam hal ini biaya produksi yang sekecil-kecilnya. Oleh karena itu, mereka melakukan berbagai cara untuk memperkecil biaya produksi tanpa menurunkan mutu barang produksi mereka. Prinsip efisiensi yang selalu dipegang dalam perindustrian untuk penghematan biaya produksi karena efisiensi merupakan basis utama untuk dapat bersaing dengan produsen lain. Jika mereka tidak dapat melakukan efisiensi, maka biaya produksi akan membengkak dan tidak dapat bersaing dengan produsen lain.

Kata efisiensi berasal dari bahasa Inggris "*efficiency*". Persamaan katanya adalah "*leverage*". Kata *leverage* sendiri berasal dari bahasa Perancis kuno "*lever*" yang berarti "menjadikan lebih ringan". Kenyataannya, memang makna kata "menjadikan lebih ringan" inilah yang tercakup dalam kata efisiensi. Dengan menggunakan cara-cara tertentu, maka pekerjaan-pekerjaan yang sulit bisa dilakukan dalam waktu yang lebih singkat, tanpa mengeluarkan tenaga dan biaya yang terlalu banyak. Itulah sebabnya mengapa dalam kata efisiensi terkandung makna "menjadikan lebih ringan".

Dari penjelasan makna efisiensi di atas, dapat diterapkan dalam dunia industri pada beberapa aspek yang berkaitan dengan perindustrian. Aspek yang paling dasar untuk penerapan efisiensi yaitu pada area atau tempat kegiatan produksi barang atau jasa yang mereka hasilkan. Tempat kegiatan produksi ini yang lebih dikenal dengan bangunan industri. Oleh karena itu, perancangan bangunan industri harus memperhatikan prinsip efisiensi tersebut.

Ada dua perkembangan arsitektur yang dapat diterapkan dalam efisiensi bangunan industri. Pertama, gaya arsitektur modern yang simple,

bersih, dan fungsional sesuai dengan gaya masyarakat modern. Bentuknya yang simple dan bersih dengan menerapkan teori *form follow function*. Kedua, konsep bangunan hijau yang menekankan pada efektifitas pemanfaatan sumber daya alam (energi, air, dan material) sehingga menghasilkan bangunan yang hemat energi, hemat biaya dalam konstruksinya, dan hemat dalam perawatan bangunannya.

Ciri-ciri yang terlihat pada arsitektur modern yang berkembang di Indonesia antara lain (M Probo Hindarto, 2006):

1. Memiliki perhatian yang besar terhadap fungsi ruang, yang didapatkan dari pola aktivitas penghuni.
2. Memiliki perhatian yang besar terhadap material bangunan yang digunakan untuk mendapatkan hasil akhir (estetika) yang diinginkan.
3. Memiliki analogi mesin dalam penataan dan pengembangan ruang-ruang.
4. Menghindari ornamen (bila murni gaya modern), atau menggunakan ornamen (bila postmodern, atau diberi embel-embel semacam: arsitektur modern etnik, arsitektur modern Bali, dan sebagainya).
5. Penyederhanaan bentuk dan ornamentasi dan penghilangan detail yang 'tidak diperlukan' sejauh keinginan desainer (atau pemilik bangunan).

Sedangkan, perkembangan konsep bangunan hijau memegang prinsip efisiensi sumber daya, kesehatan, dan produktivitas. Untuk merealisasikan hal tersebut melibatkan dan mengintegrasikan pendekatan multi disiplin antara proyek bangunan dengan semua komponen yang terlihat dalam kehidupan. Pendekatan ini yang sering disebut dengan bangunan hijau atau bangunan berkelanjutan yang mempertimbangkan ekonomi bangunan, dampak terhadap lingkungan dan penampilan, dari pencarian material dan pembuatan produk sampai transportasi produk desain bangunan dan konstruksi, operasional, dan perawatan, serta penggunaan kembali bangunan atau penjualan. Dari pengertian di atas cakupan konsep berkelanjutan antara lain bertujuan untuk penghematan energi, biaya operasional dan perawatan, mengurangi penyakit yang disebabkan bangunan, menaikkan produktivitas dan kenyamanan penghuni bangunan, mengurangi sampah dan polusi, serta menaikkan

ketahanan dan fleksibilitas bangunan dan komponen bangunan (U.S. Green Building Council, Public Technology, Inc., 1996).

Bangunan hijau dirancang untuk mengurangi keseluruhan dampak lingkungan (*lihat lampiran 2*) terhadap kesehatan manusia dan lingkungan alami dengan:

- Secara efisien menggunakan energi, air, dan sumber daya lain.
- Melindungi kesehatan penghuni dan meningkatkan produktivitas karyawan
- Mengurangi barang sisa/sampah, polusi dan degradasi lingkungan.

Bangunan hijau memberikan banyak keuntungan baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Keuntungan ini diperoleh dari (U.S. Green Building Council, Public Technology, Inc., 1996):

- Penghematan energi
- Penghematan air
- Pengurangan sampah
- Penghematan biaya konstruksi
- Penghematan biaya operasional dan perawatan bangunan
- Mengurangi resiko kecelakaan pada penghuni bangunan
- Meningkatkan kesehatan penghuni dan produktivitas
- Menambah nilai bangunan

Dari perkembangan arsitektur di atas, efisiensi teknis pada bangunan industri merupakan upaya teknis perusahaan untuk menghasilkan bangunan industri yang hemat energi, biaya konstruksi, operasional, dan perawatannya. Aspek-aspek teknis inilah yang juga mempengaruhi kegiatan produksi suatu perusahaan. Dari segi bangunan hijau, mengurangi resiko kecelakaan pada pekerja dan meningkatkan kesehatan pekerja dan produktivitas dapat diperoleh dengan menerapkan aspek ergonomi pada bangunan industri. Penghematan energi, air, biaya operasional, dan pengurangan sampah diterapkan pada aspek utilitas bangunan yaitu pada mekanikal/elektrikal. Sedangkan penghematan biaya konstruksi dan penambahan nilai bangunan diperoleh dari penerapan aspek arsitektural dan struktural yang baik. Semua aspek di atas diterapkan untuk membuat lingkungan atau tempat kegiatan

industri yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien. Dengan bangunan industri yang seperti itu para pekerja dapat melakukan tugasnya dengan baik sehingga meningkatkan produktivitas mereka. Oleh karena itu, perusahaan dapat memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

### **3.2 Aspek Ergonomi pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri**

#### **3.2.1 Pengertian dan Tujuan Ergonomi**

Kegiatan industri tidak akan terlepas dari para pekerja. Mereka membutuhkan tenaga manusia untuk mengerjakan kegiatan proses industrinya. Oleh karena itu, manusia menjadi faktor khusus pada perencanaan bangunan industri. Ilmu yang mempelajari hubungan manusia dengan tempat kerjanya yaitu ergonomi. Jadi aspek ergonomi menjadi penting pada efisiensi bangunan industri.

Menurut Satalaksana (1979) dalam bukunya "*Teknik Tata Cara Kerja*", ergonomi adalah ilmu yang menemukan dan mengumpulkan informasi tentang tingkah laku, kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik manusia untuk perancangan mesin, peralatan, sistem kerja, dan lingkungan yang produktif, aman, nyaman dan efektif bagi manusia. Ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai sifat manusia, kemampuan manusia dan keterbatasannya untuk merancang suatu sistem kerja yang baik agar tujuan dapat dicapai dengan efektif, aman dan nyaman.

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik. Dalam dunia industri ergonomi dapat diartikan suatu cabang ilmu yang memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia dalam rangka membuat sistem kerja yang ENASE (efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien).

Ada beberapa definisi lain menyatakan bahwa ergonomi ditujukan untuk "*fitting the job to the worker*", sementara itu ILO antara lain

menyatakan, sebagai ilmu terapan biologi manusia dan hubungannya dengan ilmu teknik bagi pekerja dan lingkungan kerjanya, agar mendapatkan kepuasan kerja yang maksimal selain meningkatkan produktivitasnya.

Tujuan ergonomi yaitu meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkannya beban kerja fisik dan mental, mengupayakan kepuasan kerja, meningkatkan kesejahteraan sosial baik selama waktu produktif maupun setelah tidak produktif, menciptakan keseimbangan rasional antara aspek teknis, ekonomis, antropologis dan budaya dari sistem kerja, sehingga kualitas kerja yang tinggi.

### 3.2.2 Ruang Lingkup Ergonomi

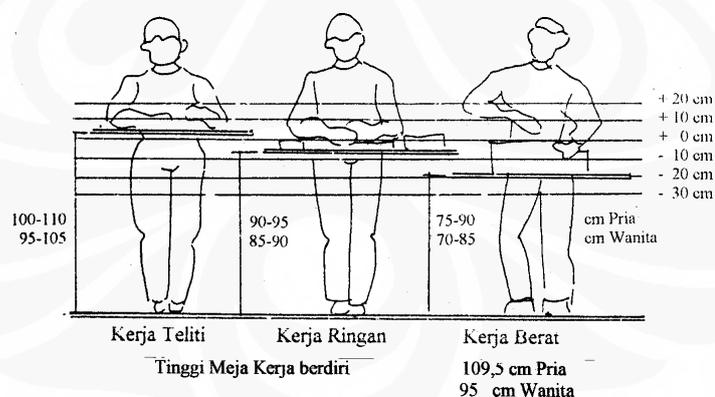
Ruang lingkup ergonomi sangat luas aspeknya, antara lain meliputi teknik, fisik, pengalaman psikis, anatomi yang berhubungan dengan kekuatan dan gerakan otot dan persendian, anthropometri, sosiologi, fisiologi yang berhubungan dengan temperatur tubuh, oxygen up take, pols, dan aktivitas otot, dan desain.

Fokus utama pertimbangan ergonomi menurut Cormick dan Sanders (1992) adalah mempertimbangkan unsur manusia dalam perancangan objek, prosedur kerja dan lingkungan kerja. Sedangkan metode pendekatannya adalah dengan mempelajari hubungan manusia, pekerjaan, dan fasilitas pendukungnya, dengan harapan dapat sedini mungkin mencegah kelelahan yang terjadi akibat sikap atau posisi kerja yang keliru. Untuk itu, dibutuhkan adanya data pendukung seperti ukuran bagian-bagian tubuh yang memiliki relevansi dengan tuntutan aktivitas, dikaitkan dengan profil tubuh manusia, baik orang dewasa, anak-anak atau orang tua, laki-laki dan perempuan, utuh atau cacat tubuh, gemuk atau kurus. Jadi, karakteristik manusia sangat berpengaruh pada desain dalam meningkatkan produktivitas kerja manusia untuk mencapai tujuan yang efektif, sehat, aman dan nyaman. Tujuan tersebut dapat tercapai dengan adanya pengetahuan tentang kesesuaian, kepresisian, keselamatan, keamanan, dan kenyamanan manusia dalam menggunakan hasil produk desain, yang kemudian

dikembangkan dalam penyelidikan di bidang ergonomi. Penyelidikan ergonomi dibedakan menjadi empat kelompok, yakni:

1. Penyelidikan tentang tampilan/display merupakan penyelidikan pada suatu perangkat (*interface*) yang menyajikan informasi tentang lingkungan dan mengkomunikasikannya pada manusia antara lain dalam bentuk tanda-tanda, angka, dan lambang.
2. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia merupakan penyelidikan dengan mengukur kekuatan serta ketahanan fisik manusia pada saat kerja, termasuk perancangan obyek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik manusia beraktivitas.
3. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran atau dimensi tubuh manusia.
4. Penyelidikan tentang lingkungan kerja meliputi penyelidikan mengenai kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja, misalnya pengaturan cahaya, kebisingan, temperatur, dan suara.

Seperti yang diungkapkan Ching (1987) dalam perencanaan desain mebel, manusia adalah faktor utama yang mempengaruhi bentuk, proporsi dan skala mebel. Untuk memperoleh manfaat dan kenyamanan dalam melaksanakan aktivitas, mebel harus dirancang sesuai dengan ukuran tubuh manusia, jarak bebas yang diperlukan oleh pola aktivitas dan sifat aktivitas yang dijalani.



Gambar 3.1. Persepsi tentang kenyamanan dipengaruhi oleh pengambilan data ukuran/dimensi/anthropometri yang tepat dalam perencanaan desain

Sumber: Interior Design Illustrated, Francis D.K. Ching, 1987

### 3.2.3 Penerapan Ergonomi pada Bangunan Industri

Upaya penerapan ergonomi antara lain berupa menyesuaikan ukuran tempat kerja dengan dimensi tubuh agar tidak melelahkan, pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban bertujuan agar sesuai dengan kebutuhan tubuh manusia.

Pencapaian kinerja manajemen K3 sangat tergantung kepada sejauh mana faktor ergonomi telah diperhatikan di perusahaan tersebut. Kenyataannya, kecelakaan kerja masih terjadi di berbagai perusahaan yang secara administratif telah lulus (*comply*) audit sistem manajemen K3. Ada ungkapan bahwa “*without ergonomics, safety management is not enough*”. Keluhan yang berhubungan dengan penurunan kemampuan kerja (*work capability*) berupa kelainan pada sistem otot-rangka (*musculoskeletal disorders*) misalnya, seolah-olah luput dari mekanisme dan sistem audit K3 yang ada pada umumnya. Padahal data menunjukkan kompensasi biaya langsung akibat kelainan ini (*overexertion*) menempati rangking pertama (sekitar 30%) dibandingkan dengan bentuk kecelakaan-kecelakaan kerja yang lain. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan ergonomi pada bangunan industri agar tidak mengalami pembekakan biaya (Sekilas tentang Ergonomi, n.d., 2008).

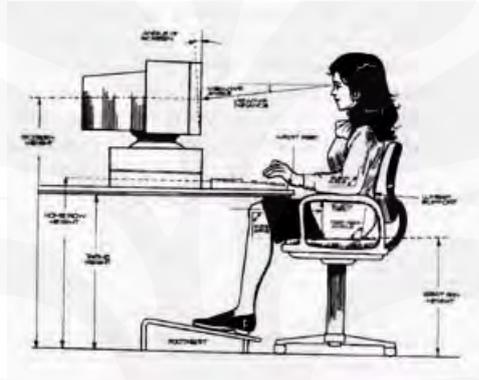
Penerapan atau aplikasi ergonomi pada perencanaan bangunan industri antara lain (Departemen Kesehatan, Pusat Kesehatan Kerja):

#### 1. Posisi Kerja

Posisi kerja terdiri dari posisi duduk dan posisi berdiri. Posisi duduk dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Pedoman yang mengatur ketinggian landasan kerja pada posisi duduk perlu pertimbangan sebagai berikut:

- a. Pekerjaan dilakukan pada waktu yang lama.
- b. Jika memungkinkan menyediakan meja yang dapat diatur turun dan naik.

- c. Ketinggian landasan kerja tidak memerlukan fleksi tulang belakang yang berlebihan
- d. Landasan kerja harus memungkinkan lengan menggantung pada posisi rileks dari bahu, dengan lengan bawah mendekati posisi horizontal atau sedikit menurun.

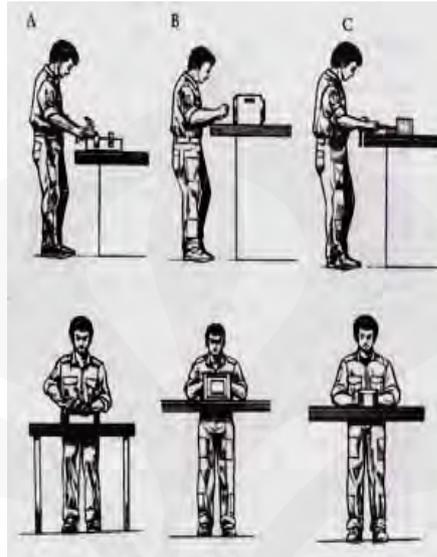


Gambar 3.2. Posisi kerja duduk yang baik

Sumber: Ergonomi, n.d.

Sedangkan posisi berdiri dimana posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Kerja posisi berdiri lebih melelahkan dari pada posisi duduk dan energi yang dikeluarkan lebih banyak 10% - 15% dibandingkan posisi duduk. Ketinggian landasan kerja posisi berdiri adalah sebagai berikut:

- a. Pekerjaan dengan penekanan, tinggi landasan adalah 15 - 40 cm di bawah tinggi siku berdiri.
- b. Pekerjaan dengan ketelitian, tinggi landasan adalah 5 - 10 cm di atas tinggi siku berdiri.
- c. Pekerjaan ringan, tinggi landasan adalah 10 - 15 cm di bawah tinggi siku berdiri.



Gambar 3.3. Posisi kerja berdiri yang baik  
 A. Pekerjaan dengan penekanan, B. Pekerjaan dengan ketelitian, C. Pekerjaan Ringan

Sumber: Ergonomi, n.d.

Selain itu ada posisi kerja duduk-berdiri yang mempunyai keuntungan secara Biomekanis dimana tekanan pada tulang belakang dan pinggang 30% lebih rendah dibandingkan dengan posisi duduk maupun berdiri terus menerus. Pedoman kerja posisi duduk-berdiri adalah sebagai berikut:

- a. Kerja suatu saat duduk dan suatu saat berdiri.
- b. Kerja perlu menjangkau sesuatu  $> 40$  cm ke depan atau 15 cm diatas landasan.
- c. Posisi Kerja duduk - berdiri yang paling tepat.

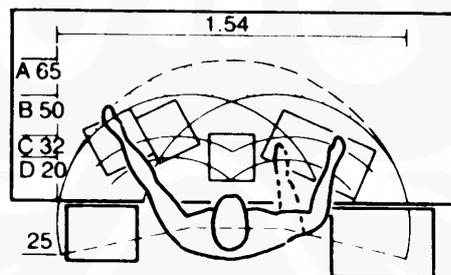


Gambar 3.4. Posisi kerja duduk-berdiri yang baik

Sumber: Ergonomi, n.d.

## 2. Proses Kerja

Para pekerja dapat menjangkau peralatan kerja sesuai dengan posisi waktu bekerja dan sesuai dengan ukuran anthropometrinya. Harus dibedakan ukuran anthropometri barat dan timur.



Gambar 3.5. Jangkauan tangan manusia

Sumber: Data Arsitek, Ernst and Peter Neufert, terj. 2002

- A. Jarak maksimal jangkauan tangan manusia  $\leq 65\text{cm}$
- B. Jarak maksimal jangkauan tangan secara fisiologis  $\leq 50\text{cm}$
- C. Jangkauan normal  $\geq 32\text{cm}$
- D. Jarak minimal jangkauan secara fisiologis  $16\text{cm}-20\text{cm}$

### 3. Tata letak tempat kerja

Display harus jelas terlihat pada waktu melakukan aktivitas kerja. Sedangkan simbol yang berlaku secara internasional lebih banyak digunakan daripada kata-kata.

### 4. Mengangkat beban

Beragam-macam cara dalam mengangkat beban yakni, dengan kepala, bahu, tangan, punggung dan sebagainya. Beban yang terlalu berat dapat menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan.

#### a. Menjinjing beban

Beban yang diangkat tidak melebihi aturan yang ditetapkan ILO sbb:

- Laki-laki dewasa 40 kg
- Wanita dewasa 15-20 kg
- Laki-laki (16-18 th) 15-20 kg
- Wanita (16-18 th) 12-15 kg

#### b. Organisasi kerja

Pekerjaan harus di atur dengan berbagai cara :

- Alat bantu mekanik diperlukan kapanpun
- Frekuensi pergerakan diminimalisasi
- Jarak mengangkat beban dikurangi
- Dalam membawa beban perlu diingat bidangnya tidak licin dan mengangkat tidak terlalu tinggi.
- Prinsip ergonomi yang relevan bisa diterapkan.

#### c. Metode mengangkat beban

Semua pekerja harus diajarkan mengangkat beban. Metode kinetik dari pedoman penanganan harus dipakai yang didasarkan pada dua prinsip :

- Otot lengan lebih banyak digunakan dari pada otot punggung
- Untuk memulai gerakan horizontal maka digunakan momentum berat badan.

Metode ini termasuk 5 faktor dasar :

- Posisi kaki yang benar
- Punggung kuat dan kekar

- Posisi lengan dekat dengan tubuh
- Mengangkat dengan benar
- Menggunakan berat badan

Masa depan perusahaan tergantung dari peningkatan kualitas dan efisien secara kontinyu sehingga mampu menghadapi kompetisi. Menjaga kesehatan kekuatan kerja adalah bagian yang sangat penting dalam menghadapi tantangan. Jika para produktivitas pekerja meningkat atau minimal stabil maka perusahaan akan memperoleh keuntungan. Oleh karena itu, aspek ergonomi sangat penting dalam perancangan bangunan industri.

### **3.3 Aspek Arsitektural pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri**

Efisiensi arsitektural pada bangunan industri dapat diterapkan pada beberapa faktor antara lain pemilihan lokasi bangunan, perencanaan tapak bangunan, fasade bangunan, dan pemakaian material bangunan. Semua faktor tersebut bertujuan tidak lain hanya untuk meminimalkan biaya agar efisien dan efektif. Akan tetapi tidak mengurangi kualitas bangunan sebagai bangunan industri sehingga tetap efektif, efisien, aman, dan nyaman bagi para pekerja.

#### **3.3.1 Pemilihan Lokasi Bangunan Industri**

Lokasi merupakan tempat pendirian suatu bangunan. Pemilihan lokasi bangunan sebaiknya disesuaikan dengan fungsi bangunan tersebut. Lingkungan sekitar baik secara fisik maupun sosial juga mempengaruhi penentuan lokasi. Bangunan yang efisien mampu berinteraksi dengan lingkungan dengan baik sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Perlu analisis mendalam dalam menentukan lokasi bangunan yang efektif dan efisien. Pertimbangan dalam pemilihan lokasi bangunan misalnya adanya sarana transportasi yang memadai, infrastruktur yang baik, ketersediaan air, dan lain-lain.

Tujuan penentuan lokasi suatu bangunan industri dengan tepat ialah untuk dapat membantu bangunan industri beroperasi atau berproduksi dengan lancar, efektif dan efisien. Dengan adanya penentuan lokasi suatu bangunan industri yang tepat atau baik akan menentukan :

1. Kemampuan melayani konsumen dengan memuaskan.
2. Mendapatkan bahan-bahan mentah yang cukup dan *continue* dengan harga yang layak / memuaskan.
3. Mendapatkan tenaga buruh yang cukup.
4. Memungkinkan diadakannya perluasan bangunan industri dikemudian hari.

Adapun yang menjadi masalah dalam *plant location* ini adalah :

1. Karena berubahnya adat kebiasaan masyarakat.
2. Dengan berpindahnya pusat-pusat penduduk dan perdagangan
3. Adanya jaringan komunikasi dan pengangkutan yang lebih baik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi bangunan industri antara lain (Fadli Yanur, 2008, chap. 2):

1. Faktor-faktor utama / primer (*Primary Factors*)
  - a. Letak dari pasar
  - b. Letak dari sumber-sumber bahan mentah
  - c. Terdapatnya fasilitas pengangkutan
  - d. Supply dari buruh atau tenaga kerja yang tersedia
  - e. Terdapatnya pembangkit tenaga listrik (power station)
2. Faktor-faktor skunder (*Secondary Factors*)
  - a. Rencana masa depan
  - b. Biaya dari tanah dan gedung, terutama dalam hubungannya dengan rencana masa depan
  - c. Kemungkinan perluasan
  - d. Terdapatnya fasilitas service
  - e. Terdapatnya fasilitas pembelanjaan
  - f. Water supply (persediaan air)
  - g. Tinggi rendahnya pajak dan undang-undang perburuhan
  - h. Masyarakat di daerah itu (sikap, besar dan keamanan)
  - i. Iklim
  - j. Tanah
  - k. Perumahan yang ada dan fasilitas-fasilitas lainnya

### 3.3.2 Perencanaan Tapak Bangunan Industri

Dalam merencanakan site plan dan organisasi ruang tidak akan terlepas dari fungsi bangunan tersebut dan kegiatan yang ada dalam area bangunan baik di dalam bangunan maupun di luar bangunan. Semua kegiatan yang mungkin ada dan alur kegiatan dalam lokasi bangunan dianalisis dengan baik. Setelah itu, menghubungkan atau mengelompokkan kegiatan yang saling terkait. Oleh karena itu, diperoleh kebutuhan ruang yang ada dan dapat menentukan ruangan yang diperlukan secara efisien. Tidak harus satu kegiatan terjadi dalam satu ruangan. Agar lebih efisien ada penggabungan fungsi ruangan dalam satu ruang. Hubungan antar ruang mengalir sehingga kegiatan dan sirkulasi dalam bangunan menjadi lancar. Oleh karena itu, perencanaan site plan juga efektif dan efisien. Perencanaan ini perlu mempertimbangkan keadaan lingkungan sekitar dan konsisi site yang ada seperti kontur tanah, vegetasi, arah angin, suhu, dan cahaya matahari sehingga tercipta orientasi bangunan yang efektif dan efisien.

