

**EFISIENSI TEKNIS ALUR PRODUKSI
PADA PT. INDUSTRI KERETA API MADIUN**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RIDZKI MUHAMMAD HISYAM SYARIF
NIM. 135060507111045**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**EFISIENSI TEKNIS ALUR PRODUKSI
PADA PT. INDUSTRI KERETA API MADIUN**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**RIDZKI MUHAMMAD HISYAM SYARIF
NIM. 135060507111045**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 18 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur


Dr. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing


Ary Deddy Putranto, ST., MT.
NIP 201106 820107 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan saya bersedia Skripsi/Tesis/Disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 04 Desember 2018

Mahasiswa,



Ridzki Muhammad Hisyam Syarif

NIM. 135060507111045



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 1226/JUN10.F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

RIDZKI MUHAMMAD HISYAM SYARIF

Dengan Judul Skripsi :

EFISIENSI TEKNIS ALUR PRODUKSI PADA PT. INDUSTRI KERETA API MADIUN

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 19 Desember 2018



Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT
NIP. 19730525 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001

KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsftub@ub.ac.id



**LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Ridzki Muhammad Hisyam Syarif
NIM : 135060507111045
Judul Skripsi : Efisiensi Teknis Alur Produksi Pada PT. Industri Kereta Api Madiun
Dosen Pembimbing : Ary Deddy Putranto, ST., MT.
Periode Skripsi : Semester Ganjil 2018-2019
Alamat Email : ayibhisyam95@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
19 Desember 2018	1	13%	
	2		
	3		

Malang, Desember 2018
Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ary Deddy Putranto, ST., MT.
NIP. 201106 820107.1 001

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas dan Sertifikat Bebas Plagiasi

PERUNTUKAN

*Skripsi ini saya tujukan untuk
kedua orang tua yang saya sayangi.
Terimakasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan.*



RINGKASAN

RIDZKI MUHAMMAD HISYAM SYARIF, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Efisiensi Teknis Alur Produksi Pada PT. Industri Kereta Api Madiun*, Dosen Pembimbing: Ary Deddy Putranto, ST., MT.

PT. Industri Kereta Api adalah perusahaan manufaktur dengan produksi kereta api yang menjadi potensi bangsa dengan produk yang membanggakan. Berbagai produk yang diproduksi PT. INKA telah beroperasi di berbagai belahan dunia. Perusahaan seperti PT. INKA tentunya perlu ada jaminan kelangsungan pesanan dengan maksud produksi tersebut harus fokus dan konsisten, namun dalam produksinya perusahaan tersebut memiliki kecepatan produksi yang lambat. Kecepatan produksi yang lambat tersebut berpengaruh pada keterlambatan jadwal pengiriman yang tidak sesuai dengan kontrak.

Tahun 2018 PT. INKA mengalami keterlambatan yang terjadi pada beberapa kereta karena unit tersebut belum selesai. Ditandai dengan keterlambatan pengiriman pertama sebanyak 50 unit kereta permintaan pemerintah Bangladesh pada bulan Oktober 2018 dan diperkirakan terlaksana pada bulan November 2018 sebanyak 18 unit. Selain itu keterlambatan juga terjadi di tahun yang sama untuk *Light Rail Transit (LRT)* Palembang dengan target penyelesaian pada bulan Maret 2018. Nyatanya pengiriman dimulai pada bulan April 2018 sebanyak dua *trainset* dan hingga bulan Oktober 2018 hanya tujuh dari delapan *trainset* yang beroperasi.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alur produksi PT. INKA menjadi efisien dengan perencanaan dan perancangan tata letak bangunan agar tingkat keterlambatan produksi dapat berkurang sehingga jumlah pesanan dan target pengiriman dapat dilakukan sesuai persetujuan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif deskriptif dengan analisis tata letak bangunan menggunakan *systematic layout planning (SLP)*. Analisis dilakukan pada tata letak bangunan eksisting dan disesuaikan dengan pengaturan dan penataan tata letak bangunan yang sesuai dengan alur produksi. Hasil analisis tersebut memberikan tata letak yang efisien dari alur produksi hingga perpindahan barang.

Penggunaan *systematic layout planning* tersebut mampu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi PT. INKA dengan kecepatan produksinya. Tata letak bangunan yang efisien tentunya akan mempercepat dan memungkinkan penambahan unit produksi perhari. Dengan penyesuaian tersebut, PT. INKA mampu memproduksi dua sampai tiga kereta dalam sehari. Jadi dalam jangka waktu satu tahun PT. INKA mampu memproduksi sedikitnya 720 unit kereta. Jika hal tersebut dapat dilaksanakan maka PT. INKA mampu menyelesaikan proyek yang dikerjakan di tahun 2018 diantaranya 250 unit kereta Bangladesh, 186 unit kereta Jabodebek, dan 438 unit kereta yang dipesan PT. KAI selambat-lambatnya dalam waktu satu setengah tahun.

Kata kunci: tata letak bangunan, alur produksi, *systematic layout planning (SLP)*

SUMMARY

Ridzki Muhammad Hisyam Syarif, *Departmen of Architecture, Faculty of Engineering, University of Braijaya, December 2018, Technical Efficiency of The Production Flow at PT. Industri Kereta Api Madiun, Academic Supervisor: Ary Deddy Putranto, ST., MT.*

PT. Industri Kereta Api is a manufacturer of company that produce trains which is potential of the nation with proud products. Various products produced by PT. INKA has operated in many country. Companies like PT. INKA surely needs a continuity guarantee of orders which means the production need to be focused and consistent, however the company have a slow production speed. Slow production speed can affect to shipping schedule that can be late or delayed and not consistent to the schedule.

In 2018 some of the trains that produce in PT. INKA had delayed because some unit are not finished. It can be noticed by the delivery delay of the first 50 units demanded by the Bangladesh government in October 2018 and estimated to be shipped out in November with 18 units. Furthermore, the delay also occured in the same year for the Palembang LRT (light Rail Transit) with a completion target in March 2018. In fact, the shipment starts in April 2018 with two trainset and until October 2018 only seven from eight trainset that can operated.

The result of the research is to make flow production in PT. INKA more efficient with layout planning and design that can reduce delayed shipping schedule so the number of orders and delivery targets can be done according to the agreement. The research method used is descriptive qualitative research with building layout analysis using systematic layout planning (SLP). The analysis is focused on the layout of the existing building and adjusted to the arrangement of the building layout that in accordance with the production flow. The result of the analysis provide a layout tht is efficiently seen through the production flow to the movement of items.

The speed production problems in PT. INKA is able to solve with the use of systematic layout planning. The efficient layout will certainly accelerate and allow the addition of production units per day. With these adjusments, PT. INKA is able to produce two to three trains in a day. Within one year PT. INKA is able to produce at least 720 train units, then PT. INKA is able to complete the projects in 2018 including 250 Bangladesh train units, 186 Jabodebek train units, and 438 units ordered by PT. KAI in one and a half years.

Keywords: layout plan, flow production, systematic layout planning (SLP)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Efisiensi Teknis Alur Produksi Pada PT. Industri Kereta Api Madiun*”. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.) pada Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Dalam penulisan skripsi ini, Penulis selalu mendapatkan bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yth. Bapak Ary Deddy Putranto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya, tenaga dan pikirannya untuk membimbing Penulis dalam penulisan skripsi ini. Selain pembimbing Penulis juga ingin mengucapkan banyak rasa terima kasih kepada:

1. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Nuhfil Hanani AR., MS., selaku Rektor Universitas Brawijaya;
2. Yth. Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya;
3. Yth. Bapak Dr. Eng. Herry Santosa, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya;
4. Yth. Bapak Ir. Heru Sufianto, M. Arch.St, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur Universitas Brawijaya;
5. Yth. Bapak Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA., selaku Kepala Laboratorium Dokumentasi Dan Tugas Akhir Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya;
6. Yth. Ibu Eryani Nurma Yulita, ST., MT., M.Sc., selaku Dosen Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya;
7. Yth. Bapak Iwan Wibisono, ST., MT., selaku Dosen Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya;

8. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya;
9. Seluruh Staf dan Karyawan PT. INKA Madiun, Bu Nursasi, Pak Inggit, Pak Surata;
10. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
11. Ketiga kakak yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini;
12. Teman-teman mengerjakan skripsi bersama, Zihni, Agung, Onat, Dwiky, Merdi;
13. Teman-teman Teknik Industri Universitas Brawijaya, Aris Yanuar dan Raditya Yogas;
14. Teman-teman nongkrong, Rijal, Rizky Singo, Gilang, Dimas, Ageng, Cimon, Mufrida, Adi, Dwi Ciptadi, Rizal Fahim, Guido;
15. Teman-teman Arsitektur angkatan 2013.

Akhirnya, Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan Penulis mohon maaf, dengan besar harapan semoga skripsi yang ditulis oleh Penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi Penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini semoga segala amal dan kebbaikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa.

Malang, 20 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Tujuan	4
1.6. Manfaat	4
1.7. Kerangka Pemikiran	5
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pengertian Bangunan Industri.....	7
2.2. Jenis Bangunan Industri.....	7
2.3. Ketentuan Teknis Bangunan Industri	10
2.4. Perencanaan Bangunan Industri Secara Umum.....	13
2.4.1. Penentuan Lokasi Bangunan Industri	14
2.4.2. Site Plan.....	15
2.4.3. Perencanaan Ruang.....	15
2.4.4. Perencanaan Bangunan.....	16
2.4.5. Produksi	16
2.5. Perencanaan Tata Letak dan Fasilitas Bangunan Industri	17
2.6. Efisiensi Dalam Produksi.....	23
2.7. Bagian-bagian Kereta	24
2.7.1. Carbody	25
2.7.2. Bogie.....	26
BAB III	
METODE PENELITIAN	29
3.1. Jenis Penelitian	29
3.2. Fokus Penelitian.....	29
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.3.1. Lokasi penelitian	30
3.3.2. Waktu penelitian.....	30
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	30
3.4.1. Data primer	30
3.4.2. Data sekunder	31
3.5. Variabel Penelitian.....	31
3.6. Instrumen Penelitian	31
3.7. Analisis Data.....	32
3.7.1. Penyajian Data.....	32
3.7.2. Standar dan peraturan	33
3.7.3. Diagram Alur (<i>Flow Chart</i>).....	33

3.7.4.	Studi Perbandingan (Komparatif)	33
3.7.5.	Reduksi data	33
3.7.6.	Penarikan kesimpulan	33
BAB IV		
HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Objek Penelitian	35
4.1.1.	Tapak dan Layout.....	35
4.1.2.	Zoning	39
4.2.	Fungsi Bangunan Produksi.....	41
4.2.1.	Inventory atau Storage	41
4.2.2.	Fabrikasi	41
4.2.3.	Finishing.....	46
4.3.	Aspek Teknis PT. INKA	53
4.3.1.	Struktur Bangunan.....	53
4.3.2.	Sarana Jalan Masuk dan Keluar	55
4.3.3.	Alat Angkut	55
4.3.	Produksi.....	58
4.3.1.	Strategi dan Proses Produksi PT. Industri Kereta Api	58
4.3.2.	Sistem Produksi Menurut Aliran Operasi	59
4.3.3.	Alur Produksi	61
4.4.	Analisis Teknis Bangunan Industri PT. INKA.....	66
4.4.1.	Zoning	66
4.4.2.	Penyediaan Tempat Parkir dan Bongkar Muat	67
4.5.	Analisis Alur Produksi PT. INKA Menggunakan Metode SLP	69
4.5.	Hasil Analisis.....	95
4.5.1.	Tata Letak Bangunan	96
4.6.	Rekomendasi	102
4.6.1.	Tata letak bangunan (<i>layout</i>) dan alur produksi.....	102
4.6.2.	Storage	104
4.6.3.	<i>Primer Painting Underframe</i>	107
4.6.4.	<i>Workstation</i> pengecatan	109
4.6.5.	Penambahan <i>workstation</i> perakitan	111
4.6.6.	Penambahan Tambangan di Timur	113
4.6.7.	Zoning	114
BAB V		
KESIMPULAN DAN SARAN		115
5.1.	Kesimpulan.....	115
5.2.	Saran	116
DAFTAR PUSTAKA		117
LAMPIRAN.....		119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Kerangka Pemikiran.....	5
Gambar 2. 1. Potongan Bangunan Industri yang Tidak Bertingkat.....	9
Gambar 2. 2. Diagram Kegiatan Produksi Secara Umum.....	17
Gambar 2. 3. Diagram Suatu Bangunan Industri.....	18
Gambar 2. 4. Bottleneck.....	19
Gambar 2. 5. Contoh Flow Diagram Richard Muther.....	20
Gambar 2. 6. Simbol Aktifitas.....	20
Gambar 2. 7. Cara Penggambaran.....	21
Gambar 2. 8. Detail Layout Planning dengan SLP.....	22
Gambar 2. 9. Contoh Relationship Diagram.....	22
Gambar 2. 10. Keterangan Simbol dan Cara Penggambaran.....	23
Gambar 2. 11. Bagian Umum Kereta.....	25
Gambar 2. 12. Contoh Kereta Penumpang.....	26
Gambar 2. 13. Underframe.....	26
Gambar 2. 14. Bogie.....	27
Gambar 2. 15. Sistem Pengereman dan Suspensi.....	27
Gambar 4. 1. Kawasan PT. INKA.....	35
Gambar 4. 2. Site Plan Eksisting.....	36
Gambar 4. 3. Layout Eksisting.....	37
Gambar 4. 4. Perkembangan PT. INKA dari Tahun ke Tahun.....	38
Gambar 4. 5. Zoning PT. INKA.....	40
Gambar 4. 6. Bangunan Storage.....	41
Gambar 4. 7. Layout Ruang PPL.....	42
Gambar 4. 8. Bagian Bogie dan Underframe.....	43
Gambar 4. 9. Layout Gedung Serbaguna.....	44
Gambar 4. 10. Layout Gedung Lokomotif.....	44
Gambar 4. 11. Layout Perakitan.....	45
Gambar 4. 12. Layout Perakitan Barat.....	45
Gambar 4. 13. Layout Perakitan Timur.....	45
Gambar 4. 14. Komponen Carbody Assembly.....	46
Gambar 4. 15. Layout Grit Blasting.....	47
Gambar 4. 16. Layout Primer Paint Bogie.....	47
Gambar 4. 17. Layout Primer Painting Underframe.....	48
Gambar 4. 18. Layout Sand Blasting.....	48
Gambar 4. 19. Layout Carbody Repair.....	49
Gambar 4. 20. Layout Pengecatan Akhir.....	49
Gambar 4. 21. Layout Permesinan.....	50
Gambar 4. 22. Layout Pemasangan Komponen.....	50
Gambar 4. 23. Layout Water Test.....	51
Gambar 4. 24. Layout Quality Insurance.....	52
Gambar 4. 25. Tampak Bangunan Single Story.....	53
Gambar 4. 26. Tampak Bangunan High Bay and Monitor Types.....	54
Gambar 4. 27. Contoh Detail Bangunan.....	54
Gambar 4. 28. Sarana Jalan Masuk dan Keluar.....	55
Gambar 4. 29. Forklift.....	56
Gambar 4. 30. Tambangan.....	56
Gambar 4. 31. Tower Crane.....	57

Gambar 4. 32. Overhead Crane	57
Gambar 4. 33. Zwiweg.....	58
Gambar 4. 34. Strategi dan Proses Produksi PT. INKA	59
Gambar 4. 35. Sistem Produksi PT. INKA.....	60
Gambar 4. 36. Alur Fabrikasi	60
Gambar 4. 37. Alur Finishing	61
Gambar 4. 38. Kereta Bangladesh	62
Gambar 4. 39. Interior Kereta Bangladesh	62
Gambar 4. 40. Alur Produksi Kereta Bangladesh.....	63
Gambar 4. 41. LRT	64
Gambar 4. 42. Alur Produksi LRT	65
Gambar 4. 43. Zoning Berdasarkan Ukuran Produksi.....	67
Gambar 4. 44. Aksesibilitas di Gerbang Selatan	68
Gambar 4. 45. Alur Produksi Kereta Eksisting	69
Gambar 4. 46. Alur Produksi LRT Eksisting	70
Gambar 4. 47. Flow Analysis Kereta di PT. INKA.....	72
Gambar 4. 48. Flow Analysis LRT	73
Gambar 4. 49. Relationship Chart	74
Gambar 4. 50. Relationship Diagram Kereta di PT. INKA.....	77
Gambar 4. 51. Ketidaksesuaian Alur Produksi Eksisting.....	78
Gambar 4. 52. Relationship Diagram LRT di PT. INKA	79
Gambar 4. 53. Alternative Layout 2	94
Gambar 4. 54. Area Pengecatan	97
Gambar 4. 55. Area Penyimpanan	98
Gambar 4. 56. Gerbang Akses Bongkar Muat.....	99
Gambar 4. 57. Gerbang Utara.....	99
Gambar 4. 58. Site Plan Rekomendasi	100
Gambar 4. 59. Layout Rekomendasi	101
Gambar 4. 60. Tampak Rekomendasi Gerbang Utara	106
Gambar 4. 61. Tampak Rekomendasi Gerbang Selatan	106

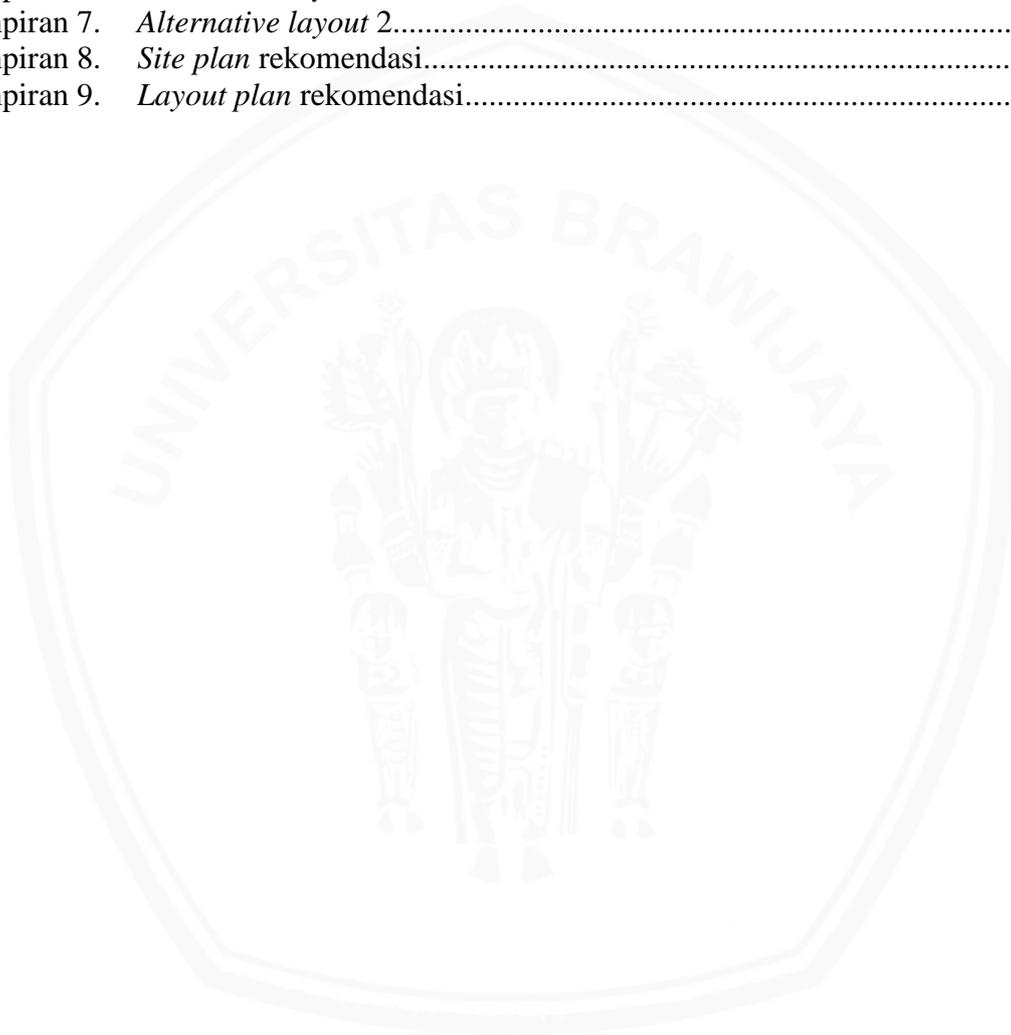
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4. 1.	Dimensi Kereta Bangladesh.....	62
Tabel 4. 2.	Kedekatan Antar Workstation	75
Tabel 4. 3.	Hasil Relationship Chart.....	76
Tabel 4. 4.	Luas Kebutuhan Ruang.....	80
Tabel 4. 5.	Total Kebutuhan Ruang.....	86
Tabel 4. 6.	Kelebihan dan Kekurangan Layout Alternatif.....	96
Tabel 4. 7.	Hasil Rekomendasi Alur Produksi PT. INKA.....	102
Tabel 4. 8.	Hasil Rekomendasi Pemindahan Storage	104
Tabel 4. 9.	Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Storage.....	105
Tabel 4. 10.	Hasil Rekomendasi Aksesibilitas Bongkar Muat Storage	105
Tabel 4. 11.	Hasil Rekomendasi Pemindahan Workstation Primer Painting U-frame .	107
Tabel 4. 12.	Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Primer Painting Underframe	108
Tabel 4. 13.	Hasil Rekomendasi Pemindahan Workstation Pengecatan	109
Tabel 4. 14.	Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Pengecatan.....	110
Tabel 4. 15.	Hasil Rekomendasi Penambahan Workstation Perakitan.....	111
Tabel 4. 16.	Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Perakitan.....	112
Tabel 4. 17.	Hasil Rekomendasi Penambahan Tambangan Timur.....	113
Tabel 4. 18.	Hasil Rekomendasi Perubahan Zoning.....	114