Dalam perencanaan tapak bangunan industri banyak sekali faktor yang perlu diperhatikan agar efektif dan efisien. Faktor tersebut antara lain:

1. Perancangan tata letak dengan memperhatikan pola aliran barang.

Pada umumnya, tujuan keseluruhan merancang bangunan industri adalah merancang fasilitas produksi yang membawa masukan (bahan, pasokan, dan lain-lain) melalui setiap proses produksi dalam waktu tersingkat yang memungkinkan, dengan biaya yang wajar. Dalam batasan industri, makin singkat sepotong bahan berada berada dalam bangunan industri, makin kecil keharusan perusahaan menanggung beban para pekerja dan biaya tidak langsung. Oleh karena itu, aliran barang yang efisien menjadi pedoman dalam merancang tapak bangunan industri (James M Apple, 1977).

Pentingnya merancang tata letak bagi operasi suatu perusahaan yang efektif dapat dilakukan dengan mengetahui pola aliran barang dan harus dirancang dengan cermat serta tidak boleh dibiarkan tumbuh dan berkembang menjadi pola lalu lintas yang

membingungkan seperti benang yang kusut. Konsep tersebut perlu mempertimbangkan:

- a. Suatu perencanaan efisien bagi aliran barang adalah prasyarat bagi produksi yang ekonomis.
- b. Pola aliran barang menjadi dasar bagi penyusunan fasilitas fisik yang efektif.
- c. Pемindahan barang merubah pola aliran statis ke dalam satu kenyataan yang ada, memberikan cara bagaimana barang dipindahkan.
- d. Susunan ruang berupa tata letak yang efektif di sekitar pola aliran barang dapat menghasilkan pelaksanaan berbagai proses yang berkaitan menjadi efisien.
- e. Penyelesaian proses yang efisien dapat meminimumkan biaya produksi.
- f. Biaya produksi minimum dapat memberikan keuntungan maksimum.

Jika sebuah tata letak berfungsi untuk menggambarkan sebuah susunan yang ekonomis dari tempat-tempat kerja yang berkaitan, dimana barang-barang dapat diproduksi secara ekonomis, maka sudah semestinya dirancang dengan memahami tujuan tata letak. Tujuan tersebut antara lain:

- a. Memudahkan proses manufaktur.
- b. Meminimumkan pemindahan barang.
- c. Menjaga keluwesan.
- d. Memelihara perputaran barang setengah jadi yang tinggi.
- e. Menurunkan penanaman modal dalam peralatan.
- f. Menghemat pemakaian ruang bangunan.
- g. Meningkatkan keefektifan tenaga kerja.
- h. Memberikan kemudahan, keselamatan bagi pegawai, dan memberikan kenyamanan dalam melaksanakan pekerjaan.

Tata letak yang efisien dapat terwujud dengan memiliki beberapa karakteristik yang jelas dapat dilihat bahkan dari satu pengamatan biasa. Tanda-tanda tata letak yang baik antara lain:

- keterkaitan kegiatan yang terencana,
- pola aliran barang yang terencana dengan aliran yang lurus,

- langkah balik (kembali ke tempat yang telah dilalui) yang minimum,
- pemindahan antar operasi minimum dengan metode pemindahan yang terencana,
- pemrosesan digabung dengan pemindahan barang,
- pemindahan bergerak dari penerimaan menuju pengiriman,
- operasi pertama dekat dengan penerimaan dan operasi terakhir dekat dengan pengiriman,
- penyimpanan pada tempat pemakaian yang mungkin,
- tata letak yang dapat disesuaikan dengan perubahan dan direncanakan untuk perluasan terencana,
- sesedikit mungkin bahan yang tengah diproses,
- pemakaian seluruh lantai bangunan industri maksimum,
- ruang penyimpanan yang cukup,
- penyediaan ruang yang cukup antar peralatan,
- bangunan didirikan di sekeliling tata letak,
- bahan diantar ke pekerja dan diambil dari tempat kerja,
- sesedikit mungkin jalan kaki antar operasi produksi,
- penempatan yang tepat untuk fasilitas pelayanan produksi dan pekerja,
- alat pemindah mekanis dipasang pada tempat yang sesuai,
- fungsi pelayanan pekerja yang cukup,
- pengendalian kebisingan, kotoran, debu, asap, kelembapan, dan sebagainya yang cukup,
- waktu pemrosesan bagi waktu produksi total maksimum,
- sesedikit mungkin pemindahan barang,
- pemindahan ulang minimum,
- pemisah tidak mengganggu aliran barang,
- pemindahan barang oleh buruh langsung sesedikit mungkin,
- pembuangan barang sisa sekecil mungkin,
- penempatan yang pantas bagi bagian penerimaan dan pengiriman.

## 2. Penentuan ruangan.

Dalam menentukan ruangan yang dibutuhkan, hal yang pertama dilakukan adalah mendata kegiatan yang ada dan merencanakan keterkaitan kegiatan tersebut dalam bangunan industri. Setiap bangunan industri memiliki kegiatan produksi yang berbeda-beda sehingga kebutuhan ruangnya juga berbeda-beda. Namun, secara umum kegiatan dikelompokkan menjadi pelayanan administrasi, produksi, pelayanan pegawai, dan pelayanan pabrik. Menentukan keterkaitan antara kegiatan tersebut memang sangat rumit karena harus mengenali kegiatan tersebut dan yakin tidak ada yang terlewatkan serta memperhitungkan hubungan keluar yaitu dengan lingkungan dan sifat-sifatnya.

Untuk mempermudah penentuan ruangan pertama kali yang dilakukan adalah dengan menentukan pusat kegiatan. Sifat utama yang harus dipertimbangkan dalam menentukan pusat kegiatan antara lain:

- a. Apakah terjadi kegiatan tunggal, kegiatan khusus, atau sekelompok kegiatan tertentu?
- b. Apakah pekerjaan menuntut sejumlah luas ruang tertentu, misalnya 100m<sup>2</sup> lebih atau kurang?
- c. Apakah kegiatan tersebut banyak dilewati aliran?

Pengkajian tentang peta organisasi akan menolong mengenali pusat-pusat kegiatan. Berikut ini contoh penentuan ruangan yang biasanya ada dalam area bangunan industri:

- a. Pelayanan administrasi: Presiden direktur, manajer umum, penjualan dan periklanan, akunting, kerekayasaan produk, pembelian, personel, pelayanan produk, ruang arsip, ruang rapat, ruang resepsi, switchboard, dan pengolahan data.
- b. Produksi: kerekayasaan industri, pengendalian produksi, pengendalian mutu (pemeriksaan penerimaan, barang setengah jadi, pemeriksaan akhir), kerekayasaan pabrik (umum dan perawatan), penerimaan, gudang bahan, gudang jadi, pengiriman, ruang peralatan, rak peralatan, gudang perlengkapan pengangkut barang, pengawasan.

- c. Pelayanan pegawai: fasilitas kesehatan, kantin (dapur, ruang makan, ruang makanan), toilet, tempat untuk merokok, ruang istirahat, ruang hiburan, parkir, papan pengumuman, penanggulangan kebakaran, keran air minum, tempat telepon, dan sebagainya.
- d. Pelayanan pabrik: fasilitas pemanas, perlengkapan pergantian udara, perlengkapan pendingin udara, perlengkapan pembangkit listrik, ruang perlengkapan telepon, bengkel perawatan, compressor udara, tempat pengumpulan barang sisa, gudang kendaraan, perlindungan dari kebakaran (alat pemadam api, pipa air, perlengkapan, katup penyiram), tangga, tangga berjalan, lift barang/penumpang, perlindungan pabrik.

Semua kegiatan di atas membutuhkan karakteristik ruang yang berbeda-beda. Jadi keterkaitan semua kegiatan di atas mempengaruhi sifat/karakteristik bangunan industri (tipe, ukuran, bangun, jumlah lantai, tinggi bersih, lokasi tiang, jarak antar tiang, lokasi pintu, dan arah perluasan), tapak bangunan (lokasi, ukuran, topograf, bangun, orientasi bangunan, arah), dan rencana perluasan bangunan (aliran produksi di masa yang akan datang, gang, lokasi kegiatan yang mungkin berkembang, peralatan permanen, ruang tambahan, lantai tambahan, lokasi dan jarak antar tiang).

Setelah memperoleh data semua kegiatan yang ada dan keterkaitan antar kegiatan, langkah selanjutnya menentukan kebutuhan ruang dalam bangunan industri tersebut. Penentuan ruangan ini dengan memperhatikan alur kegiatan/proses produksi yang akan terjadi dalam bangunan, hubungan antar kegiatan, menggabungkan kegiatan yang dapat ditempatkan pada ruangan yang sama, membuat ruang mengalir dari penerimaan barang ke pengiriman barang, dan sebagainya. Ini adalah cara yang bagus untuk merancang kebutuhan ruang sehingga bangunan industri tersebut efektif dan efisien. Ruangan yang ada dalam bangunan industri digunakan dengan baik dan tidak ada ruangan yang tidak berguna. Hubungan antar ruang juga akan mengalir sehingga tidak ada ruang kosong atau terbuang sia-sia. Semakin efektif ruangan dan aliran barang semakin kecil biaya produksi yang dikeluarkan.

### 3. Zoning

Dalam proses pengalokasian daerah/wilayah dilakukan dengan pemaduan antara keterkaitan ruang dan kebutuhan ruang. Tujuan proses ini adalah untuk merancang pengaturan yang efisien ruangan yang dibutuhkan oleh setiap kegiatan, dalam satu kesatuan yang terpadu. Susunan yang dihasilkan harus sedapat mungkin mawadahi keterkaitan kegiatan yang telah ditentukan dan tetap mempertahankan kebutuhan luas setiap kegiatan.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam alokasi wilayah/daerah antara lain:

- Keterkaitan antara aliran dalam dan luar bangunan industri.
- Rencana dan arah perluasan serta pertumbuhannya.
- Keluwesan dalam memenuhi perubahan.
- Karakteristik bangunan industri itu sendiri.
- Tuntutan khusus dari kegiatan tertentu, tuntutan lingkungan, karakteristik-karakteristik yang dikehendaki.
- Peluang pemakaian loteng, balkon, ruang bawah tanah, atap, dan lain-lain.
- Kemungkinan perubahan produk dan proses.
- Lokasi dan ukuran gang yang diperlukan.
- Kesukaan pribadi orang-orang yang terlibat.
- Pola aliran barang.
- Orientasi bangunan terhadap tapak.
- Keterkaitan antar kegiatan.
- Kebutuhan ruang setiap kegiatan dan ketersediaan ruang.
- Fasilitas transportasi.
- Fasilitas pemindah barang di luar bangunan industri.
- Ketersediaan dana.
- Ketentuan tentang bangunan.
- Pengaturan wilayah.
- Lokasi kegiatan pelayanan dan kegiatan penunjang.
- Tuntutan untuk berbagai fasilitas.
- Keterbatasan bangunan.
- Kebutuhan ruang penyimpanan (gudang).

### 3.3.3 Fasade dan Bentuk Bangunan Industri

Jika dinilai dari penampilan arsitektur, bangunan industri dipelopori dengan langgam *post-modern* yang memberi tempat pada aspek iklim maupun budaya regional, berkarakter spesifik sesuai dengan konteks lokal, rekonseptualisasi tentang arti arsitektur ditengah lingkungan global alami, kontemporer, dan inovasi desain berorientasi pada energi. Arsitektur sebagai obyek riset dan eksperimen empiris untuk pengembangan teknologi efisiensi energi, desain sadar energi (*energy conscious design*) mulai mendapat tempat dan parameter hemat energi mulai menjadi salah satu kriteria dalam perancangan arsitektur.

Volume bangunan dijaga agar biaya pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan terkendali dan lebih hemat. Bangunan dirancang dengan massa ruang, keterbukaan ruang, dan hubungan ruang luar-dalam yang cair, teras lebar, ventilasi bersilangan, dan void berimbang yang secara klimatik tropis berfungsi untuk sirkulasi pengudaraan dan pencahayaan alami merata ke seluruh ruangan agar hemat energi. Untuk bentuk dan massa bangunan industri biasanya memiliki bentuk-bentuk geometris elementer yang praktis dan sederhana.

Untuk mencapai efisiensi energi, Indonesia (maupun negara-negara Asean) menetapkan suatu kriteria konservasi energi untuk fasade yang didalam istilah tekniknya disebut sebagai "*Overall Thermal Transfer Value (OTTV)*" atau "*Harga Perpindahan Termal Menyeluruh*", yaitu suatu nilai yang ditentukan sebagai kriteria perancangan untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan (fasade).

Kriteria OTTV untuk dinding fasade diatas dapat dipergunakan sebagai tolok ukur efisiensi energi pada bangunan tinggi. Penelitian mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai OTTV, semakin besar pula penggunaan energi yang diperlukan oleh sistem tata udara (pendinginan) pada bangunan tersebut.

Oleh karena itu, pada bangunan industri dirancang dengan tampilan komposisi material masif maupun transparan, warna, tekstur dengan karakter termalnya masing masing, silhouete terang dan gelap,

pembayaran dan ratio kaca-dinding untuk memenuhi kriteria tersebut disamping pertimbangan-pertimbangan estetika umumnya.

### 3.3.4 Pemilihan Material Bangunan

Bangunan industri yang menggunakan bahan bangunan yang tepat, efisien, dan ramah lingkungan dapat menghemat pengeluaran untuk biaya material. Beberapa produsen telah membuat produk dengan inovasi baru yang meminimalkan terjadinya kontaminasi lingkungan, mengurangi pemakaian sumber daya alam tak terbarukan dengan optimalisasi bahan baku alternatif, dan menghemat penggunaan energi secara keseluruhan. Beberapa jenis bahan bangunan ada yang memiliki tingkat kualitas yang mempengaruhi harga. Penetapan anggaran biaya sebaiknya sesuai dengan anggaran biaya yang tersedia dan dilakukan sejak awal perencanaan bangunan industri sebelum konstruksi untuk mengatur pengeluaran sehingga bangunan tersebut tetap berkualitas.

#### a. *Flooring*

Semua bahan yang digunakan sebaiknya yang mudah perawatannya, mudah dibersihkan, aman terhadap lingkungan/alam, tahan terhadap air, dan tahan dipakai dalam jangka waktu yang lama. Fungsi setiap ruang dalam bangunan industri berbeda-beda sehingga membuat desain dan bahan lantai menjadi beragam, seperti marmer, granit, keramik, teraso, dan floor hardener. Merangkai lantai tidak selalu membutuhkan bahan yang mahal untuk tampil artistik.

#### b. *Decking, Fencing, Railing*

Pemilihan bahan untuk *Decking, Fencing, Railing* pada bangunan sebaiknya yang tahan lama, mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan, tidak mudah mengelupas, tidak mudah retak, dan tidak mudah memudar dengan serpihan kecil-kecil.

#### c. *Roofing*

Pemilihan material atap yang tepat dapat mempengaruhi efisien seluruh bangunan karena memiliki fungsi melindungi ruang di bawahnya dari terpaan panas matahari dan air hujan. Pemilihan bentuk atap juga mempengaruhi efisiensi bangunan industri dalam pemakaian material atap. Bentuk atap yang ada yaitu perisai, pelana, dan limas. Dari bentuk itu material yang dapat digunakan antara lain

genteng, cor beton, dan zinc alum. Untuk bangunan industri agar lebih efisien banyak yang menggunakan atap zinc alum karena sifatnya yang tahan lama, perawatannya mudah, aman terhadap resiko kebocoran, dan bentuk profil yang bagus. Agar lebih efisien untuk daerah yang panas pemakaian atap zinc alum ini harus dilengkapi insulasi. Insulasi ini berfungsi untuk menahan atau menyerap panas matahari. Oleh karena itu, panas matahari tidak disalurkan ke dalam ruangan sehingga sistem penghawaan di dalam ruangan tidak terlalu mempunyai beban yang tinggi.

d. Insulasi

Untuk menambahkan kenyamanan pengguna bangunan diperlukan insulasi. Insulasi adalah material yang berfungsi sebagai pemisah atau pelindung untuk menetralkan area yang diinsulasi dari gangguan luar (panas dan bising) sehingga menjadikannya nyaman untuk berada dalam bangunan (Eveline Setiadi, 2004). Material insulasi bisa berbentuk serat (fiber), seperti fiberglass, lembaran poliester, semprotan cellulose fiber, ataupun produk dari bulu hewan (cotton).

e. Dinding

Bahan dinding dipilih yang mampu menyerap panas matahari dengan baik. Batu bata alami atau fabrikasi batu bata ringan (campuran pasir, kapur, semen, dan bahan lain) memiliki karakteristik tahan api, kuat terhadap tekanan tinggi, daya serap air rendah, kedap suara, dan menyerap panas matahari secara signifikan.

Penggunaan finishing keramik pada dinding menggeser wallpaper merupakan salah satu bentuk inovatif desain. Dinding keramik memberikan kemudahan dalam perawatan, pembersihan dinding (tidak perlu dicat ulang, cukup dilap), motif beragam dengan warna pilihan eksklusif dan elegan, serta menyuguhkan suasana ruang yang bervariasi.

f. Jendela

Penggunaan jendela harus memperhatikan faktor-faktor antara lain jumlah jendela, orientasi jendela, dan material jendela. Jumlah jendela akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan untuk pemberian bahan. Semakin banyak jendela semakin besar biaya

untuk bahan jendela. Akan tetapi jika dilihat dari segi efisien energi, banyak jendela memberikan efisiensi yang lebih tinggi dengan pemanfaatan cahaya matahari di siang hari. Oleh karena itu, orientasi letak/posisi jendela juga harus diperhatikan untuk mengurangi jendela yang tidak perlu. Tentu saja penempatan jendela juga disesuaikan dengan kualitas yang dibutuhkan dalam ruangan tersebut. Untuk pemilihan material jendela sebaiknya menggunakan material yang dapat mendukung efisiensi energi, menambah estetika bangunan, mendukung untuk desain yang fleksibel, hemat biaya, tahan lama, dan mempunyai sifat penghantar panas yang rendah.

Kusen jendela dan pintu juga sudah mulai menggunakan bahan aluminium sebagai generasi bahan bangunan masa datang. Aluminium memiliki keunggulan dapat didaur ulang (digunakan ulang), bebas racun dan zat pemicu kanker, bebas perawatan dan praktis (sesuai gaya hidup modern), dengan desain insulasi khusus mengurangi transmisi panas dan bising (hemat energi, hemat biaya), lebih kuat, tahan lama, antikarat, tidak perlu diganti sama sekali hanya karet pengganjal saja, tersedia beragam warna, bentuk, dan ukuran dengan tekstur variasi (klasik, kayu).

g. Pintu

Pintu adalah akses keluar masuk suatu ruangan dalam bangunan. Oleh karena itu, peletakan pintu harus sesuai dan diatut sedemikian rupa agar tidak mengganggu sirkulasi dalam bangunan. Dengan sirkulasi yang lancar, kegiatan dalam bangunan juga tidak terganggu dan meningkatkan efektifitas kegiatan yang ada. Selain itu, pemilihan material pintu sebaiknya yang memiliki kekokohan, tahan lama, energi efisien, dan dapat mengurangi suara bising.

### **3.4 Aspek Struktural pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri**

Efisiensi struktural pada bangunan industri dapat diterapkan dalam sistem struktur yang digunakan dan pemilihan material untuk struktur. Penghematan biaya untuk struktur bangunan industri bukan berarti mengurangi kekuatan struktur bangunan tersebut. Kekokohan tetap menjadi fokus utama dalam efisiensi struktur. Penggunaan sistem struktur dan

pemilihan material yang tepat dapat menghasilkan struktur yang efektif dan efisien. Sistem struktur erat hubungannya dengan pemilihan material struktur. Pemilihan material yang digunakan merupakan sistem struktur yang berhubungan dengan pendekatan konstruksional.

Sistem struktur dalam proses perancangannya selalu menghadapi beberapa kendala, diantaranya yaitu persyaratan arsitektural, sistem mekanikal dan elektrik, metode konstruksi, dan aspek ekonomi. Aspek ekonomi ini yang sebagai tolak ukur efisiensi struktur dari segi biaya pada bangunan industri tanpa harus mengorbankan kekuatannya. Oleh karena itu, sistem struktur yang digunakan pada bangunan industri memilih yang sederhana dan efisien.

Sistem struktur bangunan bisa dilihat dari tiga bagian yaitu struktur pondasi, kolom dan beam, serta atap. Sistem struktur yang berkembang hingga sekarang adalah multi sistem, konstruksi baja, beton pra-tekan, metal, gabungan (*hybrid*), modul dan bentang struktur fleksibel dan lebar dengan konsekuensi pembukaan yang fleksibel pula.

Untuk pondasi pada bangunan industri pada umumnya menggunakan sistem pondasi dalam (pondasi tidak langsung). Hal ini disebabkan beban yang diterima besar walaupun bangunan tersebut tidak terlalu tinggi. Pondasi dalam yang digunakan yaitu pondasi berupa tiang pancang. Adanya tiang pancang di dasar bangunan maka bangunan seakan-akan mempunyai “akar” yang mengikat tanah di sekitar tiang pancang. Jumlah hambatan pelekat membuat bangunan lebih kokoh dan stabil.

Sekarang ini tiang pancang dikenal mempunyai banyak jenis antara lain beton bertulang, baja profil “H”, dan pipa baja. Namun, yang paling sering digunakan adalah tiang pancang beton bertulang berpenampang bujur sangkar atau segitiga dan pipa beton prategang. Jika dilihat dari jenis tanah yang akan dipancang, pondasi tiang pancang yang digunakan ada dua jenis yaitu pondasi yang bertumpu pada lapisan keras *point bearing pile* dan pondasi yang mengandalkan lekatan tanah/*friction pile* (Jimmy S. Juwana, 2005). Hal yang perlu diperhatikan dalam rencana pondasi adalah rencana untuk penambahan lantai. Jika sewaktu-waktu bangunan akan ditambah lantai untuk menghemat biaya dan tidak membuang pondasi yang lama, maka pondasi dipersiapkan untuk rencana bangunan masa depan.

Rencana lantai pada bangunan industri perlu pertimbangan secara seksama dalam pemilihannya karena merupakan bagian terbesar dalam struktur bangunan. Pertama, pertimbangan berat sendiri lantai, makin ringan beban lantai makin berkurang dimensi kolom dan pondasinya. Kedua, kapasitas lantai untuk memikul beban pada saat pekerjaan konstruksi. Ketiga, dapat menyediakan tempat/ruang bagi saluran utilitas yang diperlukan. Keempat, memenuhi persyaratan bagi ketahanan terhadap api. Kelima, memungkinkan bagi kesinambungan pekerjaan konstruksi, jika pelaksanaan pembangunannya membutuhkan waktu yang panjang. Terakhir, dapat mengurangi penggunaan alat bantu pekerjaan dalam pembuatan plat lantai.