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Alur produksi kereta Bangladesh eksisting.....	119
Lampiran 2.	Alur produksi LRT eksisting.....	120
Lampiran 3.	<i>Layout plan</i> eksisting.....	121
Lampiran 4.	<i>Site plan</i> eksisting.....	122
Lampiran 5.	Alur produksi PT. INKA.....	123
Lampiran 6.	<i>Alternative layout 1</i>	124
Lampiran 7.	<i>Alternative layout 2</i>	125
Lampiran 8.	<i>Site plan</i> rekomendasi.....	126
Lampiran 9.	<i>Layout plan</i> rekomendasi.....	127



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Industri Kereta Api atau disingkat PT. INKA adalah badan usaha milik negara yang memproduksi kereta penumpang, gerbong, sampai kereta api modern. Aktifitas PT. INKA kini berkembang menjadi penghasil produk dan jasa perkereta apian dan transportasi yang bernilai tinggi. PT. INKA kini mengembangkan berbagai jenis produk di bawah kendali sistem manajemen mutu ISO 9001 dan kemitraan global.

Melalui perbaikan dan pembaruan yang dilakukan, PT. INKA memasuki dunia bisnis dengan mengedepankan nilai-nilai integritas, profesional, dan kualitas. PT. INKA tidak hanya memproduksi kereta api saja, namun akan memproduksi infrastruktur dan sarana transportasi yang lebih luas. Berbagai produk yang diproduksi telah dioperasikan di berbagai belahan dunia, antara lain di Bangladesh, Filipina, Malaysia, Singapura, Thailand dan Australia.

PT. INKA merupakan pengembangan dari Balai Yasa Lokomotif Uap Madiun. Semenjak lokomotif uap sudah tidak lagi beroperasi, maka Balai Yasa Lokomotif Uap dialih-fungsikan menjadi pabrik kereta api dengan nama PT. Industri Kereta Api. Berawal dari industri manufaktur sarana kereta api dan sekarang mengembangkan sistem transportasi terpadu selama lebih dari 30 tahun. Langkah tersebut berhasil menjadikannya pabrik kereta api milik negara tersebut memimpin pasar industri kereta api di Asia sehingga PT. INKA menjadi salah satu industri yang menjadi potensi bangsa dengan produk yang membanggakan.

Presiden Republik Indonesia yaitu Joko Widodo mengandalkan PT. INKA untuk pengadaan angkutan massal. Dalam kunjungannya tanggal 6 Maret 2017 untuk meninjau industri tersebut, Presiden Jokowi meminta agar PT. INKA dapat memproduksi *Mass Rapid Transport* (MRT) baik gerbong, *monorail*, dan juga LRT. Presiden Jokowi juga mengaku untuk perusahaan seperti ini, perlu adanya jaminan kelangsungan pesanan dengan maksud produksi tersebut harus fokus dan konsisten.

Hingga tahun 2018 terdapat tiga jenis kereta yang diproduksi PT. INKA secara besar-besaran. Jenis kereta yang pertama yaitu kereta yang dipesan oleh PT. Kereta Api Indonesia dengan pengadaan anggaran sebesar 2 Triliun Rupiah. PT. KAI memesan sebanyak 38 rangkaian kereta dengan jumlah total 438 unit. 438 kereta tersebut terdiri dari 210 kereta

eksekutif, 150 kereta premium, 39 kereta makan dan 39 kereta pembangkit. Proyek tersebut diperkirakan akan selesai pada bulan Maret 2019.

Jenis kereta yang kedua yaitu kereta yang dipesan oleh Bangladesh dengan nilai kontrak mencapai 700 Miliar Rupiah. Proyek tersebut dimulai pada pertengahan tahun 2018 tepatnya pada bulan Juli sebanyak 250 unit yang terdiri dari 50 unit kereta penumpang BG (*broad-gauge* ukuran 1.676 mm) dan 200 unit kereta penumpang MG (*metre-gauge* ukuran 1.000 mm) yang diperkirakan akan selesai pada tahun 2019. Ini adalah kali ketiga Bangladesh memesan kereta pada PT. INKA tepatnya pada tahun 2015 memesan 50 unit kereta penumpang jenis BG dan pada tahun 2016 memesan 50 unit kereta penumpang BG dan 100 unit kereta penumpang MG.

Dalam penyelesaiannya, Pemerintah Bangladesh meminta untuk menyelesaikan 50 unit kereta untuk dikirim terlebih dahulu pada bulan Oktober 2018. Dengan banyaknya produksi yang dilakukan membuat PT. INKA harus mempercepat proses produksinya. Hal tersebut dikatakan oleh Direktur Utama PT. INKA yaitu Budi Noviantoro pada tanggal 2 September 2018 bahwa proses produksi sangat sibuk sehingga proses produksi dilakukan dan dibagi menjadi tiga *shift* dalam 24 jam. Nyatanya, Manajer Finishing PT. INKA yaitu Agung Budiono menjelaskan bahwa tahap pengiriman pertama ke Bangladesh diperkirakan terlaksana pada bulan November dengan pengiriman sebanyak 18 unit.

Jenis kereta yang ketiga yaitu *Light Rail Transit* (LRT) yang digunakan untuk Palembang dan Jabodebek. Untuk proyek LRT Palembang bernilai 388 Miliar Rupiah dengan jumlah delapan *trainset* yang terdiri dari tiga kereta yang ditargetkan selesai pada bulan Maret 2018. LRT Palembang tersebut awalnya digunakan sebagai moda transportasi untuk mendukung pelaksanaan Asian Games 2018 Jakarta-Palembang tanggal 18 Agustus 2018 sampai tanggal 2 September 2018. Namun pengiriman dimulai pada bulan April 2018 sebanyak dua *trainset* dan hingga bulan Oktober 2018 hanya tujuh *trainset* yang beroperasi sedangkan *trainset* terakhir dijadwalkan dikirim bulan Desember 2018.

Proyek LRT Jabodebek bernilai 3,9 Triliun Rupiah dengan jumlah 31 *trainset* yang terdiri dari enam kereta yang akan mengakomodasi perjalanan antara Jakarta-Bogor-Depok-Bekasi (Jabodebek). Proses pengerjaan diperkirakan akan selesai pada Oktober 2019 artinya 15 bulan pengerjaan dan diperkirakan empat *trainset* akan dipersiapkan dikirim pada bulan Mei 2019.

PT. INKA mengalami keterlambatan dalam produksi yang menimbulkan target pengiriman tidak tercapai. Keterlambatan tersebut bisa terjadi karena faktor kualitas produksi atau juga kecepatan produksi sehingga mengalami *delay* atau penundaan.

Penundaan tersebut dapat merugikan konsumen maupun produsen yang tidak tercerminkan dalam visi dan misi PT. INKA. Maka dari itu prinsip efisiensi berperan penting dalam produksi dimana perusahaan tersebut berpikir bagaimana memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya tetapi mengeluarkan usaha yang sekecil-kecilnya namun tidak mengurangi kualitas dari barang produksi. Jika hal tersebut mampu diterapkan maka PT. INKA akan menjadi perusahaan kelas dunia yang unggul dalam bidang transportasi khususnya kereta api.

Kecepatan produksi di PT. INKA madiun yaitu satu kereta dalam sehari. Hal tersebut dikatakan oleh Senior Manajer Humas, Sekretariat, & Protokoler PT. INKA Hartono. Jika tidak dilakukan peningkatan kecepatan produksi, PT. INKA dalam satu tahun hanya dapat membuat kurang lebih hanya 360 gerbong. Jumlah produksi dalam satu tahun tersebut tidak sebanding dengan jumlah pemesanan khususnya di tahun 2018 seperti contohnya target dari kereta Bangladesh sebanyak 250 unit adalah satu tahun ditambah dengan 186 unit LRT Jabodebek dengan target 15 bulan dan juga kereta 438 dari PT. KAI yang belum tuntas.

Dalam proses produksinya, terdapat komponen yang tidak diproduksi di dalam PT. INKA melainkan sebagian komponen dikerjakan oleh anak perusahaan PT. INKA seperti pembuatan roda dan pembuatan plat. Sebagian lagi terdapat komponen yang di impor seperti mesin kereta. Produksi seperti ini menimbulkan proses produksi dalam industri tersebut beragam dengan proses yang berbeda pula, karena setiap jenis kereta yang diproduksi mendapatkan perlakuan yang berbeda. Hal tersebut membuat PT. INKA harus menyesuaikan setiap jenis kereta yang diproduksi sesuai dengan desain dan instruksi.