Sistem struktur lantai biasanya merupakan kombinasi dari pelat dengan balok induk (*girder*) atau balok anak (*beam*) atau rusuk (*rib* atau *joist*), yang ketebalannya tergantung pada bentang, beban, dan kondisi tumpuannya. Untuk bangunan industri, biasanya menggunakan struktur lantai plat satu arah (*one way slab*) dan plat dua arah (*two way slab on beam*) untuk menghemat biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan lantai. Plat satu arah ditumpu oleh balok anak yang ditempatkan sejajar satu dengan yang lainnya, dan perhitungan plat dapat dianggap sebagai balok tipis yang ditumpu oleh banyak tumpuan. Plat dua arah merupakan plat yang keempat sisinya ditumpu oleh balok dengan perbandingan panjang per lebar kurang atau sama dengan dua sehingga perhitungan menggunakan pendekatan dua arah (Jimmy S. Juwana, 2005).

Pada bangunan industri, untuk kerangka utama bangunan biasanya menggunakan sistem menerus berupa rangka kaku (*rigid frame*) karena memiliki unsur yang sederhana, efektif, dan efisien. Struktur rangka kaku adalah struktur yang terdiri atas elemen-elemen linear, umumnya balok dan kolom, yang saling berhubungan pada ujung-ujungnya oleh *joints* (titik hubung) yang dapat mencegah rotasi relatif di antara elemen struktur yang dihubungkan. Dengan demikian, elemen struktur itu menerus pada titik hubung tersebut (Daniel L. Schodek, 1999).

Dari segi sistem struktur dengan pendekatan konstruksional dengan pemilihan material, kerangka bangunan utama dan atap pada bangunan industri menggunakan material baja dan beton bertulang. Untuk kolom dan balok pada bangunan industri menggunakan beton bertulang maupun baja tergantung dari beban yang ditanggung dan bentangan yang diperlukan. Pada

bangunan yang beban yang ditanggung besar menggunakan beton bertulang, sedangkan jika perlu bentangan yang lebar biasanya menggunakan baja. Untuk lebih efisien biasanya bangunan industri menggunakan struktur gabungan beton bertulang dan baja. Beton bertulang sebagai kolom dan balok, sedangkan baja digunakan pada struktur atap. Namun, ada juga yang satu bangunan industri semuanya menggunakan konstruksi baja.

Rangka atap dan bangunan dari baja memiliki keunggulan lebih kuat, antikerat, antikeropos, antirayap, lentur, mudah dipasang, dan lebih ringan sehingga tidak membebani konstruksi dan pondasi, serta dapat dipasang dengan perhitungan desain arsitektur dan kalkulasi teknik sipil. Oleh karena itu, efisiensi struktur dapat dilakukan tanpa harus mengorbankan kekuatan strukturnya.

Baja digunakan karena memiliki kekuatan yang besar dan dimensi/ukuran yang relatif kecil. Oleh karena itu, pemanfaatan ruangan yang ada lebih efektif dan efisien. Baja dipilih karena proses pengerjaannya relatif cepat dan ukurannya relatif kecil bila dibandingkan beton. Hal ini dapat menghemat pengeluaran biaya untuk pembangunan bangunan industri. Profil baja yang sering digunakan untuk kolom, balok, dan atap baja yaitu profil I, H, L (siku), CNP, dan UNP. Pada struktur atap, sebagai pengikat biasanya menggunakan ikatan angin yang mengikat antar kuda-kuda dan trekstang yang mengikat gording.

Hal yang perlu diperhatikan yaitu kerusakan yang sering terjadi pada struktur baja. Kerusakan tersebut disebabkan oleh komponen baja yang berkarat, keruntuhan akibat lemahnya sistem sambungan, adanya gaya/beban tambahan (seperti gaya angin, gempa dan lain-lain) yang tidak diperhitungkan, hubungan antara dua material yang berbeda jenis (seperti dinding bata dengan struktur baja atau tercabutnya angkur/pengikat baja dari pondasi beton), dan runtuhnya struktur baja akibat api.

Khusus untuk atap perkembangan teknologi sudah semakin maju. Sekarang ini berkembang inovasi baru pada struktur atap yaitu menggunakan baja ringan (truss). Jika dibandingkan dengan kuda-kuda baja WF memang mempunyai kelebihan tetapi hanya efektif pada bentangan yang tidak begitu lebar. Untuk bentangan yang lebar lebih efektif dan lebih murah menggunakan kuda-kuda baja WF.

### 3.5 Aspek Mekanikal/Elektrikal pada Efisiensi Teknis Bangunan Industri

Di dalam kegiatan industri, biaya energi tidak jarang menjadi komponen biaya terbesar yang harus dibayar setiap bulan. Jika biaya energi terlalu besar maka industri tersebut tidak dapat memperoleh keuntungan yang besar atau bahkan bisa bangkrut. Oleh karena itu, perlu penghematan penggunaan energi yang dapat dilakukan pada aspek mekanikal dan elektrikal. Penghematan energi bukan dimaknai dengan mengurangi penggunaan energi secara sembarangan. Dengan penghematan bukan berarti kita harus menghentikan segala aktivitas ekonomi terutama pada kegiatan industri. Bukan pula berarti mengurangi kualitas atau mutu barang produksi sehingga masyarakat harus menanggung dampak-dampak yang timbul seperti memakai produk dengan kualitas buruk.

Aspek mekanikal dan elektrikal dengan konsep “*energy saving*” (hemat energi) dapat menjadi alternatif yang tepat pada bangunan industri mengingat kebutuhan energi yang besar untuk kegiatan industri. Aspek ini dapat berupa penggunaan energi dalam bentuk penggunaan listrik dan bahan bakar. Karena merupakan komponen biaya besar, ketika pemerintah menaikkan harga minyak dan listrik, industri yang tadinya sudah mengeluh, bisa menjerit. Bahkan tidak jarang ada industri yang harus “*balik kanan*” atau gulung tikar.

Ada satu solusi yang sudah diakui secara internasional dan telah diterapkan secara luas di negara-negara maju, yaitu Program Energi Managemen (PEM). Terdapat dua target umum dari PEM. Pertama, menghemat penggunaan segala jenis energi dengan cara mengurangi/mengilangkan energi terbuang (*wasted energy*) dan menggunakan energi secara efisien. Kedua, di beberapa industri, mungkin perlu mengganti bahan-bakar yang biasa digunakan untuk pabrik mereka dengan yang lebih murah, misalnya mengganti BBM yang mahal dengan gas yang murah (Kunaifi, 2008).

Keuntungan dari program ini antara lain memangkas biaya energi, meningkatkan keuntungan perusahaan, mengurangi resiko kekurangan suplai energi, keuntungan lingkungan yaitu mengurangi emisi gas karbon, serta meningkatkan kemampuan perusahaan dalam berkompetisi karena dengan penghematan biaya yang dicapai perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk dan servis.

### 3.5.1 Efisiensi pada Sistem Penerangan Buatan

Sebenarnya cara paling hemat untuk masalah penerangan bangunan industri dengan pemanfaam energi alam berupa cahaya matahari untuk penerangannya. Penerapan ini berarti berkaitan dengan aspek arsitekturnya yaitu dengan memberi bukaan yang banyak pada bangunan industri. Bukaan bisa berupa ventilasi udara, jendela baik yang terbuka maupun yang tertutup kaca. Penerapan bukaan ini perlu disesuaikan dengan kualitas ruangan yang diperlukan untuk kegiatan dalam ruangan tersebut. Akan tetapi penerangan alami hanya berlaku pada waktu siang hari. Sedangkan kegiatan industri biasanya berlangsung selama 24 jam agar keuntungan semakin banyak. Oleh karena itu, perlu penerangan buatan pada malam hari.

Untuk masalah penerangan buatan, ada beberapa persyaratan dasar yang harus dipenuhi suatu desain penerangan yang efisien pemakaian listriknya yaitu :

- Penetapan intensitas cahaya yang perlu bagi kegiatan tertentu yang dilakukan
- Pemakaian sumber cahaya paling efisien untuk menghasilkan intensitas tersebut.
- Pemusatan cahaya hanya pada tempat dimana kegiatan tertentu sedang dilakukan.
- Membatasi pemakaian cahaya hanya didaerah dimana kegiatan tertentu sedang dilakukan.

Dengan persyaratan dasar ini sering terpaksa diserasikan melalui kompromi berhubung adanya keaneka ragam kegiatan dalam proses produksi dalam bangunan industri, sedangkan intensitas pergerakan para pekerja cukup tinggi baik di dalam atau di luar area kerjanya. Disamping itu, mengendalikan silaunya cahaya, nisbah terangnya cahaya, temperatur warna dan estetika juga ikut sertakan dalam pertimbangan untuk menetapkan desain akhir suatu sistem penerangan. Dari persyaratan ini, langkah-langkah suatu upaya pengiritan listrik bagi suatu sistem penerangan adalah:

- Menciutkan tingkat penerangan (intensitas) yang lebih besar dari pada yang diperlukan di semua tempat didalam dan diluar gedung.

- Memakai lampu fitting (fixtures, luminaires) yang lebih efisien dari pada yang telah dipakai.
- Melakukan pengendalian secara manual dan atau otomatis terhadap berbagai peralatan penerangan didaerah tertentu.
- Melakukan perawatan secara teratur.

Menurunkan ketinggian dari lampu-lampu yang memberi penerangan umum adalah cara efektif untuk menciutkan pemakaian daya untuk penerangan. Selain itu, pemilihan jenis lampu yang digunakan juga dapat mempengaruhi penggunaan energi listrik. Pemakaian lampu neon/TL (*fluourescent*) dan lampu HID (natrium tekanan tinggi dan Halid logam), dapat dipertimbangkan bagi suatu penghematan pemakaian listrik. Lampu natrium tekanan rendah (*low pressure sodium lamps*) walaupun mempunyai efektivitas (*efficacy* diukur dalam lumen/watt) tinggi, tetapi mempunyai cara menghasilkan (*rediction*) warna yang kurang baik sehingga tidak dianjurkan untuk pemakaian apabila warna merupakan pertimbangan yang utama. Pemakaian lampu pijar sebaiknya digunakan dalam jumlah yang sedikit tetapi setiap lampu mempunyai jumlah watt yang lebih tinggi.

Efisien dari sebuah sumber cahaya bergantung pada sejauh mana berbagai fittingnya perlengkapan dirawat dengan baik. Sebuah lampu yang menghasilkan 20 lumens per watt apabila terpasang dalam keadaan sebenarnya dan hanya menyinarkan 10 lumens jika terbalut oleh lapisan debu. Bola lampu harus diganti jika mulai berkurang cahayanya (menyuram) sebelum terbakar.

Selain hal di atas penempatan titik lampu yang tepat juga mempengaruhi efisiensi penerangan bangunan industri. Oleh karena itu, perlu perancangan titik lampu yang tepat sehingga memperoleh efisiensi yang diinginkan.

### 3.5.2 Efisiensi pada Sistem Penghawaan Buatan

Masalah penghawaan dalam ruangan merupakan masalah yang cukup vital pada bangunan industri. Rumitnya kegiatan dalam proses produksi dan banyaknya pegawai yang terlibat menyebabkan bangunan industri harus senyaman mungkin agar kegiatan perindustrian tidak terganggu. Penghawaan yang buruk dapat mengakibatkan

ketidaknyamanan bekerja sehingga menurunkan produktivitas yang dapat merugikan sebuah perusahaan.

Pada dasarnya penghawaan merupakan kebutuhan sirkulasi dan pertukaran udara kotor menjadi udara bersih. Oleh karena itu, hal ini juga berkaitan dengan arsitektur. Secara umum ada dua macam penghawaan yang dapat diterapkan dalam bangunan industri yaitu penghawaan alami dan buatan.

Untuk lebih menghemat biaya sebaiknya penghawaan pada bangunan menggunakan lebih banyak penghawaan alami. Penghawaan ini memanfaatkan energi alam dengan mensiasati bukaan pada bangunan industri untuk mengendalikan angin yang ada. Bukaan bangunan di sesuaikan dengan arah aliran udara dalam site. Akan tetapi hal ini sangat dipengaruhi oleh keadaan udara dalam site seperti kelembaban udara, kecepatan angin, dan mutu udara. Jika kelembaban udara dan kecepatan angin terlalu tinggi dapat mengganggu jalannya kegiatan dalam bangunan. Mutu udara yang buruk juga mempengaruhi penghawaan alami. Tingkat kebisingan di sekitar site juga mempengaruhi bukaan yang ada. Jika tingkat kebisingan tinggi tidak mungkin bangunan industri diberi bukaan yang banyak untuk penghawaan alami. Penghawaan alami ini dapat diterapkan pada ruangan yang digunakan untuk kegiatan yang boleh terkena udara luar.

Namun, ada juga ruangan dalam bangunan industri yang tidak boleh terkena udara luar secara langsung dan harus bebas debu. Oleh karena itu, perlu penghawaan buatan dalam ruangan itu. Penghawaan buatan bisa berupa sistem tata udara langsung (*direct cooling*) maupun tidak langsung (*indirect cooling*). Pemakaian sistem tata udara ini disesuaikan dengan luas ruangan yang akan diberi penghawaan buatan. Agar lebih efisien untuk bangunan industri yang kecil lebih efektif menggunakan sistem tata udara langsung berupa pemakaian AC Window, AC Split Unit, atau AC Package Unit. Sedangkan pada bangunan industri yang luas lebih efisien dengan penghawaan tidak langsung. Pada prinsipnya penghawaan ini menyalurkan udara segar ke dalam ruangan melalui saluran fresh air dan menyerap udara panas ke luar ruangan dengan exhaust fan.

Ada beberapa cara untuk mengemat energi yang dikeluarkan untuk penghawaan buatan ini yaitu pendistribusian AC yang tepat, hindari udara keluar/masuk secara langsung, jangan membuat ruang terlalu dingin (sesuai dengan standar kenyamanan sekitar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), gunakan alat peredam panas pada mesin yang mengeluarkan panas, hindari kontak langsung dengan sinar matahari dengan jendela kaca film, gunakan freon dengan kapasitas tepat, hemat energi, dan ramah lingkungan seperti freon hidrokarbon, serta memilih AC yang memiliki kemampuan mendinginkan tinggi tetapi memerlukan energi paling sedikit.

### 3.5.3 Efisiensi pada Sistem Sanitasi

Bangunan industri harus memiliki sistem sanitasi yang baik agar limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Jika terjadi pencemaran menyebabkan perusahaan mengeluarkan biaya tambahan untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem sanitasi ini bisa berupa sistem penanganan air kotor, limbah produksi, dan sampah.

Penanganan air kotor dan limbah dari area toilet sebaiknya menggunakan konsep yang ramah lingkungan. Penggunaan biotect merupakan salah satu alternatif untuk menangani masalah ini. Biotect merupakan septic tank dengan penyaring biologis (biological filter septic tank) berbahan fiberglass dirancang dengan teknologi khusus untuk tidak mencemari lingkungan, memiliki sistem penguraian secara bertahap, dilengkapi dengan sistem desinfektan, hemat lahan, antibocor atau tidak rembes, tahan korosi, pemasangan mudah dan cepat, serta tidak membutuhkan perawatan khusus (Nirwono Joga, 2008).

Untuk mengantisipasi krisis air bersih, kita harus mengembangkan sistem pengurangan pemakaian air (reduce), penggunaan kembali air untuk berbagai keperluan sekaligus (reuse), mendaur ulang buangan air bersih (recycle), dan pengisian kembali air tanah (recharge). Beberapa arsitek sudah mulai mengembangkan sistem pengolahan air limbah bersih yang mendaur ulang air buangan sehari-hari (cuci tangan, piring, kendaraan, bersuci diri) maupun air limbah (air buangan dari kamar mandi) yang dapat digunakan kembali untuk mencuci kendaraan, membilas kloset, dan menyirami taman, serta

membuat sumur resapan air (1 x 1 x 2 meter) dan lubang biopori (10 sentimeter x 1 meter) sesuai kebutuhan.

Penanganan limbah produksi disesuaikan dengan limbah yang dihasilkan perusahaan. Dari sekian banyak jenis limbah produksi, limbah yang perlu dipertimbangkan secara matang adalah limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Limbah B3 harus ditangani dengan perlakuan khusus mengingat bahaya dan resiko yang mungkin ditimbulkan apabila limbah ini menyebar ke lingkungan.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menangani limbah B3 salah satunya dengan cara kimiawi atau *chemical conditioning*. Tujuan utama dari *chemical conditioning* ialah menstabilkan senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalam lumpur, mereduksi volume dengan mengurangi kandungan air dalam lumpur, mendestruksi organisme patogen, memanfaatkan hasil samping proses *chemical conditioning* yang masih memiliki nilai ekonomi seperti gas methane yang dihasilkan pada proses *digestion*, dan mengkondisikan agar lumpur yang dilepas ke lingkungan dalam keadaan aman dan dapat diterima lingkungan (Tjandra Setiadi, 2008).

Ada cara yang efektif dan efisien dalam menangani sampah adalah dengan membagi tempat sampah sesuai dengan karakteristik sampah yang dihasilkan seperti sampah kering, sampah organik, dan sampah B3. Sampah kering adalah sampah yang tidak dapat di daur ulang secara alami dan cepat oleh tanah seperti plastik, kain, kertas, botol dan lain-lain. Sampah organik adalah sampah yang dapat didaur ulang secara alami dan cepat oleh tanah seperti daun, daging, sisa makanan, ranting pohon, kotoran hewan dan lain-lain. Sampah B3 adalah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat (*toxicity, flammability, reactivity, dan corrosivity*) serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengolahan sampah B3 sama seperti pengolah limbah B3.

## BAB 4

### STUDI KASUS

#### 4.1. Pabrik Stiker Plastik PT Afixkogyo Indonesia

##### 4.1.1. Profil Perusahaan

PT. Afixkogyo Indonesia didirikan pada 18 November 1991, hasil kerjasama antara AFIX CO. Ltd Japan dengan PT. Mitra Pinasthika Mustika Indonesia dengan status Joint Venture No. 334/PMA/1991. PT. Afixkogyo berlokasi di Jln. Raya Tenjoayu 47, Cicurug, Sukabumi dan berdiri di areal seluas 12.000 m<sup>2</sup> dan memiliki lebih kurang 350 karyawan.

PT Afixkogyo Indonesia mempunyai visi “*Menjadi Pembuat Stiker yang Terbaik di Indonesia*”. Untuk mewujudkan visi tersebut PT AFIX mempunyai misi “*Terus Berinovasi dan Berkualitas*”. Oleh karena itu, perusahaan ini mempunyai sistem kualitas yang terbaik didukung dengan mesin dan peralatan teknologi terbaru, yang mampu menciptakan produk yang berkualitas sempurna, produk lebih glossy dengan jaminan kualitas produk lima tahun.

PT Afixkogyo Indonesia memproduksi:

##### 1. Stiker

- Sepeda motor : Honda, Yamaha, Malika, Kanzen, Bosowa
- Mobil : Izusu, Hyundai, Daihatsu
- Alat Berat : Catterpillar, United Tractors
- Kantor : BCA, ADAMAIR
- Telekomunikasi: Pro XL
- Helmet
- Keramik : Amstand

2. *Cutting Stiker*, produksi stiker untuk alat-alat berat : traktor, eskavator, dll.

3. *Dome*, untuk berbagai produk elektrik dan motorcycle.



Gambar 4.1. Beberapa Contoh Produk Stiker PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia

Fasilitas yang dimiliki :

- Komputer Design
- Mesin Output Film
- Mesin Printing
- Mesin Cutting dan Cutting Sticker
- Mesin Expose
- Mesin Coating
- Mesin Dome
- Mesin Conveyor
- Mesin Strecthing
- Mesin UV



Komputer Design



Mesin Ouput Film



Mesin Printing



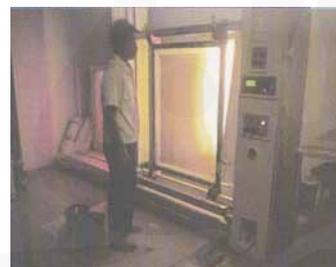
Mesin Cutting



Mesin Strecthing



Mesin Expose



Mesin Coatting



Mesin Dome



Mesin Conveyor



Mesin Ultra Violet

Gambar 4.2. Mesin-mesin yang ada di PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia

Data Teknis Bangunan adalah sebagai berikut:

Nama Proyek	: Bangunan Produksi 3 Lantai dan Fasilitas PT Afixkogyo Indonesia (PRIMA)
Lokasi	: Jalan Tenjoayu No. 47, Cicurug, Sukabumi, Jawa Barat, Indonesia
Luas Lahan Eksisting	: $\pm 5560 \text{ m}^2$
Luas Bangunan Eksisting	: $\pm 1458,5 \text{ m}^2$
Luas Dasar Bangunan Eksisting:	$\pm 1458,5 \text{ m}^2$
Luas Bangunan Baru	: $\pm 1712,4 \text{ m}^2$
Luas Dasar Bangunan Baru	: $\pm 692,4 \text{ m}^2$
Total Luas Bangunan	: $\pm 3170,9 \text{ m}^2$
Total Luas Dasar Bangunan	: $\pm 2150,9 \text{ m}^2$
KDB	: 60% $\rightarrow 2150,9/5560 = 0,38 \times 100\%$ $= 38\%$ (diizinkan)

Latar belakang proyek bangunan produksi PT Afixkogyo Indonesia merupakan proyek bangunan permanen untuk kegiatan produksi yang akan digunakan sementara menunggu pembangunan proyek Phase II PT Afixkogyo Indonesia. Letak site PT Afixkogyo Indonesia dekat tetapi tidak bersebelahan dengan lokasi Phase II PT Afixkogyo Indonesia. Semua kondisi site sudah ada bangunan eksisting. Proses pembangunan proyek Phase II PT Afixkogyo Indonesia diperkirakan membutuhkan waktu yang lama karena harus membongkar bangunan eksisting dan mendirikan bangunan yang baru. Oleh karena itu, diperlukan gedung produksi sementara agar perusahaan tetap dapat berproduksi. Gedung produksi sementara ini akan didirikan di area PT Afixkogyo Indonesia (PRIMA) karena masih ada lahan yang bisa didirikan bangunan.

#### 4.1.2. Penerapan Efisiensi Teknis pada Bangunan

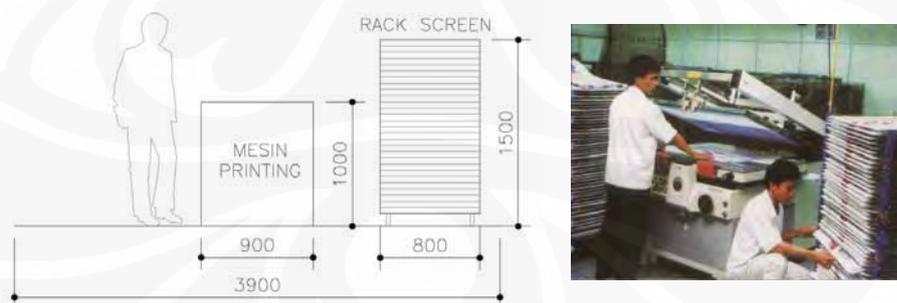
##### 1. Aspek Ergonomi

###### a. Posisi kerja

Ada dua macam posisi kerja yang terdapat dalam kegiatan industri PT Afixkogyo Indonesia, yaitu:

###### - Posisi kerja berdiri

Kegiatan dengan posisi kerja berdiri antara lain pembuatan warna, pengoperasian mesin printing dan mesin cutting. Dari data yang diperoleh dari survey lapangan, ketinggian meja pembuatan warna, mesin printing, dan mesin cutting adalah 100cm dari lantai. Dari tinggi landasan kerja ini dapat digolongkan dalam landasan kerja untuk pekerjaan ketelitian. Memang sebagian besar kegiatan produksi di perusahaan ini membutuhkan ketelitian. Jadi, ketinggian landasan kerja tersebut menurut aspek ergonomi sudah sesuai dengan jenis pekerjaannya. Jika landasan tidak sesuai, misalnya lebih rendah dari ketentuan, bisa mengakibatkan ketelitian pekerja menjadi berkurang dan ketidaknyamanan pekerja. Jika pekerja sudah merasa tidak nyaman dengan pekerjaannya, maka kualitas dan produktivitas pekerja menurun. Akhirnya akan merugikan perusahaan.