Penelitian ini diharapkan akan menambah kualitas dan daya saing industri Indonesia terhadap pasar dunia baik dari segi teknis bangunan sampai alur produksi. Karena beberapa industri di Indonesia tergolong kurang dibandingkan dengan industri lain. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap teknis bangunan, sirkulasi produksi dan pemahaman IPTEK terhadap mesin dan bangunan industri.

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat ditemukan pada PT. INKA adalah:

- a. Berbagai macam tipe kereta yang diproduksi membuat PT. INKA harus menyesuaikan beberapa alur produksi kereta di dalam satu industri.
- b. Kecepatan Produksi PT. INKA tidak sebanding dengan jumlah pesanan dan target pengiriman.

1.3. Rumusan Masalah

Bagaimana mengatur alur produksi PT. INKA dengan menyesuaikan pada tata letak bangunan dan fasilitas yang ada agar kecepatan produksi dapat meningkat atau lebih efisien?

1.4. Batasan Masalah

Dalam tulisan ini hanya membatasi pembahasan mengenai:

- a. Efisiensi teknis PT. Industri Kereta Api Madiun dari segi perencanaan tata letak bangunan dan alur produksi agar terciptanya peningkatan kecepatan produksi.
- b. Penelitian tidak membahas tentang efisiensi ekonomi.

1.5. Tujuan

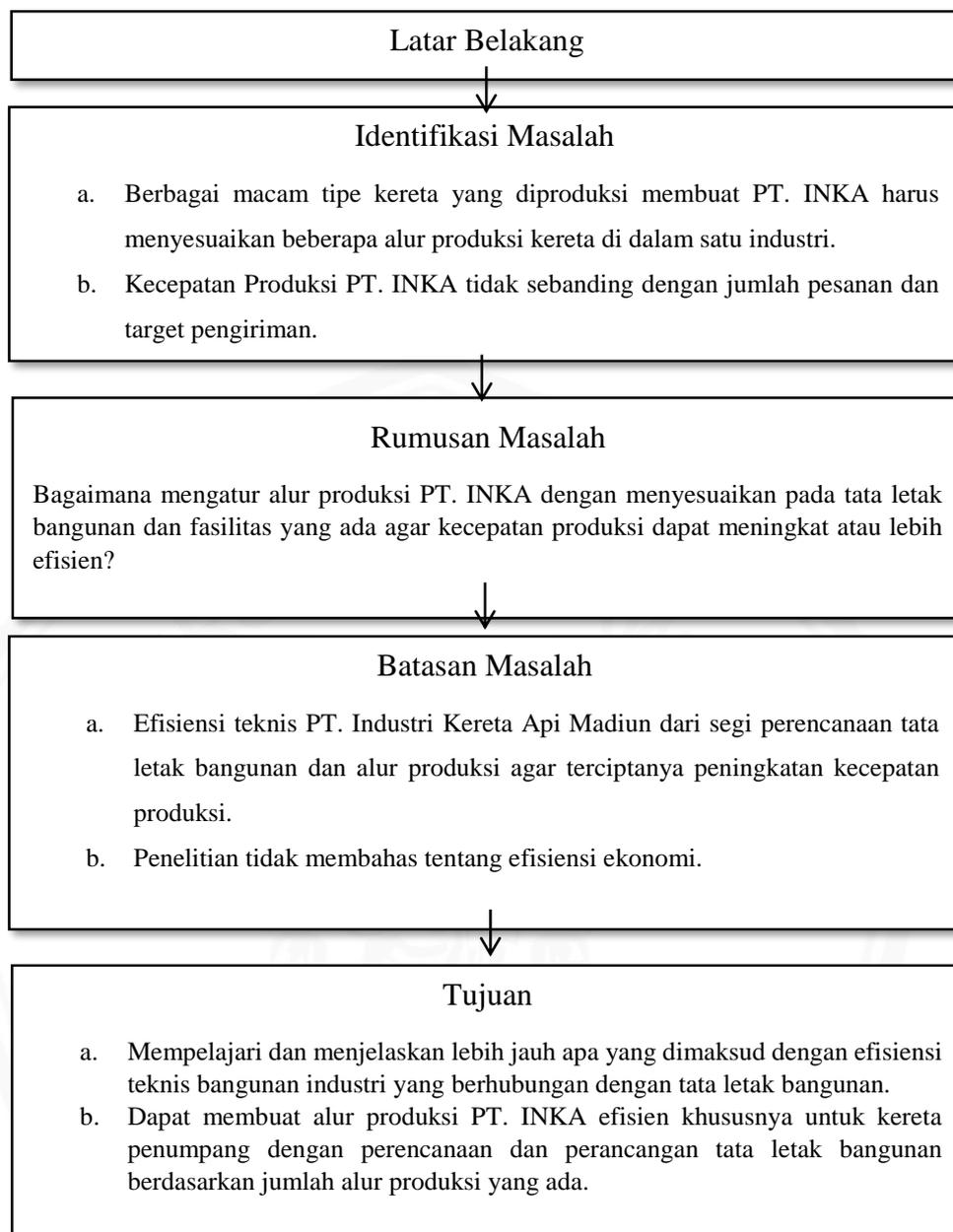
Dapat membuat alur produksi PT. INKA efisien dengan perencanaan dan perancangan tata letak bangunan agar tingkat keterlambatan produksi dapat berkurang sehingga jumlah pesanan dan target pengiriman dapat dilakukan sesuai persetujuan.

1.6. Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Sebagai tolak ukur dalam pembangunan industri terkait efisiensi produksi dalam aspek teknis.
- b. Sebagai pengetahuan tentang perencanaan dan perancangan industri yang berkaitan dengan alur produksi.

1.7. Kerangka Pemikiran



Gambar 1. 1. Kerangka Pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Bangunan Industri

Bangunan industri adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melakukan sebuah proses atau hal yang masih berhubungan dengan tujuan sebagai berikut (Drury, 1981):

1. Pembuatan suatu barang atau bagian suatu barang.
2. Pengubahan, perbaikan, penghiasan (membuat lebih menarik), penyelesaian, pembersihan, pencucian, pengepakan atau pengalengan.
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.

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 pekerjanya. Bangunan industri meliputi bangunan yang digunakan dalam kegiatan produksi dayam pembuatan produk, pekerjaan tambang bahan baku, dan gudang/penyimpanan tekstil, produk minyak tanah, produksi kayu dan kertas, bahan kimia, plastik, dan logam.

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 produktifitas



perorangan. Namun penggolongan industri yang mempengaruhi perbedaan bangunan industrinya hanya penggolongan industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya dan jumlah tenaga kerja.

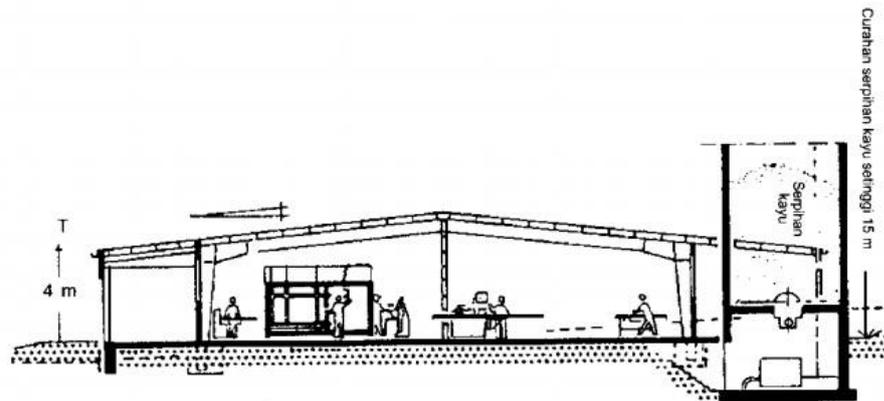
Jenis-jenis/macam industri berdasarkan klasifikasi atau penjenisannya berdasarkan SK Menteri Perindustrian No.19/M/I/1986 terdiri dari empat macam. Pertama, industri kimia dasar contohnya seperti industri semen, obatobatan, kertas, pupuk, dsb. Kedua, industri mesin dan logam dasar misalnya seperti industri 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:

1. Gedung yang tidak bertingkat dengan berbagai 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, 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.

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 elektrik (daya listrik dan penerangan).

Bangunan industri juga dapat dikelompokkan menurut jenis tujuannya, yaitu (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 semauanya 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:

1. 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.

2. 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. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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 kerusakan lingkungan.

2.4. Perencanaan Bangunan Industri Secara Umum

Ketentuan untuk bangunan industri telah diatur dalam Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2017 tentang Pembangunan Sarana dan Prasarana

Industri. Peraturan Pemerintah tersebut mengatur tentang standarisasi industri, kawasan industri, sistem informasi industri nasional, dan fasilitas non fisik. Diharapkan bangunan industri yang ada di Indonesia sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), Spesifikasi Teknis (ST), dan Pedoman Tata Cara (PTC) baik industri kecil, menengah maupun besar. Kesesuaian antara bangunan industri khususnya PT. INKA (Persero) dengan Peraturan tersebut bertujuan untuk:

- 1) Meningkatkan jaminan mutu, efisiensi produk, daya saing nasional, mewujudkan persaingan usaha yang sehat dan transparan dalam perdagangan, kepastian usaha dan kemampuan pelaku usaha, serta memacu kemampuan inovasi teknologi;
- 2) Meningkatkan perlindungan kepada konsumen, pelaku usaha, tenaga kerja, dan masyarakat lainnya, serta negara baik dari aspek keselamatan, keamanan, kesehatan, pelestarian fungsi lingkungan hidup; dan
- 3) Meningkatkan kepastian, kelancaran, dan efisiensi transaksi perdagangan di dalam negeri dan dengan dunia internasional.