Gambar 4.3. Posisi kerja pada pengoperasian mesin printing

Sumber: Data Survey Lapangan



Gambar 4.4. Posisi kerja pada pembuatan warna (matching colour)

Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia



Gambar 4.5. Posisi kerja pada pengoperasian mesin cutting

Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia

- Posisi kerja duduk

Posisi kerja duduk yang ada antara lain pembuatan design di depan komputer dan pemeriksaan dan jaminan produk. Posisi ini perlu memperhatikan lama waktunya ketika bekerja mengingat posisi ini memungkinkan sedikit gerakan dalam kegiatannya. Terlihat pada gambar 4.6 posisi perkerja yang sedang mendesain stiker. Dari gambar tersebut posisi tulang punggung yang lurus dan menjaga jarak mata terhadap monitor. Posisi tulang punggung yang baik untuk mengurangi rasa lelah ketika duduk dalam waktu yang cukup lama. Jarak mata dengan monitor dijaga untuk mengurangi kelelahan mata dalam bekerja. Pemeriksaan dan jaminan produk menggunakan meja yang lurus dan miring. Posisi punggung, tangan, dan kaki yang benar akan mengurangi kelelahan bekerja.



Gambar 4.6. Posisi kerja pada pembuatan desain  
Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia

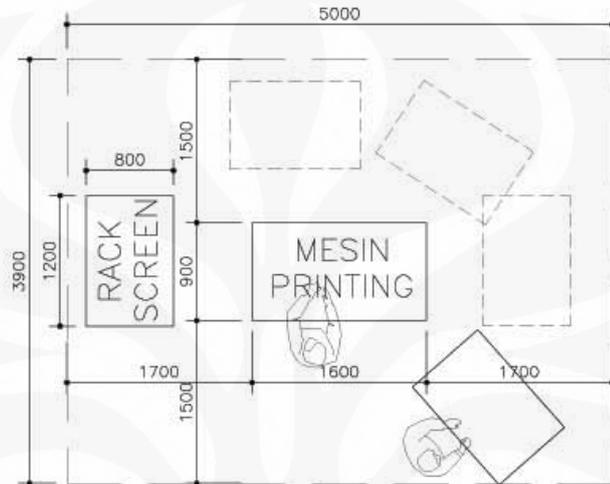


Gambar 4.7. Posisi kerja pemeriksaan dan jaminan produk  
Sumber: Company Profile PT Afixkogyo Indonesia

#### b. Proses kerja dan Tata letak tempat kerja

Proses kerja dan tata letak tempat kerja yang dominan adalah pengoperasian mesin printing. Namun, secara keseluruhan proses kerja yang ada sudah sesuai dengan jangkauan maksimal manusia secara psikologis yaitu  $\leq 50\text{cm}$ . tata letak tempat kerja juga disesuaikan dengan kebutuhan optimal luas area kerja setiap mesin. Sebagai contoh mesin printing berukuran  $160\text{cm} \times 90\text{cm}$ . Dengan lebar mesin printing  $90\text{cm}$ , tangan manusia secara normal masih dapat menjangkau mesin dengan baik sehingga tidak menimbulkan kelelahan bekerja. Satu area mesin dioperasikan oleh 2 orang dengan area optimal  $19,5\text{ m}^2$ . Sirkulasi harus diperhatikan mengingat area ini juga ada sirkulasi rack screen dengan ukuran  $80\text{cm} \times 120\text{cm}$ . Pada gambar 4.8. terlihat proses kerja pekerja dalam area mesin printing. Salah satu mengoperasikan mesin printing dan yang lain membawa stiker dan screen dengan rack screen. Dengan

proses kerja dan area kerja yang optimal, produktivitas pekerja akan meningkat.



Gambar 4.8. Area Kerja Optimal pada Mesin Mesin Printing

Sumber: Data Survey Lapangan

### c. Mengangkat beban

Jika dilihat dari produk yang dihasilkan oleh PT Afixkogyo Indonesia, maka beban yang diangkat oleh para karyawan termasuk beban yang ringan. Pemindahan produk atau peralatan menggunakan trolley atau rack screen.

Secara keseluruhan, penerapan ergonomi pada PT Afixkogyo Indonesia sudah cukup baik. Penerapan ergonomi yang baik akan meningkatkan kesehatan, kualitas, dan kenyamanan pekerja sehingga produksi perusahaan maksimal sesuai dengan target yang ingin dicapai.

## 2. Aspek Arsitektural

### a. Pemilihan lokasi bangunan

Pemilihan lokasi PT Afixkogyo Indonesia di Sukabumi dikarenakan oleh:

- Dekat dengan lokasi target pemasaran/klien yang ada di Jabodetabek seperti perusahaan motor, mobil, alat berat, dan lain sebagainya. Dengan begitu biaya untuk pengiriman

lebih rendah dan waktu pengiriman juga semakin singkat jika dibandingkan dengan tempat yang jauh.

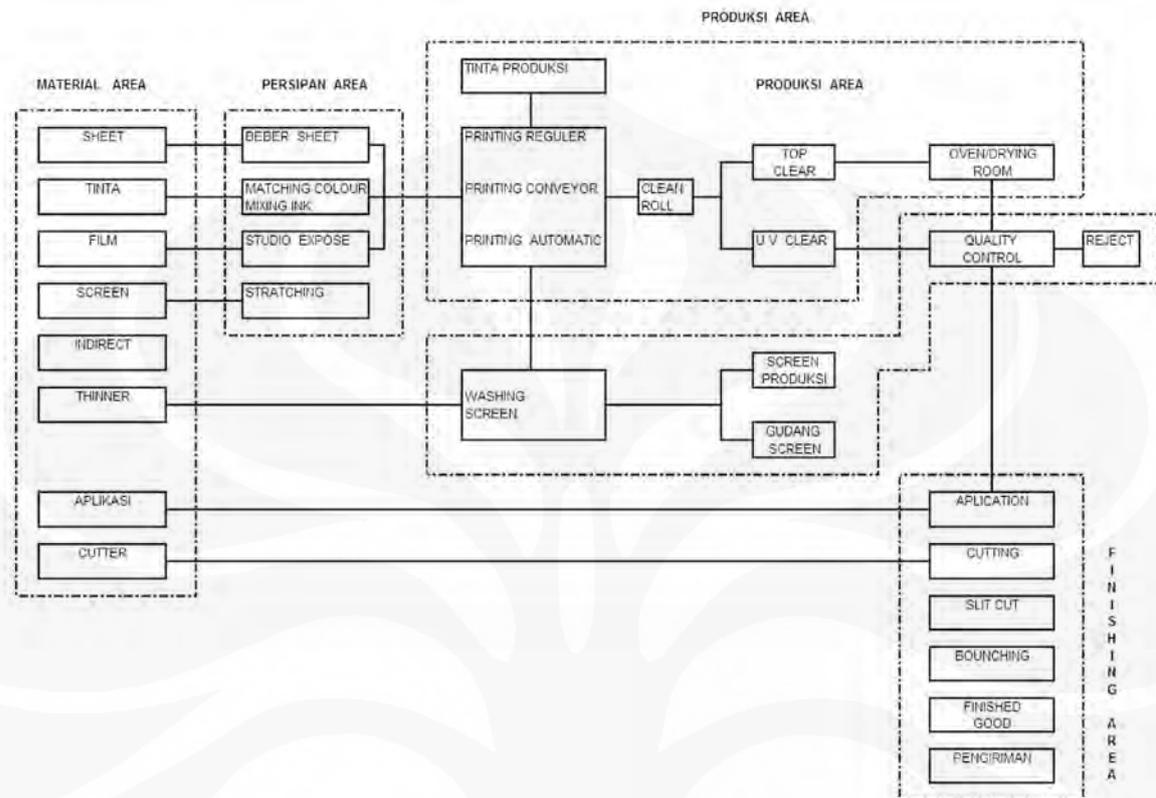
- Dekat dengan sumber-sumber bahan mentah seperti plastik dan cat. Jadi, biaya pengangkutan bahan baku menjadi lebih murah.
- Terdapat fasilitas pengangkutan
- Tersedia supply dari buruh atau tenaga kerja yang memadai dan berkualitas.
- Terdapat pembangkit tenaga listrik (power station)
- Biaya dari tanah dan gedung masih murah.
- Lokasi di pegunungan menjadi alternatif yang sangat baik mengingat banyak ruangan yang dibutuhkan harus bebas dari debu. Di pegunungan intensitas debu lebih sedikit dibandingkan dengan di daerah kota yang panas dan banyak asap kendaraan. Dengan intensitas debu yang tidak terlalu banyak, pihak perusahaan tidak memerlukan usaha yang lebih untuk mengatasi masalah debu sehingga mesin-mesin untuk menghilangkan debu bekerja tidak terlalu berat.

Jadi, secara umum faktor pemilihan lokasi di Sukabumi sudah efektif dan efisien.

b. Perencanaan tapak bangunan

- Perencanaan tata letak dengan memperhatikan pola aliran barang

Dalam menentukan tata letak yang baik harus menyesuaikan dengan proses produksi yang terjadi di PT Afixkogyo Indonesia.



Gambar 4.9. Diagram Aliran Barang di PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

Sebelum proses produksi, semua material/bahan seperti sheet, tinta, film, screen, indirect, thinner yang digunakan selama proses disimpan dalam material area. Masing-masing material tersebut mempunyai ruangan sendiri-sendiri. Setelah material telah disiapkan masuk dalam tahap persiapan seperti membeber sheet, matching colour, mixing ink, mengexpose, dan statching screen.

Setelah itu, proses produksi dimulai seperti printing, membersihkan rool, penyinaran sinar UV, dan mengoven. Setelah jadi screen yang telah digunakan dicuci dan disimpan dalam gudang screen. Hasil cetakan yang sudah jadi harus dikontrol agar hasil yang gagal tidak ikut dalam hasil produksi. Kemudian, proses produksi memasuki tahap finishing seperti pemotongan, pengepakan, dan pengiriman.

- Penentuan ruangan

Dalam menentukan ruangan perlu memahami dengan baik diagram aliran barang atau proses produksi yang berlangsung di PT Afixkogyo Indonesia. Pada umumnya ruangan yang ada di bangunan industri hampir sama. Yang membedakan adalah ruangan yang digunakan untuk proses produksi. Dari kegiatan yang terdapat dalam proses produksi yang terlihat pada diagram aliran barang, maka diperlukan ruang yang ada dalam gedung produksi antara lain:

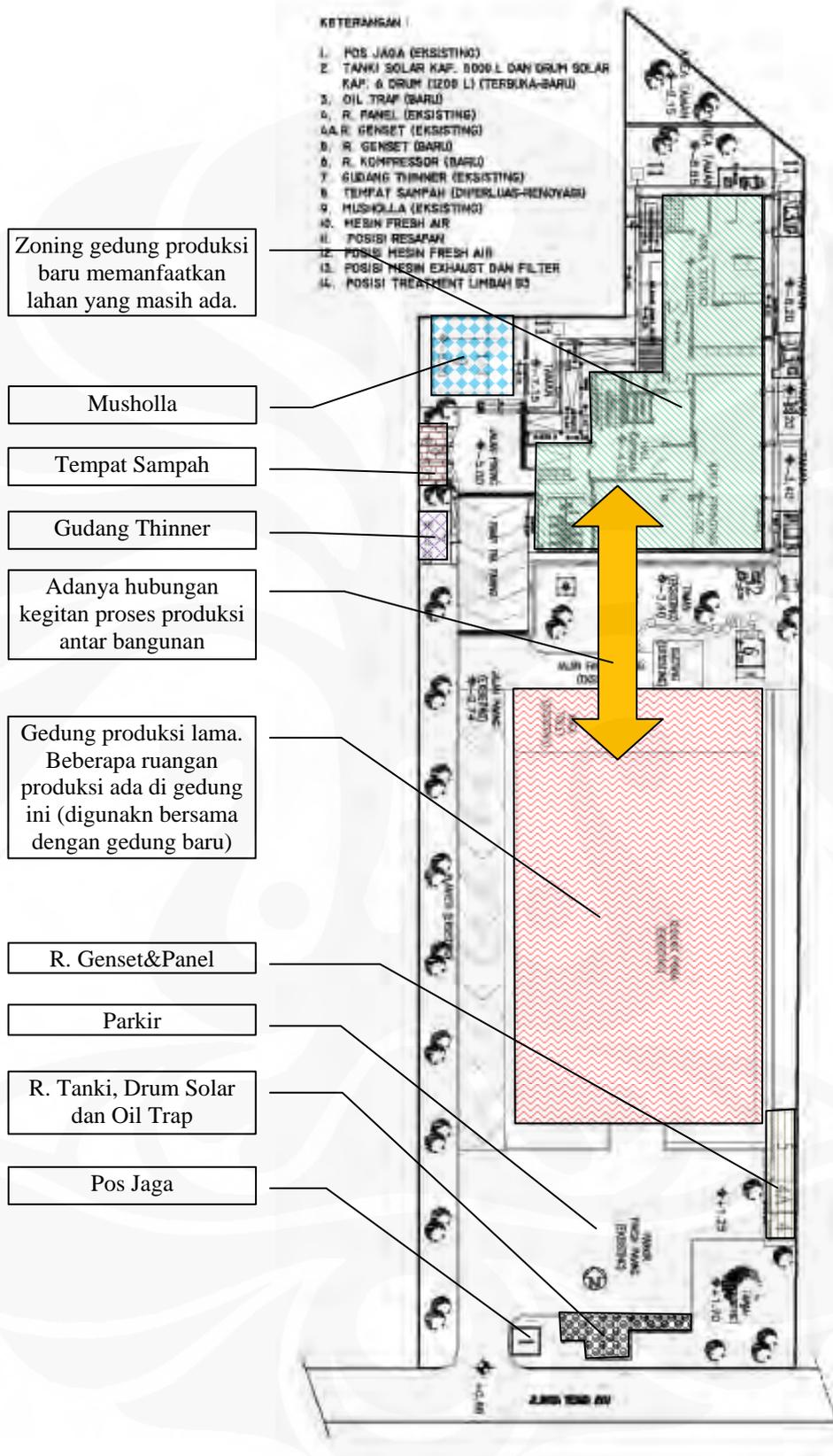
- 1) Pelayanan administrasi: ruang arsip/files area.
- 2) Produksi: gudang material untuk menyimpan sheet dan film, gudang thinner untuk menyimpan thinner, ruang tinta produksi untuk menyimpan tinta produksi, gudang screen produksi untuk menyimpan screen produksi, gudang screen after used untuk menyimpan screen setelah digunakan, ruang beber sheet, ruang matching colour, studio expose, ruang stretching, ruang printing, ruang UV, ruang oven drying, ruang coating, ruang cutting, ruang quality control, ruang cuci screen, ruang finishing, area setting/design, ruang drying stock screen
- 3) Pelayanan pegawai: toilet, parkir, penanggulangan kebakaran.
- 4) Pelayanan pabrik: perlengkapan pergantian udara, perlengkapan pendingin udara, perlengkapan pembangkit listrik, ruang perlengkapan telepon, bengkel perawatan, compressor udara, tempat pengumpulan barang sisa, gudang kendaraan, perlindungan dari kebakaran (alat pemadam api, pipa air, perlengkapan, katup penyiram), tangga, lift barang/penumpang, perlindungan pabrik.

- Zoning

Gedung produksi ini tidak mempunyai semua ruangan yang harus ada karena gedung ini bersifat sementara dan letaknya berada di belakang gedung produksi lain. Oleh karena itu, beberapa ruangan berada di gedung produksi lain. Namun, sebagian besar ruangan ada dalam gedung produksi ini.

Peletakkan zoning setiap ruangan perlu menyesuaikan dengan aliran barang atau proses produksinya sehingga ruangan mengalir dengan baik. Hubungan antar ruang yang mengalir membuat proses produksi semakin efektif dan efisien.

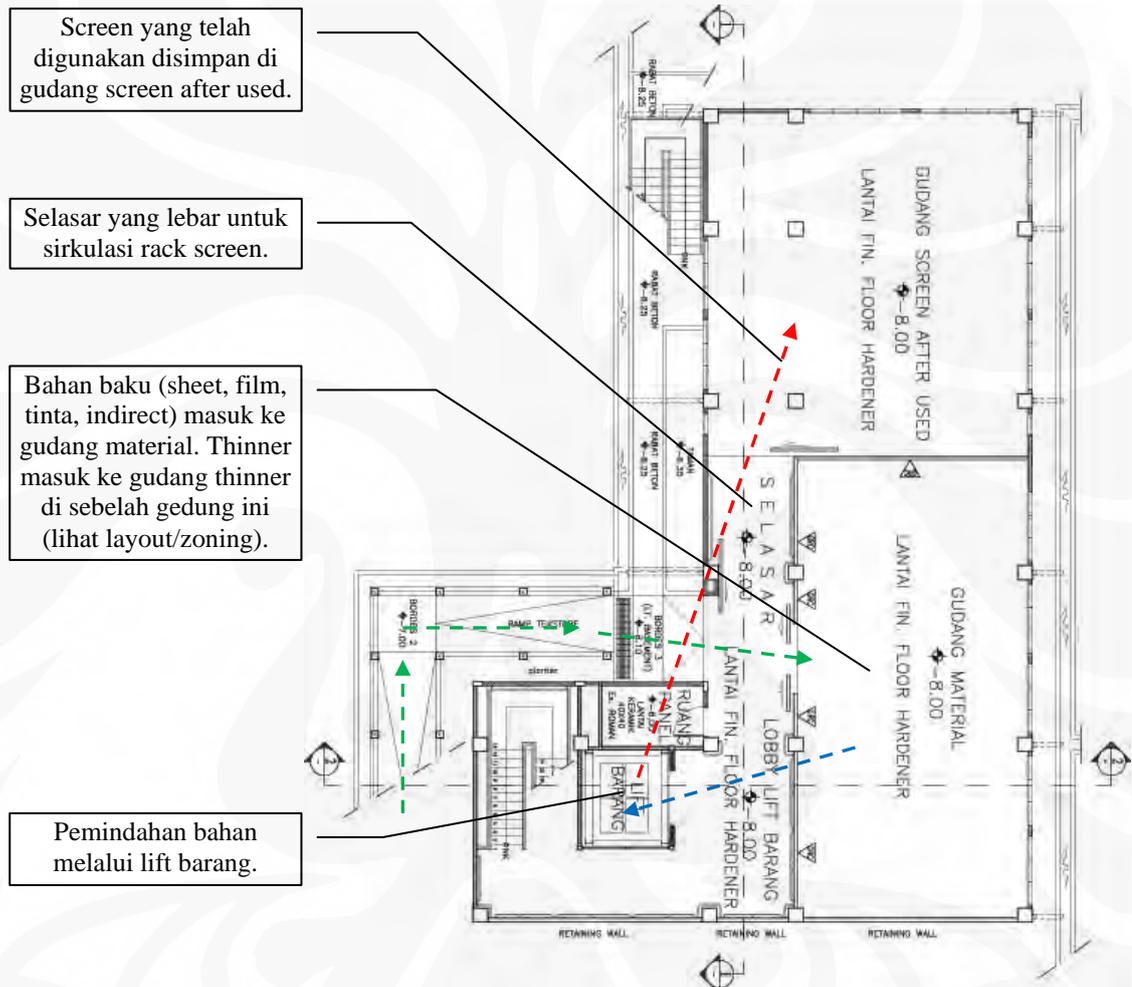
Penggunaan lahan yang ada dibuat site plan yang efektif dan efisien sehingga tidak ada lahan yang sia-sia tapi tetap memperhatikan KDB yang diperbolehkan. Site dibuat dengan memperhatikan alur kegiatan yang ada. Dengan KDB 60%, gedung produksi ditentukan menjadi 3 lantai yang terdiri dari basement, lantai 1, dan lantai 2. Dalam site itu tidak hanya ada bangunan produksi tetapi juga ada bangunan fasilitas atau ruang untuk utilitas seperti tempat sampah, ruang compressor, ruang tangki dan drum solar, oil trap, dan ruang genset. Jadi, secara keseluruhan penggunaan lahan sudah efektif dan efisien karena memperhatikan rencana perluasan yang mungkin ada.



Gambar 4.10. Layout/Zoning gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

Pada lantai basement terdiri dari gudang material, gudang screen after used, lobby lift barang, ruang panel, dan lift barang. Jadi, proses penerimaan bahan baku di basement yang merupakan material area. Kemudian masuk ke persiapan area di lantai 1.