Spesifikasi teknis merupakan standar-standar perencanaan sarana dan prasarana penunjang untuk mendukung kelangsungan suatu kawasan industri. Kegiatan di dalam area industri juga harus memenuhi standar tertentu. Pemahaman terhadap standar dan spesifikasi teknis dalam suatu industri sangat diperlukan baik dalam perancangan maupun dalam perbaikan. Selain itu standar dan spesifikasi teknis juga diatur dalam Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2010 Tentang Pedoman Teknis Kawasan Industri. Ruang lingkup pedoman teknis yang dimaksud yaitu:

- 1) Aspek Perencanaan, meliputi kelayakan lingkungan, kelayakan lokasi dan penyusunan *masterplan*;
- 2) Aspek Pembangunan, meliputi pembebasan lahan, penyusunan *Detail Engineering Design* (DED) dan pembangunan fisik;
- 3) Aspek pengelolaan, mencakup kelembagaan dan peran/kewajiban pengelola kawasan industri dalam melaksanakan kegiatan usaha kawasan industri.

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 tiga tahap yang dapat dilakukan dalam memilih lokasi suatu bangunan industri, yaitu (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 m².
3. Jumlah ruang kerja yang dipisahkan menurut jenisnya.
4. Perencanaan penempatan mesin.
5. Pengaturan jalan.
6. Penetapan atau kemungkinan terjadinya perluasan.

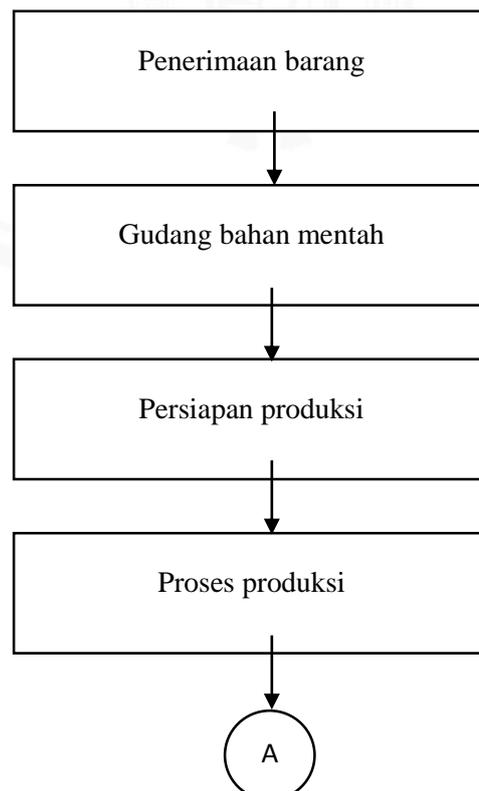
2.4.4. Perencanaan Bangunan

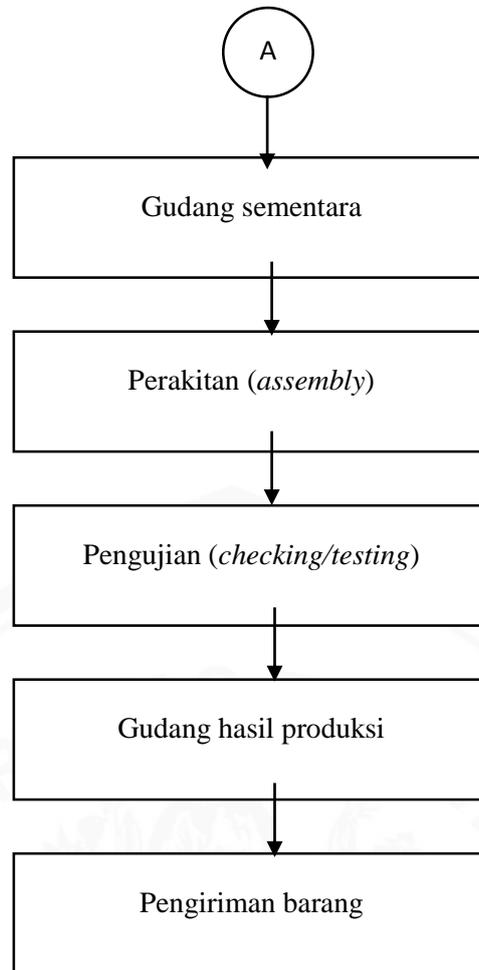
Perencanaan sebuah bangunan industri harus direncanakan dengan penggambaran. Proses produksi diketahui dari pengamatan hasil produksi setiap tahunnya atau jumlah tenaga kerja. Dengan tidak adanya pengalaman, maka seorang ahli harus dapat menempatkan perencanaan mesin-mesin dan alat kerja sesuai kebutuhan. 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. 2. Diagram Kegiatan Produksi Secara Umum
Sumber: Data Arsitek jilid 2, Neufert, terj. 2002, telah diolah kembali

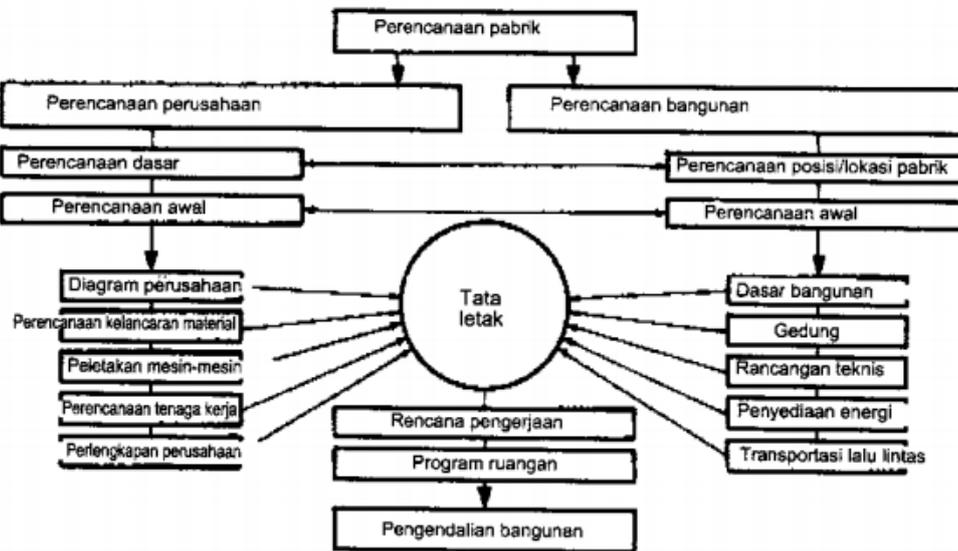
2.5. Perencanaan Tata Letak dan Fasilitas Bangunan Industri

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.

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)

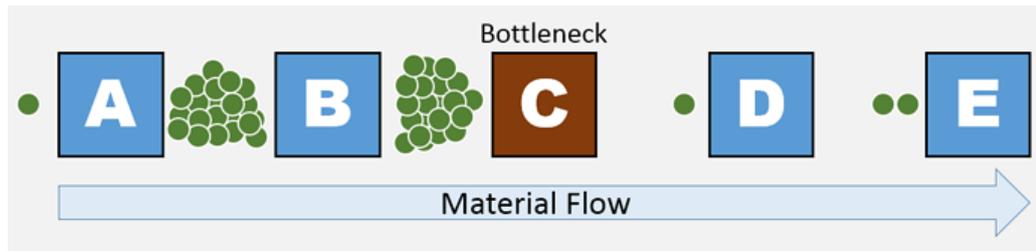
Pengaturan fasilitas-fasilitas bangunan industri tersebut memanfaatkan luas area (space) dari ruang produksi bangunan industri untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya.



Gambar 2. 3. Diagram Suatu Bangunan Industri
Sumber: Neufert, 2002

Perencanaan sebuah industri yang paling utama adalah tata letak bangunan (*layout*) karena tata letak bangunan berintegrasi dengan alur produksi pada suatu industri. Perencanaan tata letak bangunan terdiri dari beberapa faktor seperti lokasi, transportasi, mesin dan alur produksi. Semua faktor tersebut menghasilkan program ruangan dan menjadikan suatu industri tersebut sesuai dengan bangunan dan alur produksi sehingga dikatakan efisien.

Perencanaan tata letak bangunan di suatu industri sangat bergantung pada bagaimana pola aliran barang dan aliran produksi, ini berfungsi untuk meminimalisir terjadinya *bottleneck* yaitu suatu kondisi dimana suatu operasi atau fasilitas membatasi/meghambat *output* dalam satu sekuens untuk satu lini produksi (Gaspersz, 2005) atau stasiun kerja yang memiliki nilai *service time* yang paling besar dibandingkan stasiun kerja lainnya dalam satu lini produksi (Groover, 2001).

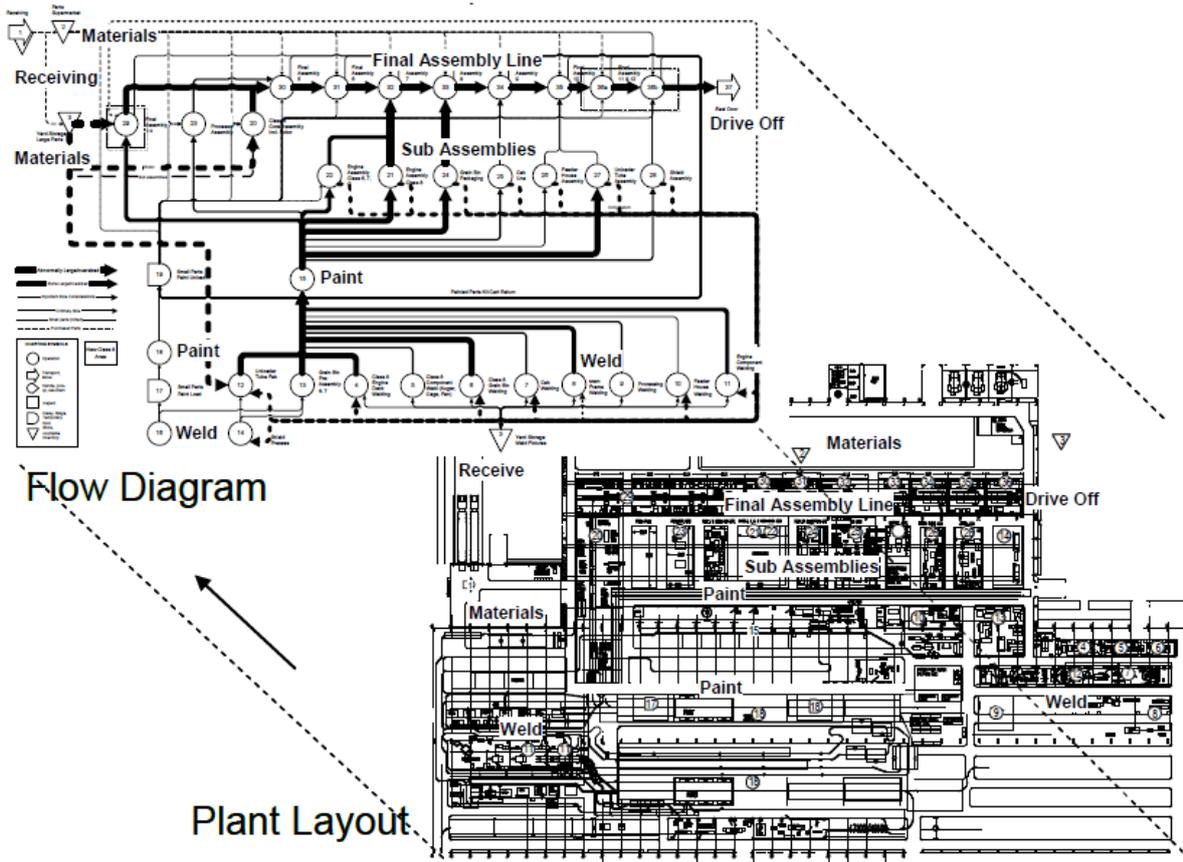


Gambar 2. 4. *Bottleneck*

Bottleneck juga bisa diartikan penyempitan jalur yang berdampak terjadinya penumpukan, terjadinya waktu tunggu dan hasil dari *output* tidak sebanding dengan *input*. Dampak tersebut dikarenakan keterbatasan tenaga kerja dan mesin dalam memproduksi suatu barang atau bisa juga dikarenakan tata letak bangunan (*layout*) dari industri tersebut kurang sesuai terhadap alur produksi. Maka dari itu *layout* dari PT. INKA harus disesuaikan dengan alur produksi kereta.

Perencanaan bangunan industri sangat bergantung pada *layout plan* yang menjadi hal mendasar dan utama. Tidak ada bangunan industri yang dirancang tanpa mempertimbangkan *layout plan* yang baik karena hal tersebut akan menentukan alur material yang baik, susunan fasilitas yang ekonomis, dan akan menjadi dasar dari desain bangunan. Maka dari itu seorang arsitek harus mengetahui informasi tentang konstruksi bangunan yang berhubungan dengan proses produksi suatu industri untuk merancang *layout* bangunan (M. Apple, 1963).

Perencanaan tata letak bangunan dalam suatu industri dapat menggunakan *Systematic Layout Planning* (SLP) yang dikembangkan oleh Richard Muther. Dalam pembuatannya terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan. Hasil dari SLP tersebut dapat berupa perencanaan awal maupun perbaikan agar alur produksi sesuai dengan tata letak bangunan.



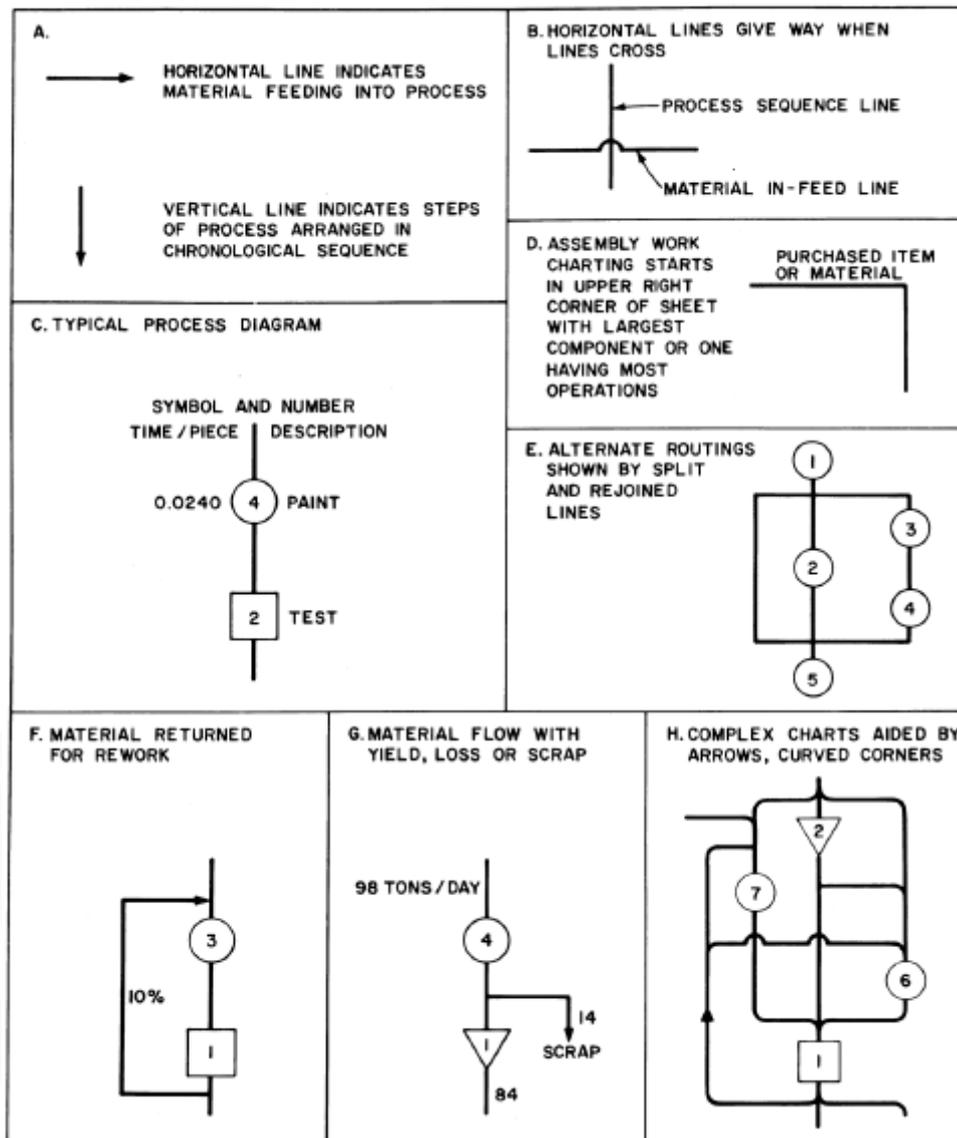
Gambar 2. 5. Contoh *Flow Diagram* Richard Muther

<u>Symbol</u>	<u>Action Classification</u>	<u>Predominant Result</u>
○	Operation	Produces or Accomplishes
➔	Transportation	Moves
◐	Handling	Handles or Positions
□	Inspection	Verifies
◑	Delay	Interferes
▽	Storage	Keeps

Gambar 2. 6. Simbol Aktifitas

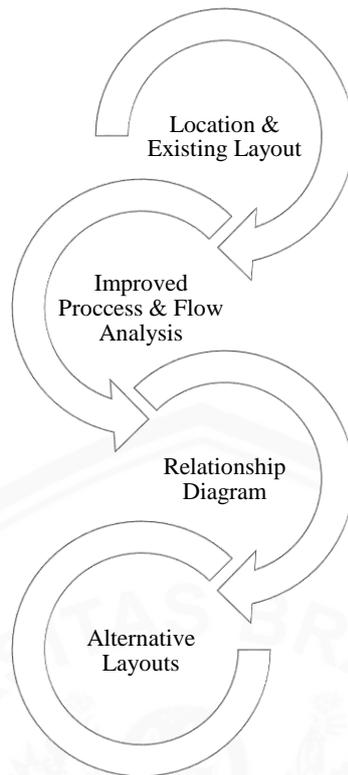
Diagram pada gambar 4.43. menunjukkan bagaimana keterkaitan antar kegiatan dalam suatu industri dari sudut pandang operasional yang disesuaikan dengan tata letak bangunan eksisting. Beberapa proses yang terkait saling dihubungkan dengan garis dimana diagram tersebut bergantung pada proses atau kontinuitas produksi.





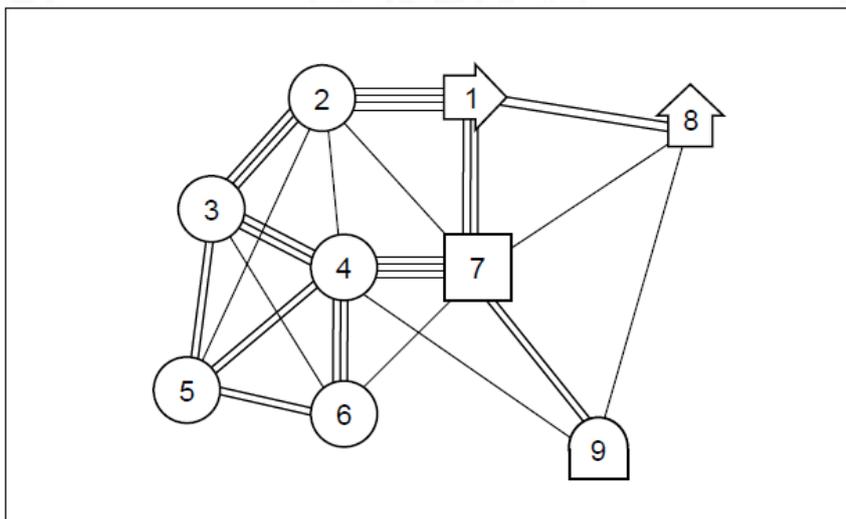
Gambar 2. 7. Cara Penggambaran

Untuk mengetahui tata letak bangunan yang efisien terhadap alur produksi dapat menggunakan *systematic layout planning* (SLP). Dalam penggunaan SLP terdapat langkah-langkah yang dilakukan bertahap seperti pada gambar 4.45.



Gambar 2. 8. Detail *Layout Planning* dengan SLP

Langkah pertama adalah melakukan studi lapangan tentang bagaimana tata letak bangunan eksisting. Lalu dilakukan analisis tentang proses dan alur produksi dengan begitu akan diketahui hubungan antar pekerjaan melalui *relationship diagram*. Setelah langkah tersebut dilakukan maka alternatif desain tata letak bangunan diketahui dengan mempertimbangkan kedekatan antar *workshop* atau *workstation*.