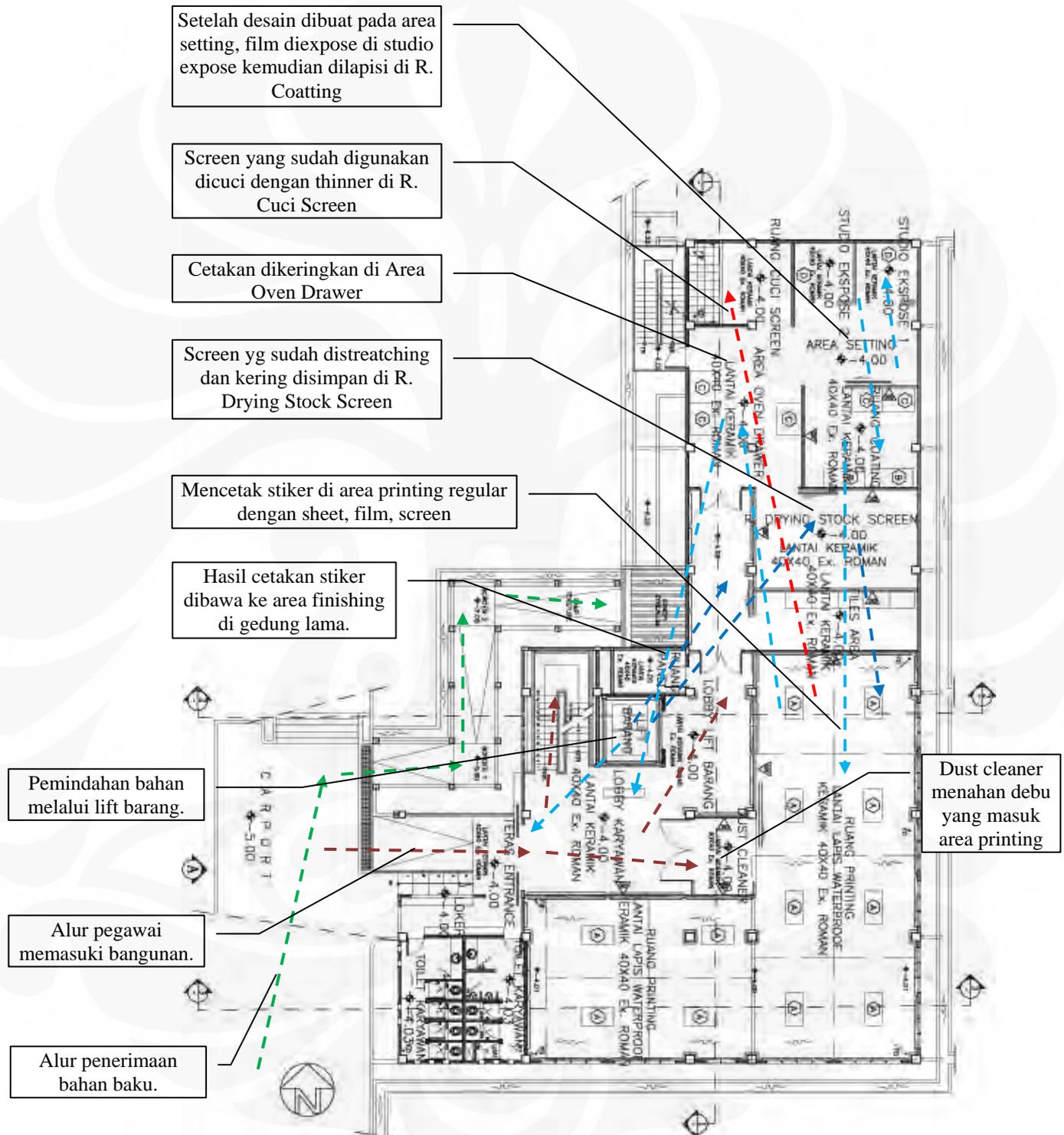


Gambar 4.11. Denah basement gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia (material area)

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

Lantai 1 terdiri dari area toilet, looby karyawan, loker, ruang panel, lobby lift barang, lift barang, dust cleaner, ruang printing, files area, area drawer, area setting, ruang cuci screen, studi expose, ruang coating, dan ruang drying stock screen. Lantai ini merupakan persiapan dan produksi

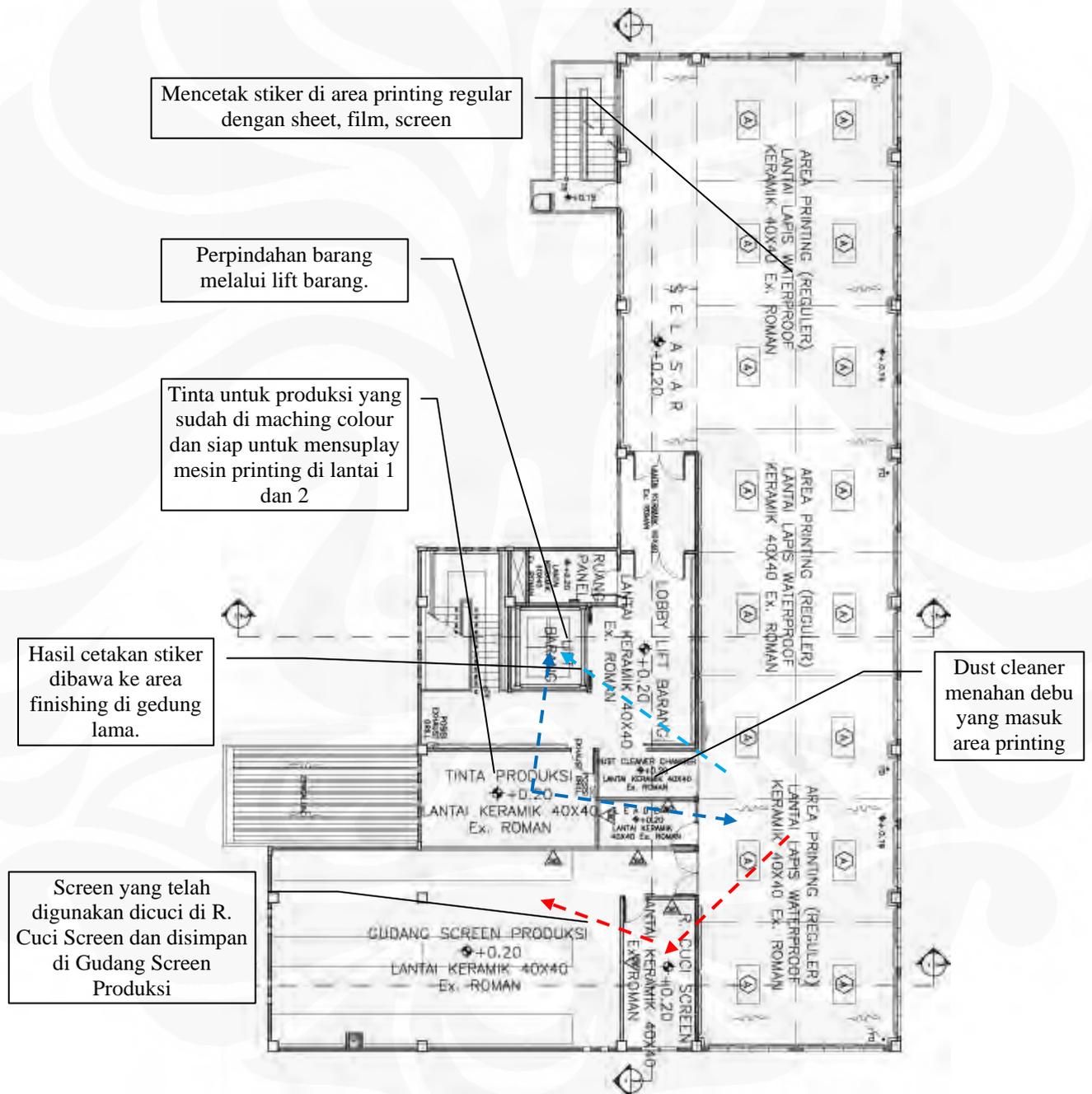
area. Setelah stiker di cetak diangkut ke gedung lama memasuki finishing area.



Gambar 4.12. Denah lantai 1 gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia (produksi area)

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

Lantai 2 terdiri dari lobby lift barang, lift barang, ruang printing, dust cleaner, tinta produksi, ruang leader, ruang cuci screen, dan gudang screen produksi. Sebagian besar lantai 2 digunakan untuk produksi area untuk mencetak dengan printer.



Gambar 4.13. Denah lantai 2 gedung produksi PT Afikkogyo Indonesia (produksi area)

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

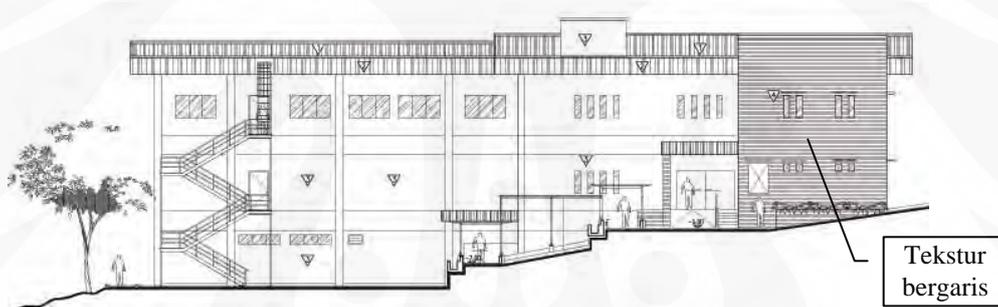
Dari ruangan-ruangan tersebut denah di gedung produksi di buat efektif dan efisien agar tidak mengeluarkan energi terlalu banyak. Dalam area produksi terdapat sirkulasi yang beraturan antara para pekerja dan alat pengangkut barang seperti trolley dan rack screen. Jalur sirkulasi dibuat lebih lebar agar sirkulasi aman, nyaman, dan tidak terganggu. Perlu dipertimbangkan juga cara pemasukan mesin-mesin ketika bangunan sudah didirikan.

Dengan memperhatikan alur kegiatan dan kebutuhan ruang, zoning di gedung baru digunakan untuk material area, persiapan area, dan produksi area. Sedangkan untuk finishing area bergabung dengan bangunan lama. Secara keseluruhan, kegiatan dalam bangunan mengalir dengan baik. Keterkaitan bangunan lama dengan bangunan baru juga terjalin dengan baik. Tidak ada kegiatan bolak balik antara kegiatan di bangunan baru dan lama.

Khusus untuk gudang thinner diletakkan terpisah dengan bangunan utama karena sifatnya yang mudah terbakar. Area utilitas juga terpisah dengan bangunan utama tetapi jaraknya tidak terlalu jauh seperti tempat sampah, oil trap, ruang compressor, ruang tanki dan drum solar, dan ruang genset. Oil trap, ruang tanki dan drum solar dibuat dalam satu area dan diletakkan di dekat jalan utama eksisting agar air tidak tercemar dengan solar dan oli. Pada desain tempat sampah yang baru dibuat pemisahan antara sampah organik, sampah kering, dan sampah B3 agar tanah tidak tercemar. Ruang compressor diletakkan di dekat mesin fresh air agar suara bising tidak menyebar ke mana-mana.

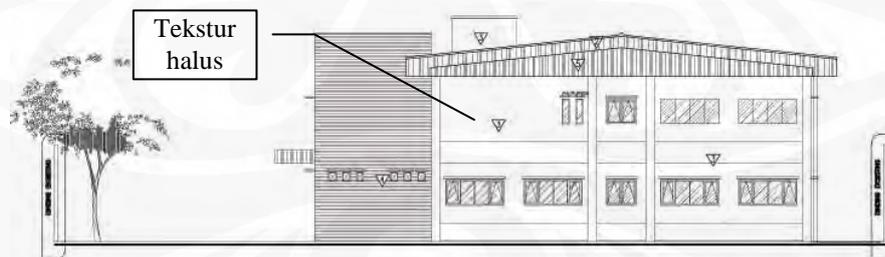
c. Fasade dan bentuk bangunan

Fasade dan bentuk bangunan dibuat sederhana dan disesuaikan dengan fungsinya. Fasade dibentuk dari perpaduan material dinding dan kaca, tekstur halus dan bergaris. Estetika juga dapat dibentuk dari bukaan yang ada. Penempatan pintu dan jendela juga disesuaikan dengan fungsi ruang yang ada di dalamnya. Jendela di gedung produksi rata-rata menggunakan type frameless karena kualitas ruang di dalamnya tidak boleh ada udara luar yang masuk. Namun ada beberapa jendela yang menggunakan type jungkit. Banyaknya bukaan yang ada memungkinkan penghematan energi karena bisa memanfaatkan cahaya matahari pada waktu siang hari. Jarak jendela dari lantai adalah 90cm dan tinggi sesuai dengan pintu agar lebih indah.



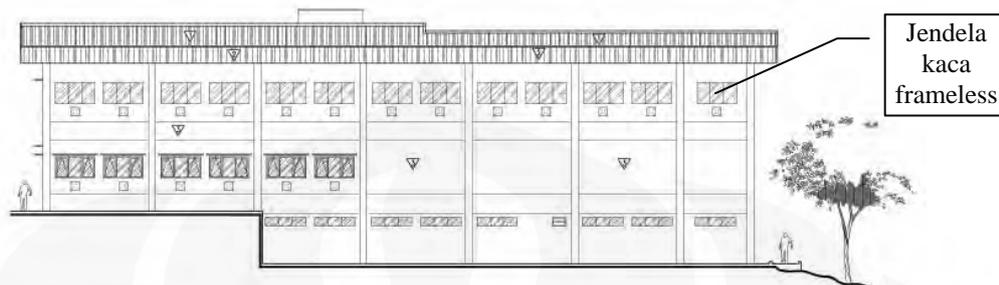
Gambar 4.14. Tampak Barat Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

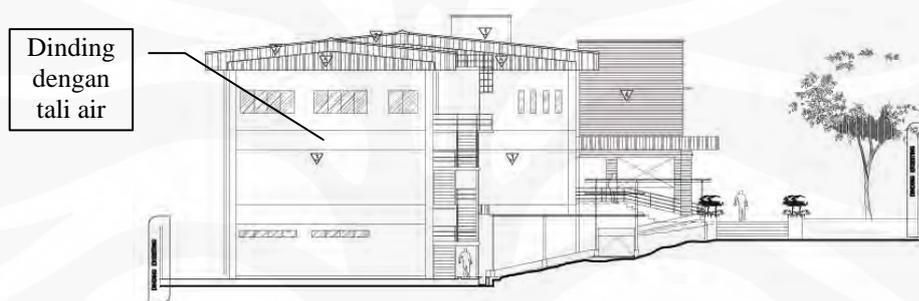


Gambar 4.15. Tampak Selatan Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali



Gambar 4.16. Tampak Timur Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia  
Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali



Gambar 4.17. Tampak Utara Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia  
Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

#### d. Pemilihan material bangunan

Dari segi material bangunan, gedung produksi PT AFIXKOGYO Indonesia menggunakan material yang ramah lingkungan.

- *Flooring/lantai*: sebagian besar menggunakan keramik ukuran 40cmx40cm agar mudah dibersihkan dan perawatan yang mudah. Untuk area printing, toilet, dan ruang cuci screen menggunakan keramik dengan waterproofing agar air tidak meresap. Selain keramik, untuk area gudang dan ruang mekanikal/elektrikal menggunakan floor hardener untuk menghemat biaya.
- *Railing*: penggunaan railing pada bangunan untuk keamanan di area tangga utama dan tangga darurat, serta untuk perlindungan dinding dan partisi dari sirkulasi rack screen. Railing pelindung dinding dan partisi menggunakan pipa galvanis diameter 1.25” finish cat hitam-kuning.

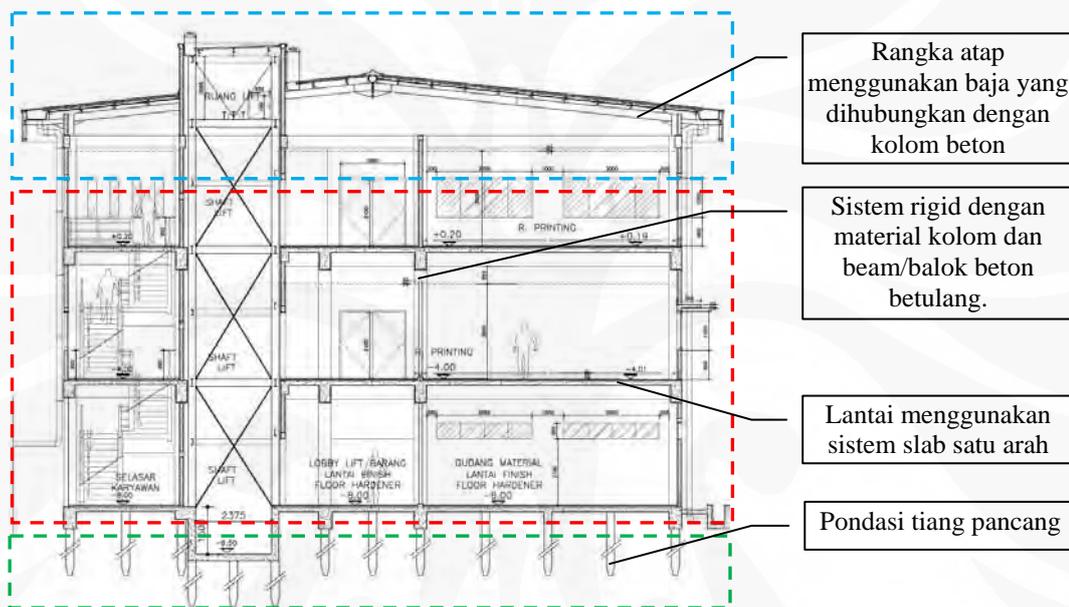
Sedangkan untuk railing pada tangga menggunakan pipa hitam diameter 1", 1,5" dan 2" dengan finish cat.

- *Roofing*: atap menggunakan zinc aluminium tanpa insulasi mengingat di daerah Sukabumi sinar matahari tidak terlalu panas sehingga dapat menghemat biaya.
- Jendela: semua kusen jendela menggunakan aluminium dengan material kaca, baik type frame less maupun jungkit.
- Pintu: pintu terbuat dari besi (Ex. Joff Metal) karena di dalam gedung produksi ada sirkulasi rack screen. Jadi pemilihan pintu besi lebih awet dari pada pintu kayu. Type pintu besi yang ada yang sliding dan swing. Kecuali pada area toilet yang menggunakan pintu kayu.
- Dinding dan partisi: dinding terbuat dari batu bata dipleser, diaci, dan dicat baik dengan cat minyak maupun cat dinding biasa. Untuk partisi menggunakan GRC yang tahan air. Untuk bagian dalam memang menggunakan partisi GRC bukan dinding bata karena dinilai lebih efisien dan sewaktu-waktu dapat dirubah sehingga bisa menghemat biaya.

### 3. Aspek Struktural

Dari segi struktur gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia tidak menggunakan struktur yang mahal. Struktur yang digunakan adalah sistem rigid karena hanya terdiri dari 3 lantai. Untuk pondasi menggunakan tiang pancang dengan metode tekan/hidroulik. Hubungan antara kolom dengan tiang pancang menggunakan pile cap. Pondasi tiang pancang memang lebih tepat di tanah pegunungan dari pada bor pile. Untuk kolom utama di basement berukuran 50cmX50cm, lantai 1 dan lantai 2 berukuran 40cmX40cm. Ukuran balok di basement adalah 40cmX70cm sedangkan di lantai 1 dan 2 berukuran 35cmX70cm. Untuk mengikat kolom di atas menggunakan ring balok berukuran 20cmX40cm. Semua plat lantai memiliki ketebalan 15cm karena beban mati yang ditopang cukup besar. Rangka atap menggunakan rangka baja yang terdiri kolom

WF yang dihubungkan dengan kolom utama, rafter, gording CNP, trekstang, dan ikatan angin. Rangka atap menggunakan baja karena dinilai lebih efektif dengan bentangan yang cukup lebar yaitu 11m dan 19m. Rangka atap baja WF lebih hemat biaya jika dibandingkan dengan penggunaan siku yang dibentuk menjadi truss. Dengan memakai sistem struktur dan perpaduan material seperti itu merupakan alternatif yang efektif dan efisien.



Gambar 4.18. Struktur Gedung Produksi Baru PT Afixkogyo Indonesia

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008, telah diolah kembali

#### 4. Aspek Mekanikal/Elektrikal

Dalam menentukan efisiensi yang dapat diterapkan harus memperhatikan syarat ruangan mesin-mesin produksi dan kegiatan produksi dari aspek mekanikal elektrikal agar produktivitas maksimal.

- Ruang Printing: menggunakan fresh air dan exhaust fan, kelembapan udara 60%, udara di dalam plus (+) dan tidak bau, power 1,5 KW 380 volt dan pipa compressor untuk masing-masing mesin ruang printing, penerangan extra untuk setiap mesin printing, ruangan bebas dari debu kondisi existing lantai

dibasahin/disiram supaya debu tidak berterbangan, pada pintu masuk dipasang dust cleaner, alarm dan stop kontak.

- Ruang UV (Ultra Violet): menggunakan fresh air dan exhaust fan, kelembapan udara 60%, udara di dalam plus (+) dan tidak bau, power 1,5 KW 380 volt dan pipa compressor untuk masing-masing mesin ruang printing, ruangan bebas dari debu kondisi existing lantai dibasahin/disiram supaya debu tidak berterbangan, pada pintu masuk dipasang dust cleaner, alarm dan stop kontak, mesin UV 20KW 380 volt, pembatas di ruang UV dibuat transparan.
- Ruang Screen Produksi: kelembapan 60%, ada exhaust fan, alarm, dan jangan ada jendela banyak.
- Ruang Cutting: power untuk mesin cutting 7,5 KW / 380 volt, ada fresh air dan exhaust fan, stop kontak, penerangan extra di atas mesin cutting, alarm.
- Ruang Maching Colour: ada fresh air, exhaust fan extra, setiap timbangan ada exhaust fan, ruangan tidak bau, penerangan extra, stop kontak, titik telepon, dan data, alarm.
- Ruang Cuci Screen: ruang cuci screen memakai thinner, exhaust fan harus kuat dan besar, fresh air, pembuangan thinner dialokasikan ke treatment limbah B3, alarm.
- Ruang Coating: cahaya lampu warna kuning atau merah kadar UV dihilangkan, kadar udara stabil tidak boleh ada angin, power mesin 1,5KW 220 volt dan instalasi compressor/mesin, power open screen 6KW 380 volt, stop kontak 1 phase, alarm.
- Ruang Studio Expose: penerangan kadar UV dihilangkan, stop kontak 1 phase, power listrik mesin expose 5,5KW 380 volt, instalasi air/kran, pembuangan limbah, alarm.
- Ruang Strecthing: fresh air, exhaust fan, penerangan standar, instalasi compressor, stop kontak, alarm.
- Ruang Beber Sheet: suhu 40°C, dinding dilapisi seng, atap bondek.

- Ruang Quality Control: lampu extra dan diatas meja ada lampu, stop kontak, data telepon, alarm, sirkulasi udara memakai exel air, bebas debu dan udara segar.
- Ruang Finishing: lampu extra, stop kontak, data telepon, alarm, sirkulasi udara memakai exel air, bebas debu dan udara segar.

Dari syarat-syarat ruangan di atas beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menerapak efisiensi yaitu:

a. Efisiensi pada Penerangan Buatan

Sebenarnya cara paling hemat untuk masalah penerangan bangunan industri dengan pemanfaatan energi alam berupa cahaya matahari untuk penerangannya. Hal ini dimanfaatkan dengan baik oleh PT Afixkogyo Indonesia. Pada siang hari, untuk pencahayaan umum menggunakan cahaya matahari. Hal ini terlihat pada orientasi bangunan yang mengarah ke utara-selatan dan menempatkan ruangan produksi di sekeliling bangunan. Oleh karena itu, cahaya matahari dapat masuk melalui jendela yang ada di pinggir bangunan. Penempatan jendela ini memperhatikan fungsi ruang di dalamnya. Jika tidak boleh terkena sinar matahari, ruangan tersebut tidak boleh ada jendela seperti ruang studi expose. Sesuai dengan persyaratan ruangan mesin di atas, ada mesin yang memerlukan penerangan extra seperti mesin printing. Oleh karena itu, pencahayaan buatan tetap diperlukan. Cara yang dilakukan untuk menghemat listrik untuk penerangan yaitu dengan menggunakan lampu fruorescent dengan watt yang lebih kecil. Ini lebih menghemat listrik jika dibandingkan dengan lampu pijar dengan watt yang lebih besar namun tingkat penerangannya sama. Selain itu, agar lebih efisien lagi pihak perusahaan menurunkan ketinggian lampu sehingga menciutkan area yang diterangi hanya sekitar area kerja pada mesin. Dengan begitu daya lampu dapat diturunkan jika dibandingkan dengan pemasangan lampu yang tinggi.

Pada malam hari, kegiatan produksi di PT Afixkogyo tetap berlangsung sehingga penerangan buatan tetap diperlukan pada area selain untuk kegiatan produksi. Penghematan pada malam hari terlihat pada pemakaian lampu dengan daya yang berbeda sesuai dengan kebutuhan penerangan. Tidak semua tingkat penerangannya sama. Untuk maintenance pada sistem penerangan, pihak perusahaan melakukan pengendalian secara manual dan atau otomatis terhadap berbagai peralatan penerangan didaerah tertentu dan melakukan perawatan secara teratur. Jadi, secara keseluruhan untuk penerangan siang dan malam hari di PT Afixkogyo Indonesia sudah melakukan efisiensi dengan baik.

b. Efisiensi pada Penghawaan Buatan

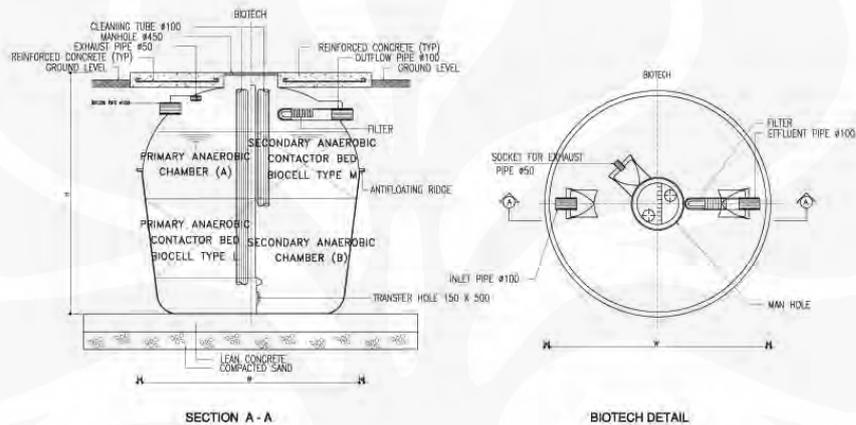
Sebenarnya cara paling hemat untuk penghawaan pada bangunan menggunakan lebih banyak penghawaan alami. Penghawaan ini memanfaatkan energi alam dengan mensiasati bukaan pada bangunan industri untuk mengendalikan angin yang ada. Bukaan bangunan di sesuaikan dengan arah aliran udara dalam site. Namun, pada gedung produksi PT Afixkogyo Indonesia mempunyai banyak ruangan yang tidak boleh ada udara luar langsung masuk dan bebas dari debu. Oleh karena itu, pihak perusahaan menggunakan mesin fresh air dan exhaust fan pada sistem penghawaan dalam gedung. Dalam penghematannya harus memperhatikan syarat-syarat ruang yang ada sehingga pendistribusiannya tepat.

c. Efisiensi pada Sistem Sanitasi

- Sistem penanganan air kotor.