Gambar 2. 9. Contoh *Relationship Diagram*

Dalam merancang *relationship diagram* melibatkan hubungan kegiatan dengan kode jumlah garis. Bentuk setiap simbol menunjukkan aktifitas dengan nomor di dalamnya adalah identifikasi aktifitas dan jumlah garis penghubung menunjukkan nilai kedekatan.

Process Chart Symbols & Action*	Symbols Extended to Identify Equipment & Space	Color Ident.	Black & White**
* ○ Operation	○ Forming or Treating Equipment & Space	Green**	
	○ Assembly, Sub-Assembly, Dis-Assembly	Red**	
* ⇨ Transportation	⇨ Transport-related Equipment & Space	Orange Yellow**	
◇ Handling	◇ Handling Areas -- Pick-up & Set-Down	Orange Yellow**	
* ▽ Storage	▽ Storage Equipment and Space	Orange Yellow**	
* D Delay	D Set-down or Hold Areas	Orange Yellow**	
* □ Inspection	□ Inspect, Test, Check Equipment & Space	Blue**	
* A.N.S.I. Standard ** MHMS (IMMS) Standard (Adopted as basic to SLP procedure)	⌒ Service & Support Equipment & Space	Blue**	
	⬆ Office or Planning Areas, or Building Features	Brown** (Gray)	

No. of Lines	Closeness Rating	Color Code
	Absolutely Necessary	Red**
	Especially Important	Orange Yellow**
	Important	Green**
	Ordinary	Blue**
	Unimportant	Uncolored**
	Not Desirable	Brown**
	Extremely Undesirable	Black

Gambar 2. 10. Keterangan Simbol dan Cara Penggambaran

Dalam membuat diagram, simbol dari pekerjaan memiliki identifikasi warna yang akan mengidentifikasi tingkat kedekatan yang diperlukan sesuai dengan standar A.N.S.I (*American National Standards Institute*) dan Standar perancangan prosedur SLP.

2.6. Efisiensi Dalam Produksi

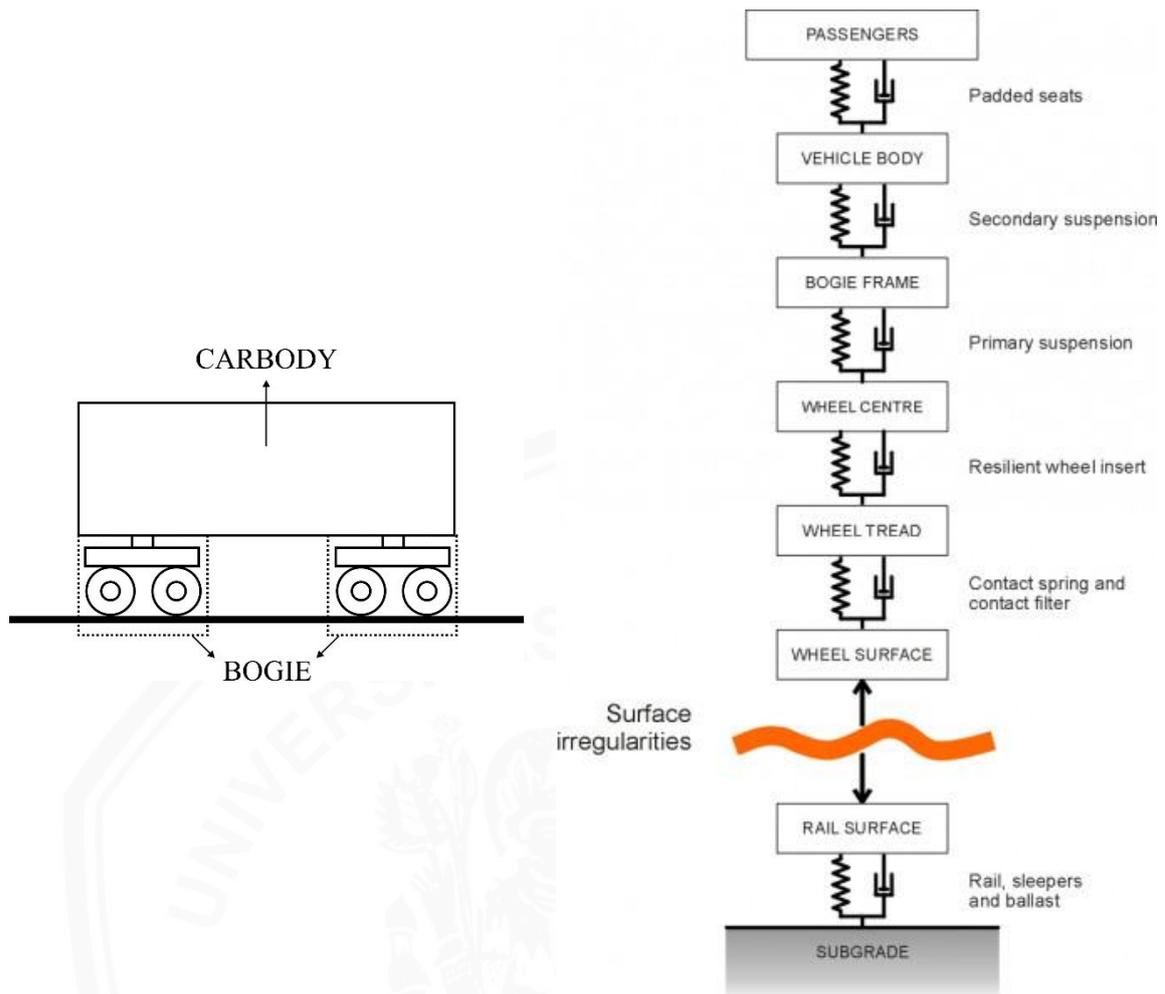
Kata efisiensi berasal dari bahasa Inggris "*efficiency*". Persamaan katanya adalah "*leverage*". Kata leverage sendiri berasal dari bahasa Perancis kuno "*lever*" yang berarti "menjadikan lebih ringan". Kenyataannya, memang makna kata "menjadikan lebih ringan" inilah yang tercakup dalam kata efisiensi. 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".

Efisiensi adalah tingkat kehematan dalam menggunakan sumber daya yang ada dalam rangka mencapai tujuan yang diinginkan (Muchdoro, 1997). Dalam industri, efisiensi berhubungan dengan produktifitas untuk memanfaatkan sumber daya yang ada. Suatu industri dapat dikatakan efisien jika mampu menggunakan sumber daya yang minimal dan dapat memproduksi barang dengan cepat. Secara umum efisiensi dibagi menjadi dua, yaitu efisiensi teknis dan efisiensi ekonomi. Efisiensi teknis menyangkut jumlah maksimum output yang dapat dihasilkan dengan penggunaan input dan teknologi tertentu, sedangkan efisiensi ekonomi timbul apabila input dimanfaatkan sedemikian rupa sehingga tingkat output dapat diproduksi dengan biaya yang lebih rendah.

Dari penjelasan makna efisiensi di atas, dapat diterapkan dalam dunia industri pada beberapa aspek yang berkaitan dengan produksi. 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.

2.7. Bagian-bagian Kereta

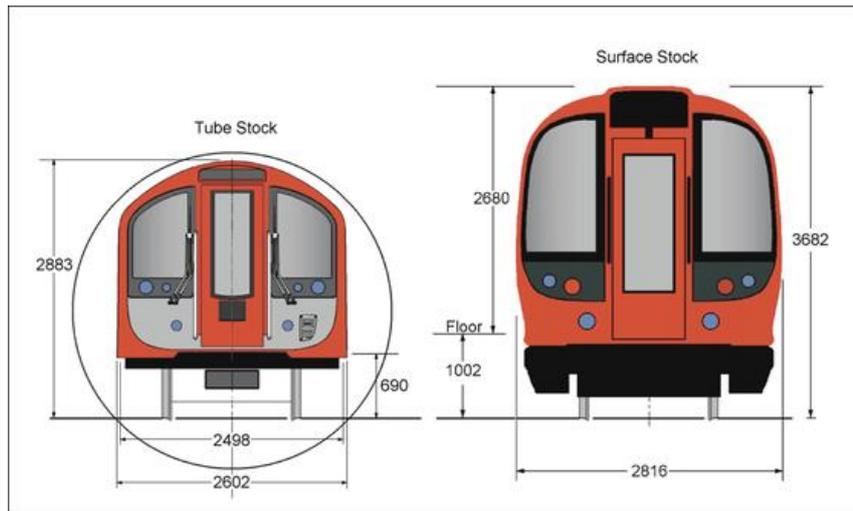
Kereta penumpang terdiri dari dua bagian yaitu bagian atas disebut dengan *car/body* (gerbong) yang merupakan tempat penumpang dan bagian bawah disebut dengan *bogie* yang merupakan rangka bagian bawah. Sebuah kereta apabila tidak memiliki satu dari bagian tersebut maka fungsi dari kereta tersebut akan berkurang atau bisa juga tidak dapat berfungsi secara maksimal.