PT Afixkogyo Indonesia menggunakan biotect dalam menangani masalah limbah dari area toilet. Biotect merupakan septic tank dengan penyaring biologis (biological filter septic tank) berbahan fiberglass dirancang dengan teknologi khusus untuk tidak mencemari lingkungan,

memiliki sistem penguraian secara bertahap, dilengkapi dengan sistem desinfektan, hemat lahan, antibocor atau tidak rembes, tahan korosi, pemasangan mudah dan cepat, serta tidak membutuhkan perawatan khusus.

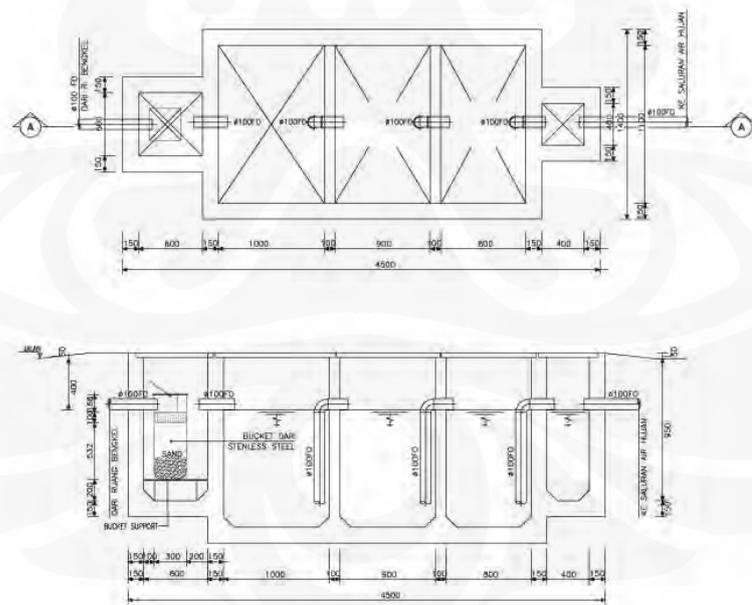


Gambar 4.19. Biotech

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

- Treatment limbah produksi.

PT Afixkogyo Indonesia menggunakan sistem kimiawi dalam menangani limbah B3.

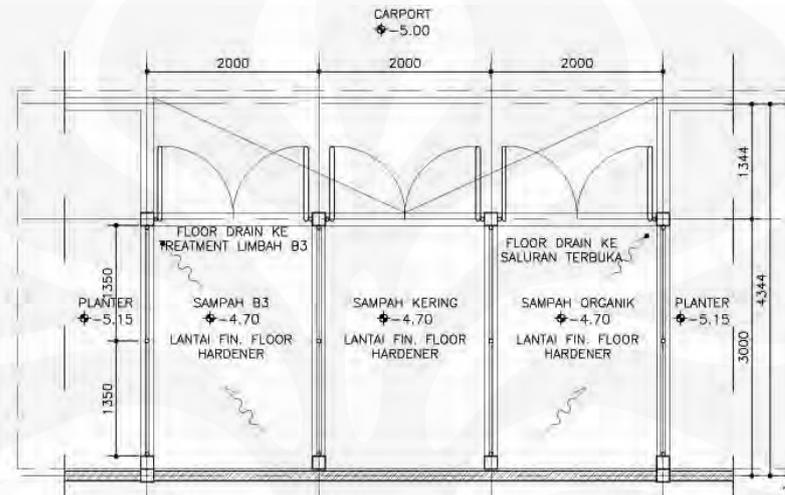


Gambar 4.20. Treatment Limbah B3

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

- Sampah/barang sisa produksi.

PT Afixkogyo Indonesia membagi tempat sampah menjadi tiga yaitu sampah kering, sampah organik, dan sampah B3.



Gambar 4.21. Denah Tempat Sampah

Sumber: Arsip AFIX PRIMA, PT Angka Wijaya Kusuma, 2008

Sampah kering yang dihasilkan oleh perusahaan ini antara lain plastik, kertas, botol dan lain-lain. Sampah kering jika jumlahnya sudah banyak bisa dibakar langsung atau diambil untuk didaur ulang. Sampah organik yang dihasilkan antara lain daun, sisa makanan, ranting pohon, kotoran hewan dan lain-lain. Sampah organik biasanya disebut sampah basah maka bisa mengeluarkan air. Oleh karena itu, ada saluran dari tempat sampah organik ke saluran. Sedangkan sampah B3 yang dihasilkan antara lain sisa thinner, cat, zat kimia, dan lain-lain.

- Oil trap

Perusahaan ini membutuhkan bahan bakar solar dan pelumas berupa oli. Oleh karena itu, agar tidak mencemari lingkungan perusahaan ini menggunakan oil trap.

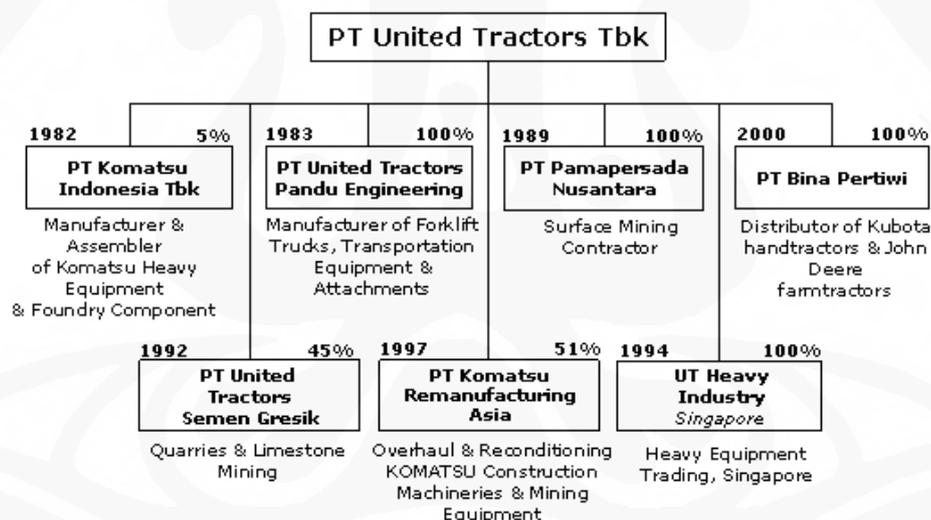


ke bak ke dua namun tetap air berada di bawah. Begitu seterusnya sampai bak terakhir. Setiap bak bisa dibuka untuk mengambil bahan bakar dan pelumas yang berada di atas air. Di bak terakhir air keluar dari *out flow*. Air yang tercemar bahan bakar dan pelumas akan bersih setelah melewati oil trap dan bisa langsung dibuang ke saluran kota.

## 4.2. PT Komatsu Remanufacturing Indonesia

### 4.2.1. Profil Perusahaan

PT Komatsu Remanufacturing Asia (KRA) merupakan anak perusahaan dari PT United Tractors, Tbk. Yang bergerak di bidang perakitan, penkondisian, perbaikan, dan distributor mesin konstruksi Komatsu dan peralatan pertambangan. KRA didirikan pada tahun 1997 dan 51% dimiliki oleh United Tractors, Tbk. KRA terletak di Balikpapan, Kalimantan Timur.



Gambar 4.24. Organisasi, Anak Perusahaan dan Afiliasi Perusahaan PT United Tractors, Tbk.

Sumber: [www.unitedtractors.com](http://www.unitedtractors.com)

United Tractors Group merupakan pemasok utama dari alat-alat berat dan jasa terkait di Indonesia dengan total aset melebihi Rp 5,58 triliun pada akhir tahun 2000. Sebagai distributor utama alat berat di Indonesia, PT United Tractors Tbk (UT) memiliki pangsa pasar yang signifikan di manufaktur, pertambangan dan industri ekspor. Tujuan UT

antara lain untuk mencapai pertumbuhan berkelanjutan jangka panjang, menjadi aset negara, memberikan layanan yang terbaik kepada pelanggan, menghormati individu, komitmen untuk menjadi team kerja sendiri, dan terus berjuang untuk kecemerlangan.

UT didirikan pada tanggal 13 Oktober 1972 pada awalnya bernama PT Astra Motor Works, dengan PT Astra International Tbk sebagai pemegang saham mayoritas. Akhirnya, telah berubah nama menjadi PT United Tractors. Sejak itu, UT telah terlibat terutama dalam distribusi alat berat yang dikenal di seluruh dunia yaitu Komatsu dari produk Komatsu Ltd, Jepang sebagai distributor tunggal di Indonesia.

Beberapa contoh produk alat berat yang ada di UT Group termasuk Komatsu Remanufacturing Asia (KRA).



Gambar 4.25. Produk dari Komatsu

Sumber: [www.unitedtractors.com](http://www.unitedtractors.com)

Data Teknis Bangunan adalah sebagai berikut:

Nama Proyek	: Bangunan Workshop, Fasilitas, dan Utilitas Komatsu Remanufacturing Asia
Lokasi	: Jalan Mulawarman, Balikpapan, Kalimantan Timur, Indonesia
Luas Lahan	: $\pm 10.600 \text{ m}^2$
Luas Workshop+Office	: $\pm 2.910 \text{ m}^2$
Luas Bangunan Fasilitas	: $\pm 392 \text{ m}^2$
Open Storage	: $\pm 440 \text{ m}^2$
Luas Bangunan Penunjang	: $\pm 85 \text{ m}^2$
Luas Bangunan Utilitas	: $\pm 551 \text{ m}^2$
Luas Dasar Bangunan	: $\pm 4000 \text{ m}^2$
Luas Bangunan	: $\pm 4378 \text{ m}^2$

Dari sekian banyak bangunan yang akan dianalisa penerapan efisiensi pada bangunan industri hanya bangunan yang berupa Workshop di PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan.

#### 4.2.2. Penerapan Efisiensi pada Bangunan

##### 1. Aspek Ergonomi

Aspek ergonomi yang dapat terlihat dengan jelas pada perusahaan ini yaitu pada metode mengangkat beban. Perusahaan ini bergerak dalam bidang perakitan dan perbaikan alat berat. Jadi kekuatan tangan manusia tidak dapat mengangkat barang/spare part yang akan dirakit. Jika memaksakan dengan kekuatan manusia akan menyebabkan kelelahan bekerja. Solusi untuk metode pengangkatan beban yaitu dengan menggunakan alat berupa crane dan jib crane. Untuk posisi kerja dan proses kerja sangat dibantu dengan adanya alat pengangkut beban berat dalam bangunan ini. Oleh karena itu, secara umum di area Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan sudah menerapkan efisiensi teknis pada aspek ergonomi dengan baik.

## 2. Aspek Arsitektural

### a. Pemilihan lokasi bangunan

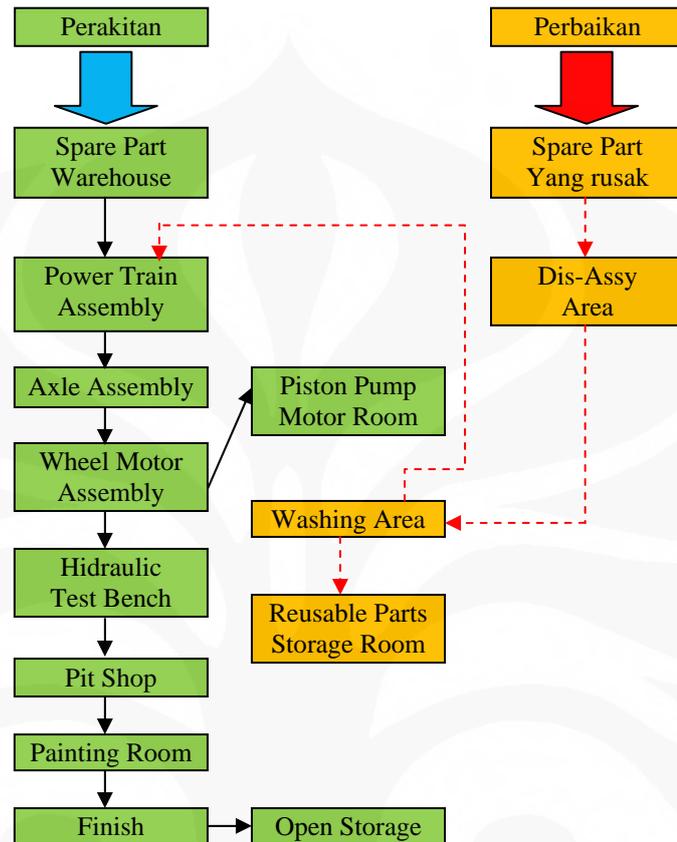
Pemilihan lokasi PT Komatsu Remanufacturing Asia di Balikpapan dikarenakan oleh:

- Dekat dengan lokasi target pemasaran/klien yang ada di Kalimantan sebagai pusat pertambangan sehingga permintaan alat berat ke PT Komatsu Remanufacturing Asia meningkat mengingat sebagai perusahaan ini sebagai distributor utama alat berat di Indonesia.
- Terdapat fasilitas pengangkutan.
- Terdapat pembangkit tenaga listrik (power station).
- Biaya dari tanah dan gedung masih murah.
- Pemilihan lokasi di dekat pantai menjadi alternatif yang sangat menguntungkan bagi PT Komatsu Remanufacturing Asia mengingat semua spare part didatangkan langsung dari Jepang melalui pelabuhan. Jadi, biaya pengangkutan spare part lebih kecil jika dibandingkan memilih lokasi yang lebih jauh dari pantai.

### b. Perencanaan tapak bangunan workshop

- Perencanaan tata letak dengan memperhatikan pola aliran barang

Dalam menentukan tata letak yang baik harus menyesuaikan dengan proses perakitan dan perbaikan yang terjadi di PT Komatsu Remanufacturing Asia.



Gambar 4.26. Diagram proses perakitan dan perbaikan pada PT Komatsu Remanufacturing Asia  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007

#### - Penentuan ruangan

Dari kegiatan yang terdapat dalam proses perakitan yang terlihat pada diagram proses perakitan dan perbaikan, maka diperlukan ruang yang efektif yang ada dalam workshop antara lain:

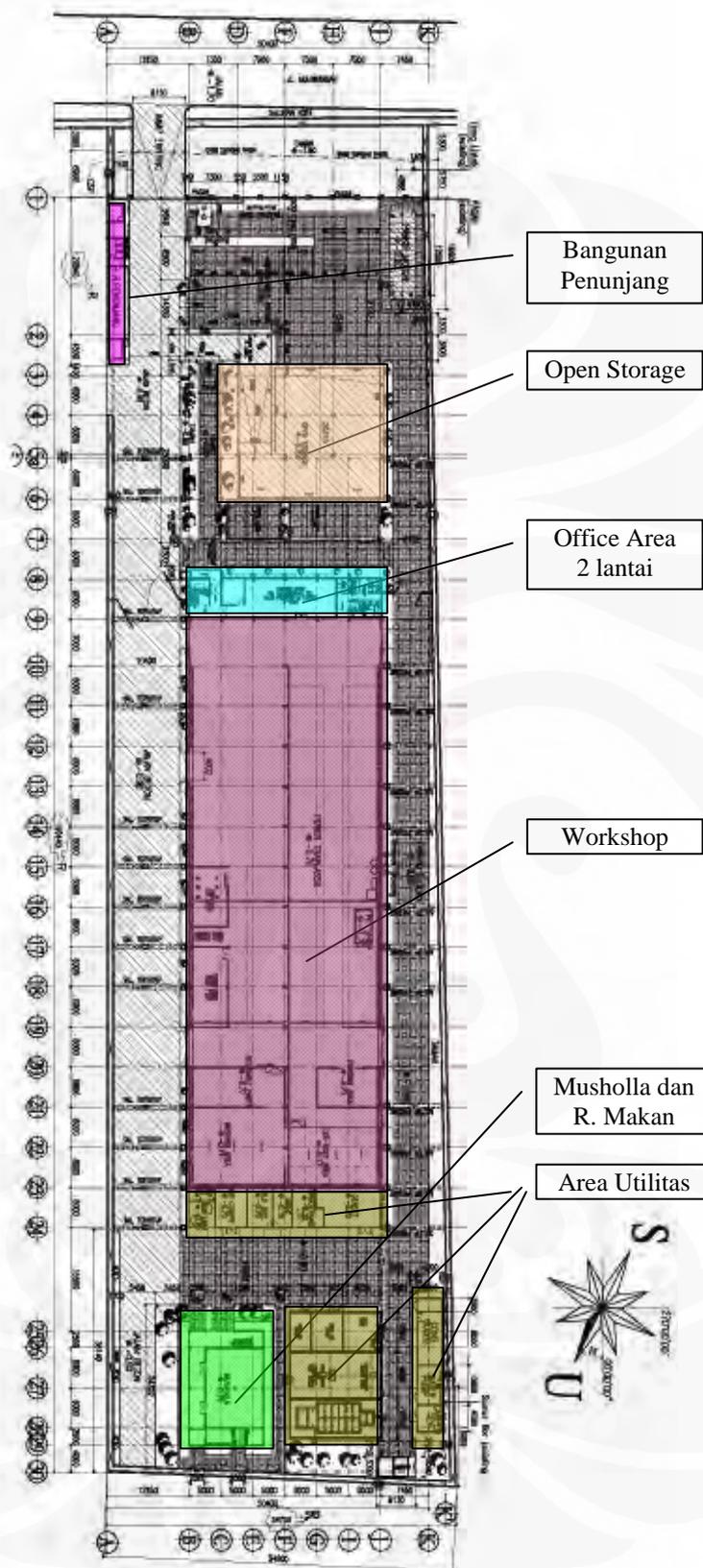
- 1) Pelayanan administrasi: office area 2 lantai.
- 2) Perakitan: spare part warehouse, power train assembly, axle assembly, wheel motor assembly, pit shop, hydraulic test bench, varnish liquid storage room, piston pump motor room dengan crane 1 ton, washing area, painting room, dis-assy area, reusable parts storage room.

- 3) Pelayanan pegawai: toilet, parkir, penanggulangan kebakaran, (musholla dan ruang makan di gedung yang terpisah)
- 4) Pelayanan pabrik: perlengkapan pergantian udara, perlengkapan pendingin udara, perlengkapan pembangkit listrik, ruang perlengkapan telepon, bengkel perawatan, compressor udara, tempat pengumpulan barang sisa, gudang kendaraan, perlindungan dari kebakaran (alat pemadam api, pipa air, perlengkapan, katup penyiram), tangga, perlindungan pabrik.

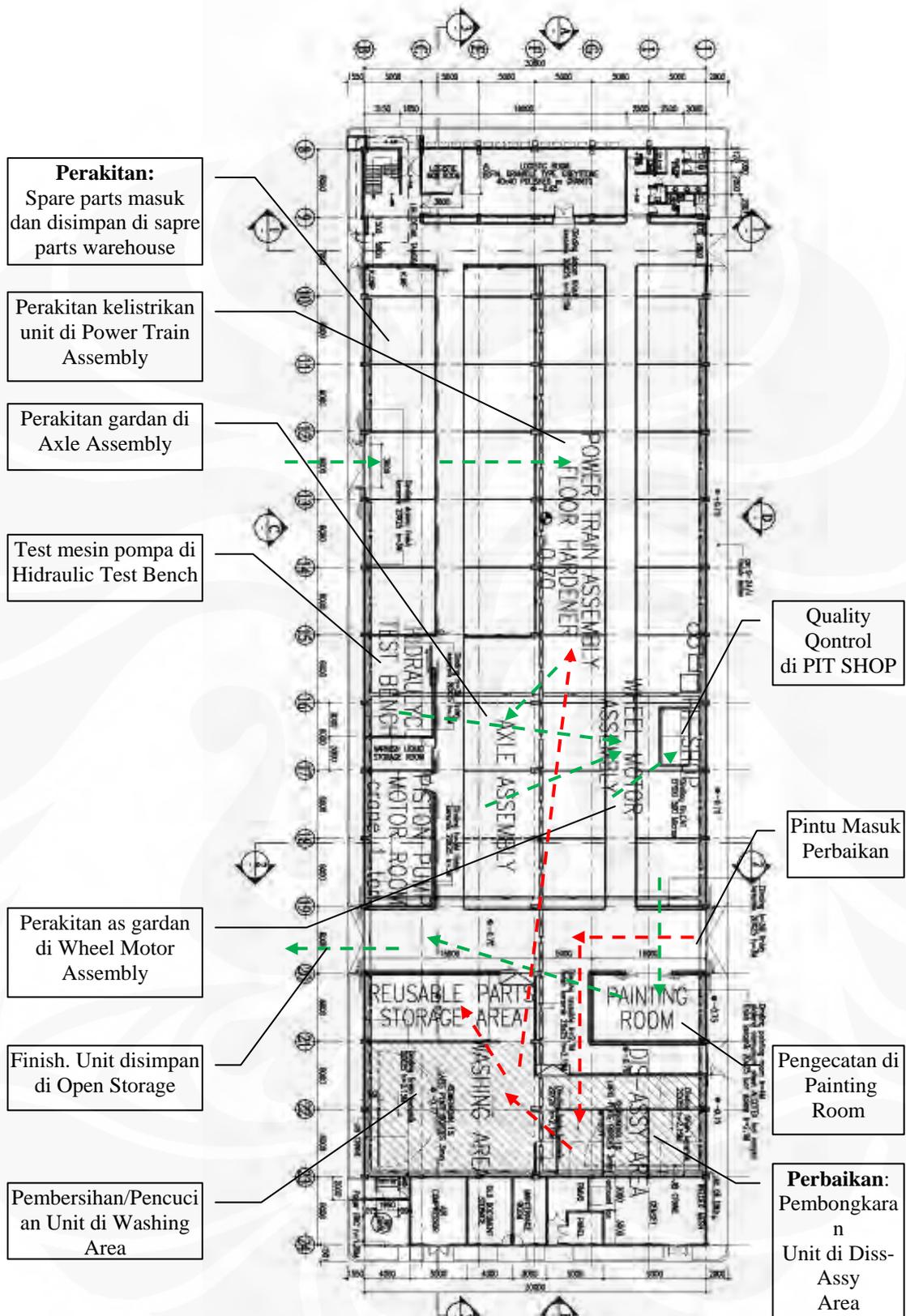
- Zoning

Peletakkan zoning setiap ruangan perlu menyesuaikan dengan aliran barang atau proses perakitan atau perbaikan alat berat sehingga ruangan mengalir dengan baik. Hubungan antar ruang yang mengalir membuat proses tersebut semakin efektif dan efisien.

Penggunaan lahan yang ada dibuat site plan yang efektif dan efisien sehingga tidak ada lahan yang sia-sia. Site dibuat dengan memperhatikan alur kegiatan yang ada. Dalam site itu terdiri dari bangunan utama berupa workshop, office yang digabung dengan workshop, bangunan utilitas, fasilitas, dan penunjang. Peletakkan masa bangunan juga memperhatikan rencana masa depan yang kemungkinan akan diperluas. Jadi, secara keseluruhan penggunaan lahan sudah efektif dan efisien.



Gambar 4.27. Site plan/zoning PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali



Gambar 4.28. Denah Workshop dan alur kegiatan PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan

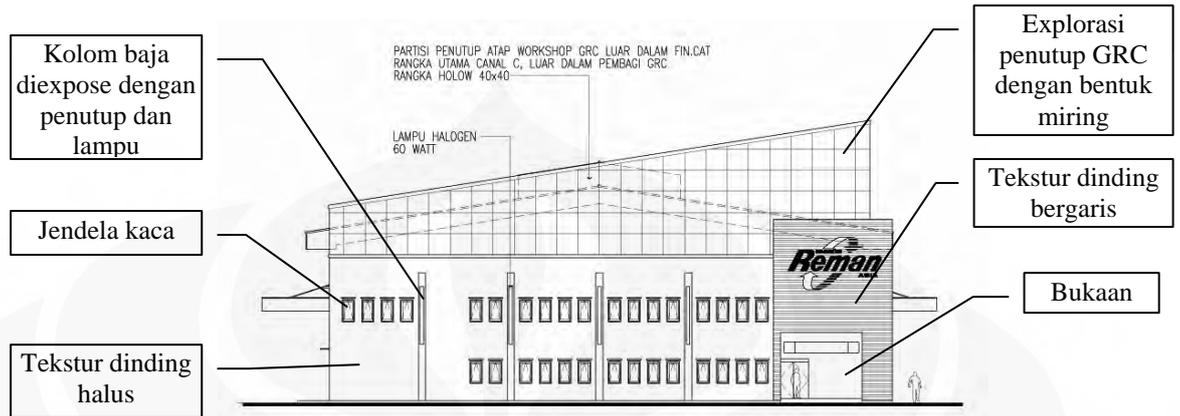
Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali

Dari ruangan-ruangan tersebut denah di area workshop di buat efektif dan efisien agar tidak mengeluarkan energi terlalu banyak. Dalam area workshop terdapat sirkulasi yang beraturan antara para pekerja, komponen alata berat, dan alat pengangkut komponen alat berat seperti forklift, crane, dan jib crane. Jalur sirkulasi dibuat lebih lebar agar sirkulasi aman, nyaman, dan tidak terganggu.

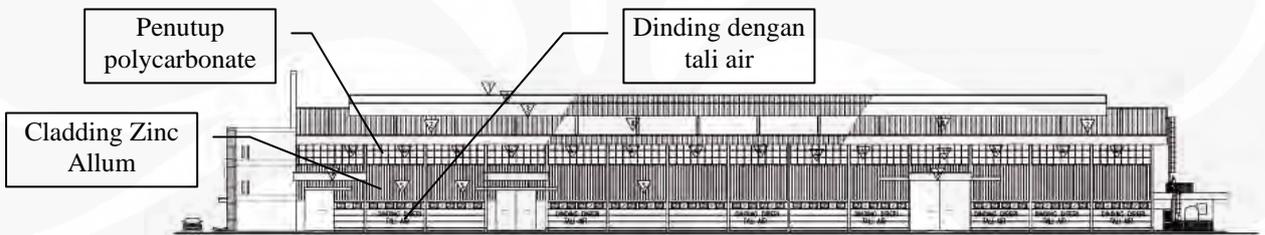
Area utilitas untuk mekanikal elektrikal ada yang gabung dengan area workshop dan yaitu ruang genset, travo, panel, maintenance, old document, compressor udara, dan tanki air. Namun, ada juga yang terpisah dengan bangunan workshop yang jaraknya tidak terlalu jauh seperti ground tank, tempat tanki dan drum bahan bakar, oil trap, garbage, cons good, pompa air, dan carpenter.

c. Fasade dan bentuk bangunan

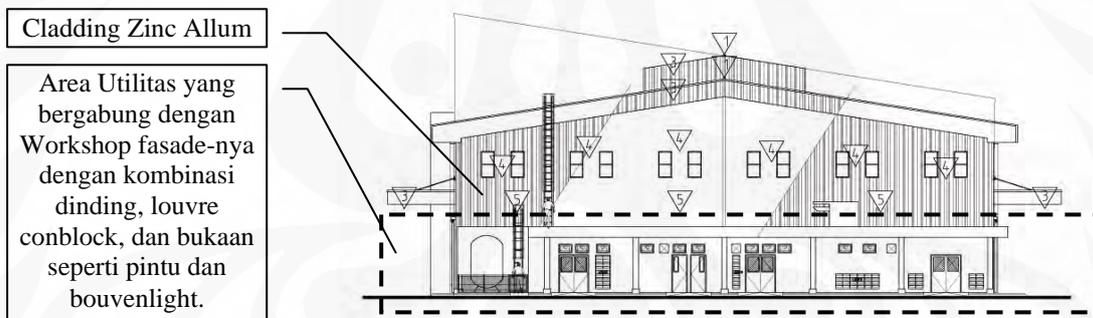
Dari jumlah lantainya bangunan workshop termasuk *high bay types* atau tipe bangunan dengan ketinggian atapnya yang tinggi. Oleh karena itu, bagian depan bangunan ini dipergunakan untuk office dua lantai. Bagian belakang ada bangunan utilitas 1 lantai. Dengan begitu, fasade dan bentuk bangunan dibuat sederhana dan disesuaikan dengan fungsinya. Pengolahan fasade terlihat pada bagian depan dengan perpaduan material dinding dan kaca, tekstur halus dan bergaris, expose kolom dengan penutup dan lampu, dan explorasi partisi GRC dengan bentuk dinamis. Untuk bagian kiri bangunan fasade dibentuk dari kombinasi cladding zinc alum, dinding dengan tali air, penutup polycarbonate, dan bouvenlight. Untuk bagian kanan bangunan fasade dibentuk dari kombinasi cladding zinc alum, dinding dengan tali air, penutup polycarbonate, bouvenlight, dan louvre conblock. Dengan efisiensi dan kejujuran material tersebut masih dapat memperoleh fasade dengan estetika yang indah.



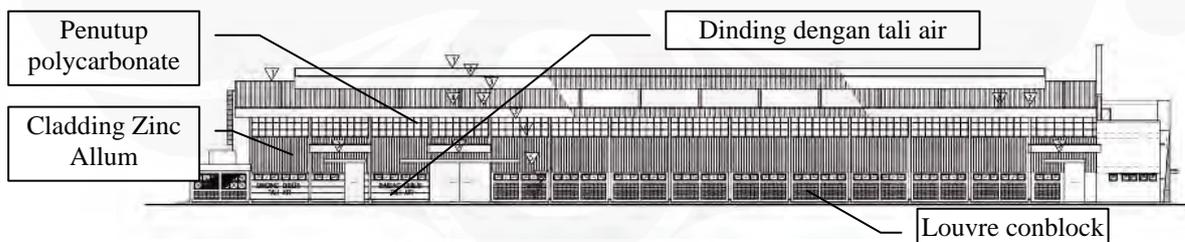
Gambar 4.29. Tampak Depan Workshop/Office PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali



Gambar 4.30. Tampak Samping Kiri Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali



Gambar 4.31. Tampak Belakang Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali



Gambar 4.32. Tampak Belakang Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan  
 Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali



Gambar 4.33. Perspektif Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007

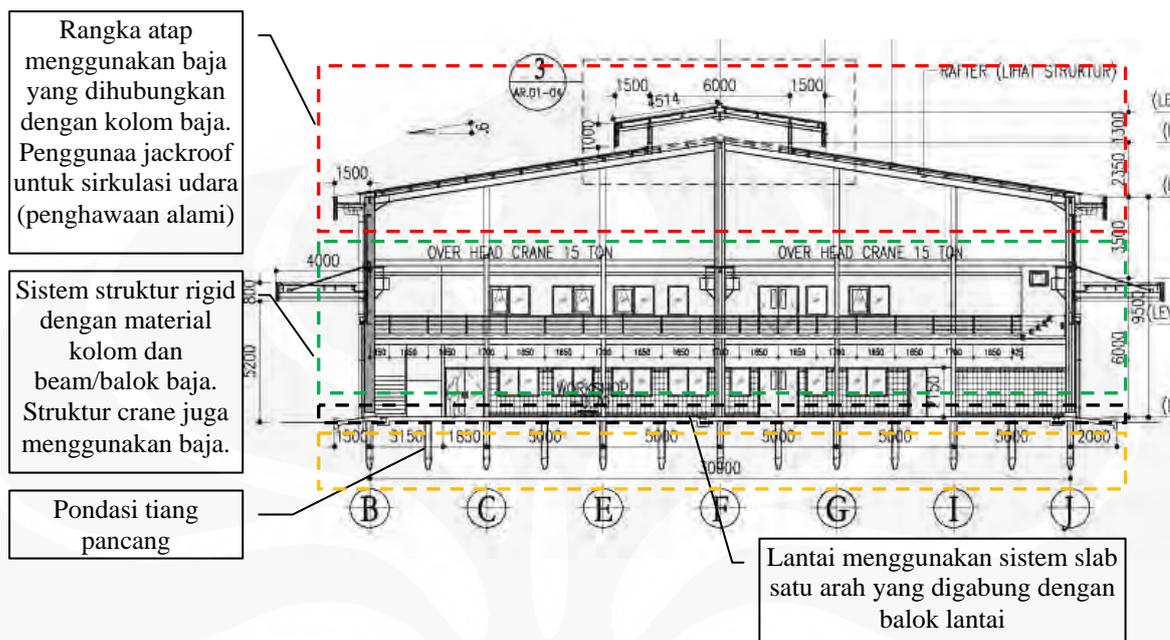
#### d. Pemilihan material bangunan

Dari segi material bangunan, workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan menggunakan material yang ramah lingkungan.

- *Flooring/lantai*: sebagian besar menggunakan floor hardener untuk menghemat biaya dan lebih awet mengingat digunakan untuk perakitan dan perbaikan alat berat.
- *Railing*: penggunaan railing pada bangunan untuk keamanan di area tangga utama menggunakan pipa hitam diameter 1", 1,5" dan 2" dengan finish cat duco.
- *Roofing*: atap menggunakan zinc aluminium dengan warna cocoa brown dengan insulasi mengingat terletak di daerah pantai yang sinar matahari nya panas.
- *Jendela*: semua kusen jendela menggunakan aluminium baik dengan material kaca maupun polycarbonate.
- *Pintu*: pintu sliding terbuat dari rangka baja CNP dan pita besi. Selain itu semua pintu menggunakan kusen aluminium dengan daun pintu dari kayu.
- *Dinding*: dinding terbuat dari batu bata dipleser, diaci, dan dicat. Selain itu, untuk area yang basah atau lembab dinding dilapis dengan keramik agar lebih awet.

### 3. Aspek Struktural

Dari segi struktur workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan menggunakan struktur yang efektif dan efisien dengan sistem struktur yang tepat dan material struktur yang sesuai. Struktur yang digunakan adalah sistem rigid karena memerlukan bentangan yang panjang. Untuk pondasi menggunakan tiang pancang dengan metode tekan/hidroulik. Lokasi di sekitar pantai lebih tepat dengan menggunakan pondasi tiang pancang dari pada bor pile. Hubungan antara kolom dengan tiang pancang menggunakan pile cap. Pile cap dihubungkan dengan kolom dengan pedestal. Kolom utama menggunakan baja WF. Untuk area office grid kolom 5mX6m dengan kolom WF tunggal maupun double. Ukuran area workshop grid kolom 15mX6m dan 15mX7m dengan kolom WF double. Kolom WF yang digunakan adalah WF 450, 400, 350, 250, dan 200. Balok menggunakan WF 450, 400, 350, 250, dan 200. Semua plat lantai memiliki ketebalan 20cm karena beban mati yang ditopang cukup besar. Untuk menopang plat lantai menggunakan tiem beam 35cmX60cm. Rangka atap menggunakan rangka baja rafter WF 300, 200, 150, gording CNP 150, trekstang  $\phi$ 12mm, dan ikatan angin  $\phi$ 16mm. Rangka atap di area workshop menggunakan baja WF dari pada siku yang dibentuk menjadi truss karena dinilai lebih efektif dan hemat biaya dengan bentangan yang cukup lebar yaitu 85mX30m. Untuk area office dan utilitas menggunakan atap beton. Dengan memakai sistem struktur dan perpaduan material seperti itu merupakan alternatif yang efektif dan efisien.



Gambar 4.34. Struktur Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali

#### 4. Aspek Mekanikal/Elektrikal

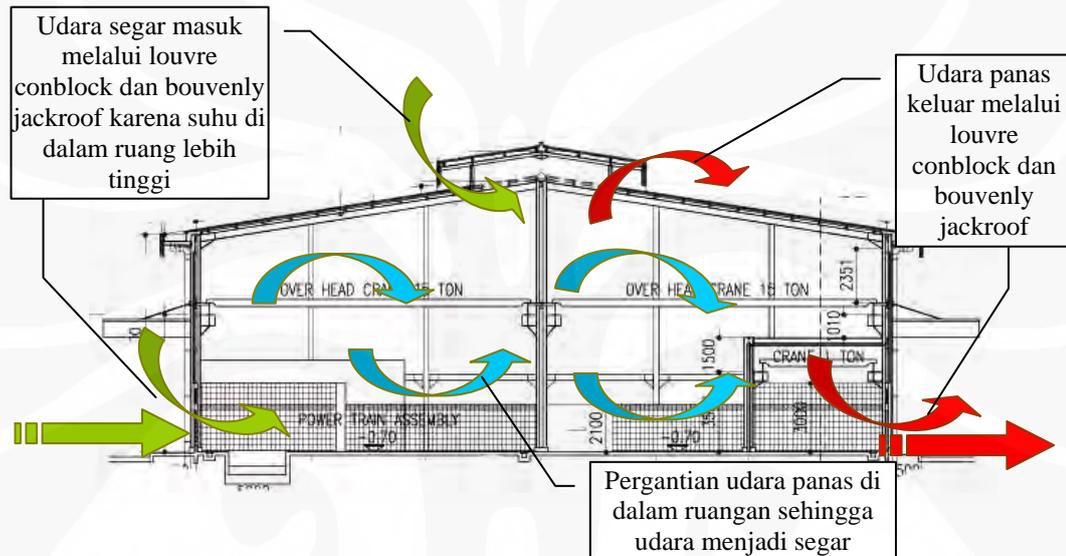
Dalam menentukan efisiensi yang dapat diterapkan harus memperhatikan syarat ruangan mesin-mesin produksi dan kegiatan produksi dari aspek mekanikal elektrikal agar produktivitas maksimal.

##### a. Efisiensi pada Penerangan Buatan

Sebenarnya cara paling hemat untuk masalah penerangan bangunan industri dengan pemanfaam energi alam berupa cahaya matahari untuk penerangannya. Namun, bentangan bangunan Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia terlalu lebar sehingga bagian tengah bangunan tidak terkena sinar matahari. Oleh karena itu, tidak dapat memanfaatkan cahaya alami untuk penerangan siang hari. Siang hari tetap menggunakan penerangan buatan untuk kegiatan industrinya. Jadi, dari aspek penerangan buatan, Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia belum menerapkan efisiensi dengan baik.

### b. Efisiensi pada Penghawaan Buatan

Efisiensi penghawaan udara yang ada pada area workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia sangat bagus karena memanfaatkan penghawaan udara alami dengan menggunakan kombinasi louvre conblock dan bouvenly dari bawah maupun sirkulasi udara dari bouvenly jackroof.



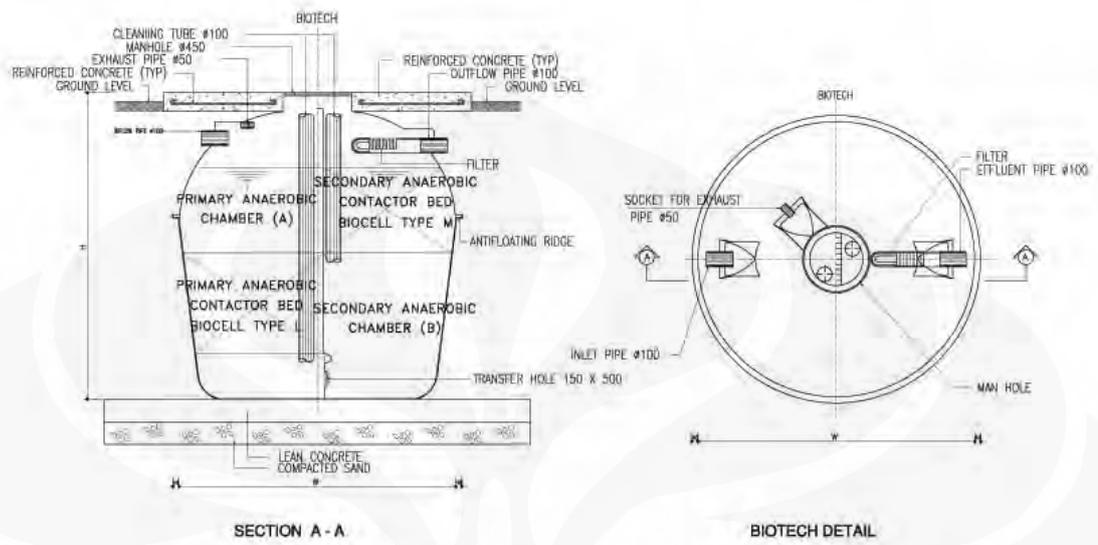
Gambar 4.35. Sirkulasi udara pada Workshop PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007, telah diolah kembali

### c. Efisiensi pada Sistem Sanitasi

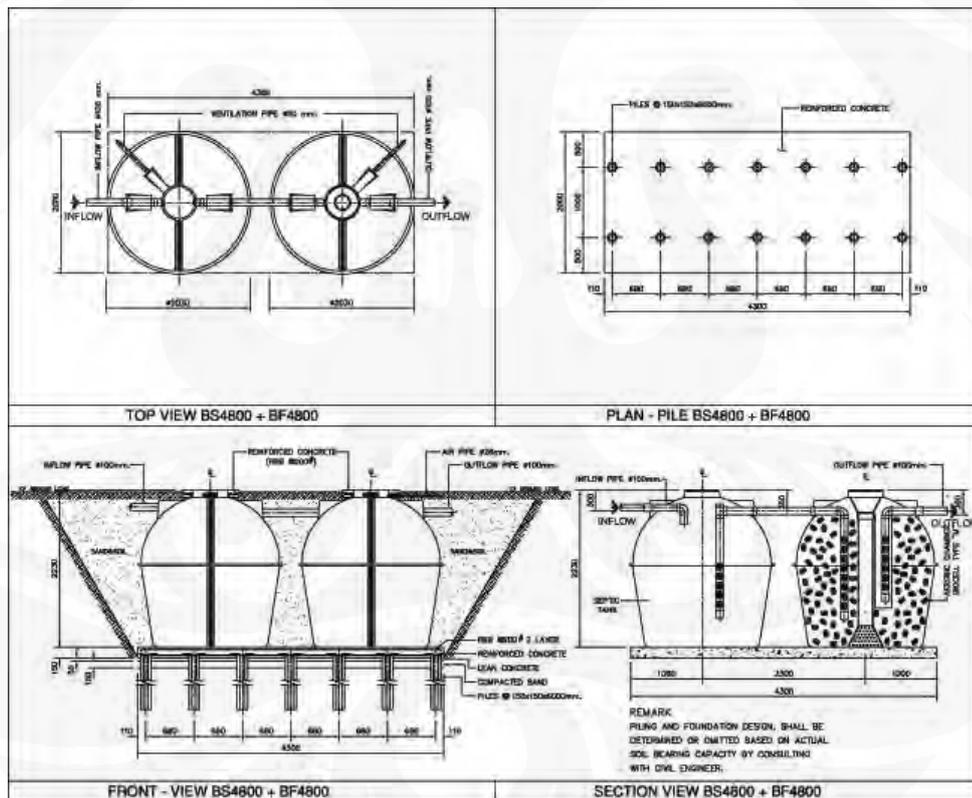
- Sistem penanganan air kotor.

PT Komatsu Remanufacturing Asia menggunakan 2 tipe biotect dalam menangani masalah limbah dari area toilet. Biotect merupakan septic tank dengan penyaring biologis (biological filter septic tank) berbahan fiberglass dirancang dengan teknologi khusus untuk tidak mencemari lingkungan, memiliki sistem penguraian secara bertahap, dilengkapi dengan sistem desinfektan, hemat lahan, antibocor atau tidak rembes, tahan korosi, pemasangan mudah dan cepat, serta tidak membutuhkan perawatan khusus.



Gambar 4.36. Biotect

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007

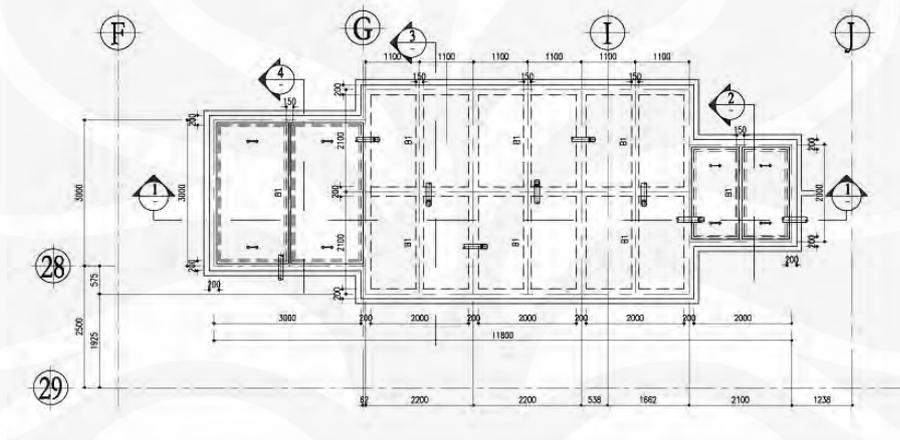


Gambar 4.37. Biotect tipe BS.4800-BF4800

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007

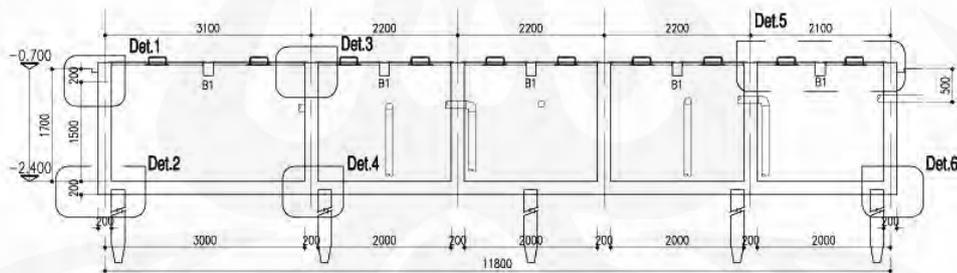
- Oil trap

PT Komatsu Remanufacturing Asia membutuhkan bahan bakar solar dan pelumas berupa oli yang lebih banyak dari pada PT Afixkogyo Indonesia. Oleh karena itu, agar tidak mencemari lingkungan perusahaan ini menggunakan oil trap yang lebih besar dan lebih banyak sekatnya.



Gambar 4.38. Denah Oil Trap KRA, Balikpapan

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007



Gambar 4.39. Potongan Oil Trap KRA, Balikpapan

Sumber: Arsip KRA Balikpapan, PT Angka Wijaya Kusuma, 2007

Prinsip oil trapnya sama seperti pada PT Afixkogyo Indonesia yaitu air yang tercemar bahan bakar dan pelumas masuk dari *in flow* ke bak pertama. Berat jenis air lebih besar dari berat jenis bahan bakar dan pelumas. Oleh karena itu, bahan bakar dan pelumas berada di atas air. Jika proporsi bahan bakar dan pelumas banyak maka masuk ke

bak ke dua namun tetap air berada di bawah. Begitu seterusnya sampai bak terakhir. Setiap bak bisa dibuka untuk mengambil bahan bakar dan pelumas yang berada di atas air. Di bak terakhir air keluar dari *out flow*. Air yang tercemar bahan bakar dan pelumas akan bersih setelah melewati oil trap dan bisa langsung dibuang ke saluran kota.

#### **4.3. Rangkuman**

Studi kasus di atas mencoba melihat penerapan efisiensi teknis pada bangunan industri. Ada dua bangunan industri yang dianalisis yaitu PT Afixkogyo Indonesia dan PT Afixkogyo Indonesia bergerak di bidang produksi stiker sedangkan PT Komatsu Remanufacturing Asia bergerak di bidang perakitan dan perbaikan alat berat untuk pertambangan. Dari kedua bangunan industri yang memiliki karakteristik berbeda di atas diharapkan mampu mewakili penerapan efisiensi teknis pada bangunan industri secara umum dan contoh penerapannya pada bangunan industri yang ada di Indonesia.

Efisiensi pada bangunan industri merupakan basis utama dalam efisiensi kegiatan industri. Tempat kegiatan yang efektif dan efisien dapat meningkatkan produktivitas pekerja sehingga mencapai hasil produksi yang maksimal. Berbagai cara diterapkan untuk mencapai efisiensi pada bangunan industri agar bangunan tersebut efektif dan efisien dengan ditandai dengan penghematan biaya pembangunannya, operasional, dan perawatannya serta hemat dalam penggunaan energi.

Dari studi kasus bangunan industri di atas, efisiensi teknis pada bangunan industri merupakan upaya teknis seperti ergonomi, arsitektural, struktural, dan mekanikal/elektrikal yang ditempuh untuk memperoleh bangunan industri yang efektif dan efisien dari segi penggunaan energi, biaya konstruksi, operasional, dan perawatannya.

##### **A. Efisiensi pada aspek ergonomi.**

Secara umum penerapan aspek ergonomi pada efisiensi bangunan industri dilihat dari posisi kerja para pegawai, proses kerja, tata letak, dan cara mengangkat beban. Apabila efisiensi pada aspek

ergonomi diterapkan dengan baik pada bangunan, maka pekerja akan merasa aman dan nyaman dalam melakukan pekerjaannya. Oleh karena itu, produktivitas pekerja meningkat dan perusahaan memperoleh hasil produksi yang maksimal.

Pada PT Afixkogyo Indonesia penerapan aspek ergonomi dapat dilihat dari posisi pekerja yang baik. Posisi yang ada pada PT Afixkogyo Indonesia yaitu posisi kerja berdiri dan duduk. Untuk memindahkan barang, PT Afixkogyo Indonesia hanya cukup menggunakan trolley dan rack screen karena barang yang dibawa cukup ringan sehingga cukup dengan tenaga manusia tanpa menyebabkan kelelahan.

Sedangkan penerapan aspek ergonomi pada PT Komatsu Remanufacturing Asia hanya terlihat pada cara mengangkat barang dengan menggunakan crane atau jib crane mengingat barang yang dipindahkan berupa komponen alat berat. Dengan bantuan alat pengangkat beban dapat mengatasi pemasalahan kekuatan manusia dalam mengangkat beban.

## B. Efisiensi pada aspek arsitektural

### 1. Pemilihan lokasi bangunan

Pemilihan lokasi bangunan merupakan langkah awal dalam menentukan efisiensi teknis pada bangunan industri pada aspek arsitektural. Lokasi yang menguntungkan dapat menghasilkan bangunan yang efektif dan efisien. Hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi bangunan industri antara lain letak dari pasar, letak dari sumber-sumber bahan mentah, terdapatnya fasilitas pengangkutan, supply dari buruh atau tenaga kerja yang tersedia, terdapatnya pembangkit tenaga listrik (power station), rencana masa depan, biaya dari tanah dan gedung, kemungkinan perluasan, terdapatnya fasilitas service, terdapatnya fasilitas pembelanjaan, water supply (persediaan air), tinggi rendahnya pajak dan undang-undang perburuhan, masyarakat di daerah itu (sikap, besar dan

keamanan), iklim, tanah, perumahan yang ada dan fasilitas-fasilitas lainnya.

Hal mendasar yang membedakan pemilihan lokasi pada studi bangunan industri di atas adalah PT Afixkogyo Indonesia memilih lokasi di pegunungan (Sukabumi) dan jauh dari keramaian karena banyak kualitas ruangan yang harus bebas debu untuk menghasilkan kualitas produk yang bagus. Dengan banyaknya tanaman di pegunungan akan mengurangi debu yang ada. Sedangkan PT Komatsu Remanufacturing Asia memilih lokasi di dekat pantai karena lebih dekat dengan pelabuhan dan bandara mengingat barang yang dirakit berasal dari Jepang. Pemilihan lokasi PT Komatsu Remanufacturing Asia di Kalimantan juga merupakan alternatif yang baik mengingat Pulau Kalimantan terdapat banyak jenis kegiatan pertambangan yang membutuhkan alat berat.

## 2. Perencanaan tapak bangunan

Dalam membuat perencanaan tapak bangunan industri yang baik harus memperhatikan proses kegiatan yang terjadi. Setelah mendata semua kegiatan yang ada, langkah selanjutnya adalah menentukan ruangan. Dalam menentukan ruangan tidak harus satu kegiatan diletakkan dalam satu ruangan khusus. Oleh karena itu, perlu mencari hubungan antar kegiatan dan mencari kegiatan-kegiatan yang dapat digabungkan dalam satu ruangan. Langkah terakhir adalah pembuatan zoning. Pembuatan zoning ini harus memperhatikan aliran barang pada proses kegiatan, hubungan antar kegiatan/ruang, rencana masa depan, dan lain-lain. Zoning yang baik mempunyai aliran kerja yang lurus dan hubungan antar ruangan mengalir. Perencanaan tapak bangunan industri akan baik jika semua hal di atas diterapkan dengan baik.

Kedua bangunan industri sebagai studi kasus di atas sudah menerapkan langkah-langkah tersebut dalam perencanaan tapak bangunan industri mereka. Hanya saja karakteristik kegiatan yang berbeda sehingga menghasilkan perencanaan yang berbeda pula.

### 3. Bentuk dan fasade bangunan

Efisiensi teknis pada bangunan industri dari segi bentuk bangunan dapat dilihat dari bentuk yang sederhana, simple, dan berprinsip *form follow function*. Kejujuran fasade bangunan dalam penggunaan material juga merupakan salah satu efisiensi teknis pada bangunan industri. Tidak ada penambahan biaya yang banyak untuk memperoleh bangunan yang artistik. Untuk memperoleh estetika yang indah tidak harus dengan fasade yang ramai dan penuh dengan dekorasi. Fasade yang bersih dan simple juga masih bisa memberikan kesan artistik. Hal yang paling penting pada fasade bangunan industri yaitu fasade yang menyelubungi bangunan tidak meneruskan panas ke dalam ruangan yang menyebabkan suhu ruangan menjadi panas.

Pada bangunan industri sebagai studi kasus di atas, keduanya memiliki bentuk yang sederhana dan simple dengan pengolahan fasade bangunan dengan perpaduan dinding bertekstur halus dan bergaris, bukaan jendela kaca dan bouvenly. Namun, pada PT Komatsu Remanufacturing Asia terlihat pada fasade-nya lebih banyak variasi penggunaan material sesuai dengan fungsi ruangan di dalamnya seperti penggunaan jendela polycarbonate, cladding zinc alum, dan louvre conblock.

### 4. Pemilihan material bangunan

Penggunaan material yang ramah lingkungan merupakan salah satu alternatif yang baik dalam mendirikan bangunan industri yang efisien. Kedua bangunan industri studi kasus di atas menggunakan material yang ramah lingkungan.

### C. Efisiensi pada aspek struktural

Efisiensi teknis pada bangunan industri dari segi struktural bukan berarti mengurangi kekokohan strukturnya. Kekokohan tetap menjadi acuan dalam efisiensi struktur. Efisiensi struktur yang dapat dilakukan antara lain dengan memilih sistem struktur yang tepat dengan tipe bangunan industri tersebut dan memilih material struktur yang

sesuai dengan sistem struktur yang digunakan dan tipe bangunan industri tersebut. Sistem struktur yang sederhana seperti rigid frame dapat menghemat biaya. Untuk bangunan yang bertingkat dan memiliki beban yang berat lebih efektif menggunakan material beton bertulang untuk kolom dan baloknya. Sedangkan untuk bangunan dengan bentangan yang lebar lebih efektif menggunakan material baja yang dimensinya lebih kecil dibanding dengan beton bertulang pada bentangan yang sama.

Pada bangunan studi kasus, keduanya menggunakan sistem struktur yang sama yaitu sistem rigid/rangka kaku karena sistem ini cukup sederhana dan tidak boros biaya. PT Afixkogyo Indonesia terdiri dari tiga lantai sehingga lebih tepat menggunakan kolom dan balok beton bertulang. Namun, pada atapnya menggunakan material baja. Perpaduan material beton dan baja ini menjadikan alternatif yang baik dalam efisiensi struktur. Pada PT Komatsu Remanufacturing Asia memiliki bentangan yang lebar sehingga lebih sesuai dengan material baja pada strukturnya.

#### D. Efisiensi pada aspek mekanikal/elektrikal

Efisiensi pada aspek mekanikal/elektrikal lebih ditekankan pada hal penggunaan energi dalam kegiatan industri. Energi terbesar yang digunakan dalam kegiatan industri adalah listrik. Jika bangunan industri menggunakan listrik terlalu boros dan tidak dapat dihemat, maka perusahaan akan membengkak biaya listriknya. Oleh karena itu konsep “*energy saving*” atau hemat energi merupakan alternatif yang tepat untuk menghemat energi. Penghematan listrik pada bangunan industri dapat diterapkan pada sistem penerangan dan penghawaan.

Penghematan listrik pada penerangan lebih maksimal dengan penggunaan pencahayaan alami yaitu sinar matahari. Namun, ada kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan pencahayaan alami antara lain lebarnya bentangan bangunan sehingga bagian tengah bangunan tidak terkena sinar matahari, penerangan extra pada ruangan atau mesin tertentu, dan kegiatan industri yang berlangsung selama 24 jam. Oleh

karena itu, pencahayaan buatan pada bangunan industri tetap diperlukan. Untuk menghemat energi listrik pada pencahayaan buatan, beberapa perusahaan menggunakan cara dengan menciutkan tingkat penerangan (intensitas) yang lebih besar dari pada yang diperlukan di semua tempat didalam dan diluar gedung misalnya dengan menurunkan ketinggian lampu, memakai lampu fitting (fixtures, luminaires) yang lebih efisien, melakukan pengendalian secara manual dan atau otomatis terhadap berbagai peralatan penerangan didaerah tertentu, dan melakukan perawatan secara teratur. Hal tersebut terlihat pada penerapan penghematan energi listrik untuk penerangan di PT Afixkogyo Indonesia. Sedangkan pada PT Komatsu Remanufacturing kurang baik dalam menerapkan efisiensi pada sistem penerangan mengingat bentangan bangunan Workshop lebar sehingga cahaya matahari tidak dapat menjangkau bagian tengah bangunan.

Seperti pada penerangan, penghematan listrik untuk penghawaan lebih maksimal dengan menggunakan penghawaan alami. Namun, ada kendala dalam menggunakan penghawaan alami yaitu ada ruangan yang tidak boleh terkena udara luar karena tekanan udara di dalam ruang harus stabil dan bebas dari debu yang terbawa udara luar. Oleh karena itu, penghawaan buatan perlu digunakan pada ruangan-ruangan tertentu. Ada beberapa cara untuk mengemat energi yang dikeluarkan untuk penghawaan buatan ini yaitu pendistribusian AC yang tepat, hindari udara keluar/masuk secara langsung, jangan membuat ruang terlalu dingin (sesuai dengan standar kenyamanan sekitar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), gunakan alat peredam panas pada mesin yang mengeluarkan panas, hindari kontak langsung dengan sinar matahari dengan jendela kaca film, gunakan freon dengan kapasitas tepat, hemat energi, dan ramah lingkungan seperti freon hidrokarbon, serta memilih AC yang memiliki kemampuan mendinginkan tinggi tetapi memerlukan energi paling sedikit. Dari kedua bangunan studi kasus di atas yang paling maksimal dalam melakukan penghematan listrik untuk

penghawaan yaitu PT Komatsu Remanufacturing Asia karena menggunakan penghawaan alami pada area workshop.

Hal yang penting juga yaitu efisiensi pada sistem sanitasi. Sanitasi yang buruk akan mencemari lingkungan yang akhirnya menambah biaya untuk memperbaiki lingkungan. Oleh karena itu, sistem sanitasi direncanakan dengan baik sesuai dengan kebutuhan bangunan industri tersebut agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Untuk pengolahan limbah dari area toilet, penggunaan biotect lebih efisien dari pada pembuatan WTP atau STP. Semua bangunan studi kasus menggunakan biotect walaupun dengan tipe yang berbeda. Untuk pengolahan sampah disesuaikan dengan sampah yang dihasilkan dari kegiatan industri yang ada. Penanggulangan pencemaran bahan bakar dan oli juga perlu diperhatikan jika memang diperlukan yaitu dengan menggunakan oil trap. Semua bangunan studi kasus menggunakan oil trap dengan jumlah dan lebar setiap bak berbeda.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Efisiensi teknis pada bangunan industri merupakan upaya perusahaan dalam menerapkan prinsip ekonomi pada bangunan sebagai tempat kegiatan industri. Strategi ini dilakukan karena efisiensi pada bangunan industri merupakan dasar dari segala efisiensi yang dapat dilakukan. Efisiensi pada bangunan industri dapat dilihat dari gaya bangunan seperti gaya modern yang sederhana, simple, bersih, dan fungsional. Selain itu, konsep bangunan hijau yang menekankan pada efektifitas sumber daya alam (air, udara, cahaya matahari, energi, dan material) juga mempengaruhi efisiensi pada bangunan industri. Konsep bangunan hijau dapat menghasilkan bangunan industri yang hemat energi, hemat biaya konstruksinya, hemat biaya operasional, dan hemat biaya dalam perawatannya. Jadi, secara umum efisiensi teknis pada bangunan industri merupakan upaya pada aspek teknis yang dilakukan perusahaan untuk menghasilkan bangunan yang hemat energi, hemat biaya konstruksinya, dan hemat biaya perawatannya.

Dari penjelasan efisiensi teknis pada bangunan industri di atas, aspek-aspek yang dapat diterapkan yaitu:

1. Dari segi fisik manusia yaitu aspek ergonomi. Kegiatan industri tidak dapat terlepas dari manusia sebagai karyawan atau pegawai. Untuk meningkatkan produktivitas perusahaan harus memperhatikan kenyamanan dan keamanan pegawainya. Efisiensi pada aspek ergonomi yang dapat dilakukan meliputi membuat posisi kerja senyaman mungkin, membuat area proses kerja sesuai dengan bentuk fisik manusia normal, dan mengusahakan pengangkutan barang sesuai dengan kekuatan manusia yang diizinkan saat bekerja agar tidak menimbulkan kelelahan bekerja.
2. Aspek arsitektural yang dapat diterapkan antara lain pemilihan lokasi bangunan, penentuan tapak bangunan atau site plan yang dimulai dari analisis tata letak atau aliran barang atau proses kegiatan industri, penentuan ruangan,

dan zoning, pembuatan fasade dan massa/bentuk bangunan industri, dan pemilihan material yang digunakan.

3. Aspek struktural yang dapat diterapkan dalam efisiensi bangunan industri meliputi kemudahan, akurasi, dan efisiensi. Kemudahan dalam menggunakan sistem struktur. Pada prinsipnya efisiensi struktur tidak mengurangi kekuatan struktur yang diperlukan. Perhitungan yang akurat pada kekuatan struktur tetap dipertahankan. Efisiensi pemilihan material struktur yang sesuai dengan sistem struktur yang digunakan.
4. Aspek mekanikal dan elektrikal meliputi efisiensi pada sistem penerangan, penghawaan, sanitasi, dan pemilihan mesin. Efisiensi pada aspek ini berhubungan dengan energi dan lingkungan di sekitarnya. Lebih efektif dan efisien dengan pemanfaatan energi alami seperti sinar matahari dan udara alami. Lingkungan yang bersih menyebabkan biaya pengendalian lingkungan dapat ditekan. Oleh karena itu, sistem sanitasi pada area bangunan industri harus diperhatikan seperti penanganan limbah, air kotor, sampah, bahan bakar, dan pelumas agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

Studi kasus pada PT Afixkogyo Indonesia dan PT Komatsu Remanufacturing Asia memperoleh kesimpulan yaitu:

1. Kedua perusahaan tersebut belum sepenuhnya menerapkan dengan baik efisiensi teknis pada bangunan industri. Oleh karena itu, tidak semua bangunan industri yang ada di Indonesia menerapkan efisiensi teknis dengan baik.
2. Pada aspek arsitektural, kedua bangunan memilih lokasi yang sesuai dengan kegiatannya sehingga memberikan keuntungan bagi perusahaan. Selain itu, dari perencanaan tapak, kedua bangunan juga sesuai dengan pola aliran barang/proses kegiatan industrinya dan site yang ada. Pada fasade dan bentuk bangunan, kedua bangunan tersebut mempunyai ciri khas bangunan industri yang fasadenya simple, bersih, dan fungsional serta dengan bentuk massa bangunan yang sederhana disesuaikan dengan fungsinya. PT Komatsu Remanufacturing Asia lebih banyak menggunakan variasi material daripada PT Afixkogyo Indonesia.

3. PT Afixkogyo Indonesia menggunakan struktur dengan kombinasi kolom beton dan atap baja sedangkan PT Komatsu Remanufacturing Asia hanya menggunakan kolom dan atap baja. Hal ini dikarenakan perbedaan jumlah lantai dan beban mati yang ditopang.
4. Penerapan efisiensi pada sistem penerangan PT Afixkogyo Indonesia lebih baik jika dibandingkan dengan PT Komatsu Remanufacturing Asia.
5. Pada PT Afixkogyo Indonesia banyak ruangan yang tidak boleh terkena udara luar karena harus bebas debu. Oleh karena itu, penggunaan penghawaan alami tidak dapat digunakan. Sedangkan pada PT Komatsu Remanufacturing Asia semua area workshop menggunakan penghawaan alami.

## DAFTAR REFERENSI

- Apple, James M. (1990). *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan edisi ketiga* (Ir. Nurhayati M.T. Mardiono, M.Sc., Penerjemah). Bandung: ITB Bandung.
- Chiles and Company, Inc. (2005, Agustus 1). *Real estate terms*. November 12, 2008. [http://www.chilesandco.com/re\\_terms.html](http://www.chilesandco.com/re_terms.html)
- Ching, F.DK.,. (1987). *Interior design illustrated*. New York: Von Nostrand Reinhold Company.
- Company profile* (n.d.). November 30, 2008. <http://www.unitedtractors.com/>
- Departemen Pekerjaan Umum. (1998). *Keputusan menteri pekerjaan umum nomor: 441/kpts/1998 tentang persyaratan teknis bangunan gedung*.
- Drury, Jolyon. (1986). *Factories: planning, design, and modernisation*. London: The Architectural Press Ltd.
- Hindarto, M. Probo. (2006, Maret). *Gaya arsitektur modern di Indonesia*. November 13, 2008. <http://astudioarchitect.com/2008/08/gaya-arsitektur-modern-di-indonesia.html>.
- Irawan, Bayu Satria. (2007, Maret 11). *Plant layout/facilities layout*. November 14, 2008. <http://bysatria.wordpress.com/2007/03/11/plant-layout-facilities-layout/>
- Joga, Nirwono. (2008, Mei 29). *Bangunan hijau, hemat dan ramah lingkungan*. Oktober 24, 2008. <http://www.kompas.com/read/xml/2008/05/29/14062635/bangunan.hijau.hemat.dan.ramah.lingkungan>.
- Juwana, Ir. Jimmy S., MSAE. (2005). *Panduan sistem bangunan tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Kunaifi. (2008, Agustus 10). *Atasi biaya listrik industri dengan program energi atau energy management program a solution for industrys electricity costs*. Oktober 27, 2008. <http://kunaifi.wordpress.com/2008/08/10/atasi-biaya-listrik-industri-dengan-program-energi-managemen-energy-management-program-a-solution-for-industrys-electricity-costs/>
- Neufert, Peter and Ernst. (2002). *Data arsitek jilid 2* (Dr.-Ing. Sunarto Tjahjadi dan Dr. Ferryanto Chaidir, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- PT Angka Wijaya Kusuma. (2007). *Arsip Proyek PT Komatsu Remanufacturing Asia, Balikpapan*.

- PT Angka Wijaya Kusuma. (2008). *Arsip Proyek PT Afixkogyo Indonesia – Prima, Sukabumi..*
- Pusat Kesehatan Kerja Departemen Kesehatan RI (n.d.). *Ergonomi*.
- Sanders, Ms. and Mc. Cormick, Ernest J., (1992). *Human factors in engineering and design*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Schodek, Daniel L. *Struktur edisi kedua* (Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc., Penerjemah). Jakarta: Erlangga, 1999.
- Sekilas tentang Ergonomi (n.d.). 2008, Agustus 21. <http://www.pinginpintar.com>.
- Setiadi, Eveline. (2004, Januari 15). *Insulasi, pilhan wajib untuk kenyamanan hidup masa kini*. November 19, 2008. <http://64.203.71.11/kompas-cetak/0401/15/metro/798269.htm>
- Setiadi, Tjandra. (2008, Januari 2) *Pengelolaan limbah industri*. Oktober 24, 2008. <http://majarimagazine.com/2008/01/teknologi-pengolahan-limbah-b3/> SK Menteri Perindustrian No.19/M/I/1986.
- Sutalaksana, et al. (1979). *Teknik tata cara kerja*. Bandung: Jurusan TI – ITB.
- U.S. Green Building Council (n.d.). (1996). *Sustainable building technical manual: green building design, construction, and operations*. USA: Public Technology, Inc.
- United State Federal Government. (n.d.). November 12, 2008. <http://law.justia.com/us/cfr/title40/40-30.0.1.1.17.html>
- Yanur, Fadli. (2008, Februari 5). *Manajemen produksi*. November 11, 2008. <http://fadliyanur.blogspot.com/manajemen-produksi/>

## Daftar Lampiran

## Lampiran 1.

Tabel 1. Kebutuhan Sanitar pada Bangunan Industri  
 Sumber: Data Arsitek Jilid 2, Ernst and Peter Neufert, terj. 2002

Jumlah pegawai	Laki-laki						Wanita				
	Closet	Urinal	Wastafel	Penambahan closet	Penambahan urinal	Jumlah pegawai	Closet	Wastafel	Penambahan closet	Tempat sampah	Sink
10	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1
25	2	2	1	1	1	20	2	1	1	1	1
50	3	3	1	1	1	35	3	1	1	1	1
75	4	4	1	1	2	50	4	2	2	1	1
100	5	5	2	1	2	65	5	2	2	1	1
130	6	6	2	2	2	80	6	2	2	1	1
160	7	7	2	2	2	100	7	2	3	1	1
190	8	8	2	2	3	120	8	3	3	1	1
220	9	9	3	3	3	140	9	3	4	1	1
250	10	10	3	3	4	160	10	3	4	1	1

Dari tabel di atas ada beberapa catatan yaitu:

- a. Untuk jumlah pekerja 10 orang diizinkan penggunaan 1 closet untuk 5 pegawai.
- b. Area toilet tidak lebih untuk ketentuan jumlah pegawai. Maksimal satu area 250 orang untuk laki-laki dan 160 orang untuk perempuan.
- c. Di ruang depan area toilet ada tempat penyimpanan obat-obatan dan sabun untuk persediaan.

## Lampiran 2.

Tabel 2. Dampak pembangunan terhadap lingkungan  
 Sumber: U.S. Green Building Council, Public Technology, Inc., 1996

Aspek Lingkungan	Konsumsi	Efek Lingkungan	Efek Terakhir
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi</li> <li>• Desain</li> <li>• Konstruksi</li> <li>• Operasional</li> <li>• Perawatan</li> <li>• Renovasi</li> <li>• Dekonstruksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energi</li> <li>• Air</li> <li>• Material</li> <li>• Sumber Daya Alam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sampah/sisa</li> <li>• Polusi udara</li> <li>• Polusi air</li> <li>• Polusi indoor</li> <li>• Suhu</li> <li>• Angin</li> <li>• Suara bising</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesehatan manusia</li> <li>• Degradasi lingkungan</li> <li>• Berkurangnya sumber daya alam</li> </ul>