Gambar 2. 11. Bagian Umum Kereta

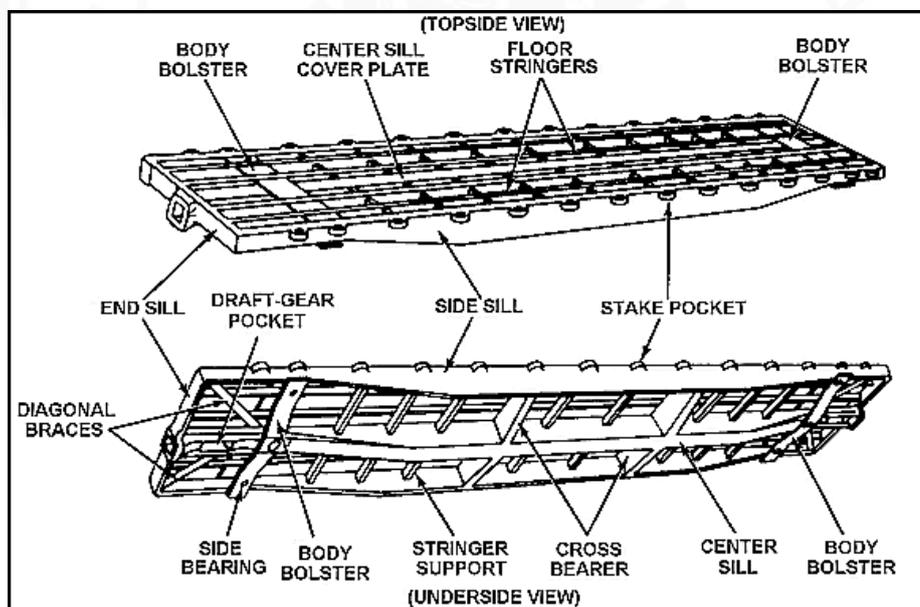
2.7.1. Carbody

Kereta penumpang umumnya dilengkapi dengan kursi penumpang, sistem listrik, sistem hiburan audio visual dan toilet, namun ada juga gerbong (*carbody*) kereta yang dilengkapi dengan tempat tidur untuk perjalanan yang jauh. Bagian interiornya juga berbeda-beda di setiap negara contohnya di Amerika Serikat kereta penumpang umumnya tidak dilengkapi dengan kabin atau kamar tersendiri sebagaimana kereta penumpang yang ada di Indonesia, namun lain halnya dengan beberapa kereta penumpang di Eropa yang dilengkapi dengan kabin/kamar. Setiap gerbong kereta penumpang dilengkapi dengan empat pintu dengan satu pintu di sisi kanan dan satu pintu di sisi kiri.



Gambar 2. 12. Contoh Kereta Penumpang

Pada bagian bawah gerbong terdapat rangka yang menyatukan antara gerbong dengan *bogie* biasa disebut *underframe*. Rangka ini membantu menyalurkan beban yang ada pada gerbong ke dasar dan di ujungnya tersambung ke lokomotif atau gerbong lain sehingga kereta penumpang mampu membawa beberapa gerbong dengan ratusan penumpang atau lebih.

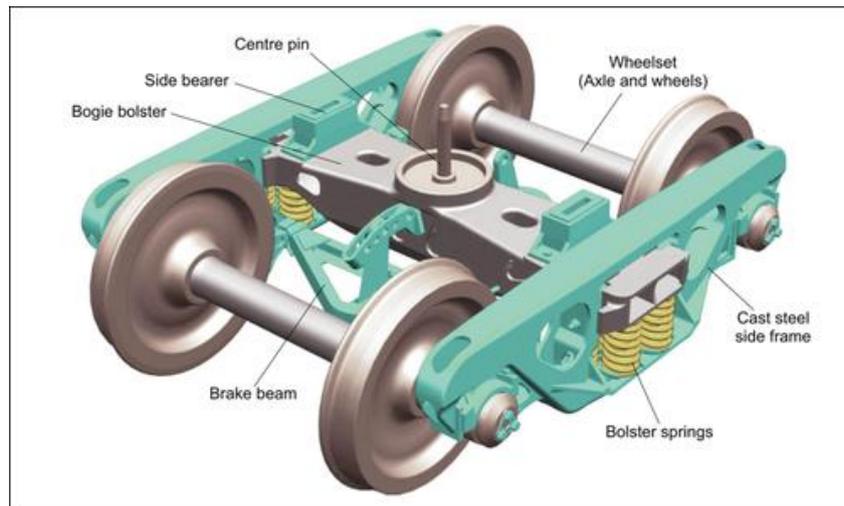


Gambar 2. 13. Underframe

2.7.2. Bogie

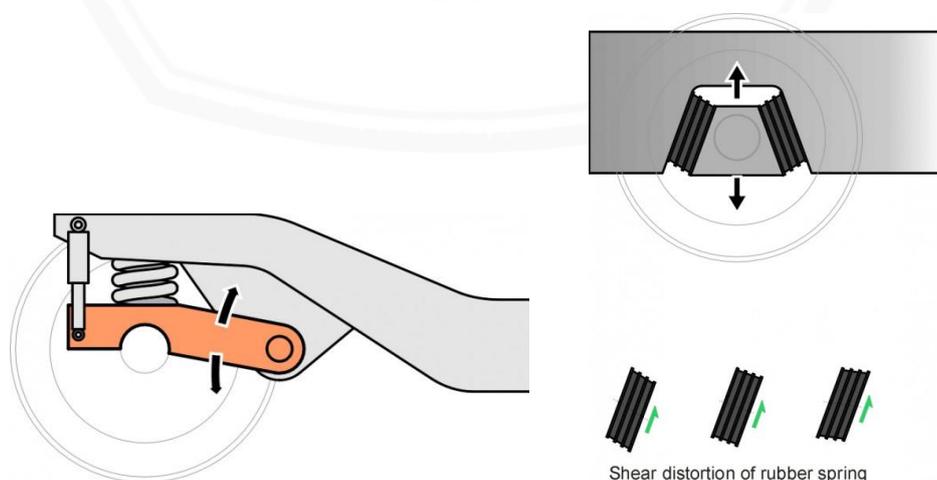
Bogie adalah suatu rangkaian yang terdiri dari *car wheels* (roda), *axles* (roda), *suspension system* (suspensi) dan *brake system* (rem). Kerangka *bogie* konvensional mengambil bentuk 'H' dengan poros (*pivot*) di tengahnya. Sumber tenaga pada kereta

penumpang ada pada motor elektrik atau penggerak yang tersambung pada mesin diesel yang terletak diantara *underframe* dengan *bogie*.



Gambar 2. 14. *Bogie*

Pada keempat ujung *bogie* biasanya dilengkapi dengan suspensi pegas utama (*primary suspension spring*) yang mentransmisikan beban ke bawah bantalan roda (*bearings*) sehingga dapat menciptakan kestabilan dalam kualitas kereta, atau juga bisa memakai sistem yang lebih sederhana (*simple trailing arm*) dan disatukan dengan peredam hidrolis yang serupa prinsipnya dengan peredam yang ditemukan di lori dan mobil. *Simple trailing arm* kebanyakan digunakan pada kereta penumpang kota dan antar kota sedangkan *primary suspension spring* kebanyakan digunakan untuk kereta cepat seperti pada TGV (*Train à Grande Vitesse*), Shinkansen, dan Swedish X-2000. Terdapat dua jenis pemasangan *wheelset* pada *bogie* yaitu dengan *wheelset bearing* di dalam maupun di luar dimana keduanya memiliki kelebihan dan kekurangannya tersendiri.



Gambar 2. 15. Sistem Pengereman dan Suspensi

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif deskriptif yaitu Penelitian yang tidak menggunakan kuantitas angka-angka statistik merupakan penelitian kualitatif. Bogdan dan Tailor mendefinisikan metodologi kualitatif sebagai prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan atau dari bentuk tindakan kebijakan. Penelitian deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi seperti yang dipaparkan oleh Sugiyono (2012:147).

Adapun pengertian dari metode deskriptif analitis secara keseluruhan menurut Sugiyono (2009: 29) adalah suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul. Dengan kata lain, penelitian deskriptif analitis mengambil masalah atau memusatkan perhatian ada masalah-masalah sebagaimana adanya saat penelitian dilaksanakan. Hasil penelitian kemudian diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulannya.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan studi perbandingan (komparatif) dari obyek-obyek terpilih khususnya industri terkait yaitu kereta api. Penelitian komparatif adalah sejenis penelitian deskriptif yang ingin mencari jawaban secara mendasar tentang sebab-akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya ataupun munculnya suatu fenomena tertentu. Penelitian komparatif merupakan penelitian yang bersifat membandingkan. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang di teliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu seperti yang dipaparkan oleh Nazir (2005:58).

3.2. Fokus Penelitian

Dengan adanya fokus penelitian, maka objek kajian bisa dibatasi sehingga penelitian tidak terjebak pada banyaknya data di lapangan dan dapat menghindari pemakaian data yang tidak relevan atau tidak mendukung inti penelitian. Batasan atas kajian yang akan diteliti bersifat spesifik dan terarah sehingga memperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan oleh

peneliti. Penelitian ini difokuskan pada tata letak bangunan yang berpengaruh terhadap efisiensi alur produksi pada PT. INKA Madiun.

3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Industri Kereta Api Madiun karena PT. INKA adalah perusahaan yang memproduksi kereta api yang terus melakukan pengembangan dalam memproduksi sarana transportasi dan infrastruktur darat lainnya.

3.3.2. Waktu penelitian

Waktu yang diperlukan untuk melakukan penelitian dimulai antara tanggal 22 Maret sampai tanggal 22 Mei tahun 2018. Selain itu, penelitian akan dilakukan pada hari dan jam kerja untuk mengamati dan menganalisa bangunan PT. Industri Kereta Api Madiun dan proses atau tahapan produksi yang dilakukan.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

3.4.1. Data primer

Data primer merupakan sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya. Yang termasuk dalam data primer antara lain wawancara dan observasi lapangan.

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data yang lebih spesifik yang tidak dapat ditemukan dalam studi literatur. Narasumber yang nantinya akan diwawancarai adalah Direktur, staf dan pekerja yang mengelola kompleks PT. Industri Kereta Api Madiun. Data ini diambil dengan tujuan untuk mengetahui tata letak, proses produksi, jenis mesin, dan kegiatan yang berlangsung di PT. Industri Kereta Api Madiun.

b. Observasi lapangan

Observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran objek melalui pengamatan secara langsung. Data yang diambil melalui pengambilan gambar dan pengamatan secara langsung di lapangan. Data tersebut adalah kondisi fisik PT. Industri Kereta Api Madiun. Kondisi fisik yang berhubungan dengan sirkulasi, alur produksi, aspek teknis dan lain-lain. Untuk data pengamatan yang akan dilakukan antara lain adalah pengamatan gedung produksi, dan proses dan alur produksi PT. Industri Kereta Api Madiun.

3.4.2. Data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh penelitian secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan, atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak di publikasikan.

3.5. Variabel Penelitian

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, sering juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti. Menurut Sugiyono (2009: 60), variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Selanjutnya menurut Suharsimi Arikunto (1998: 99), variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu titik perhatian suatu penelitian. Berdasar dari pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa variabel penelitian adalah suatu atribut dan sifat atau nilai orang, faktor, perlakuan terhadap obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Variabel mengenai tata letak bangunan pada penelitian ini adalah:

1. Aspek teknis (tata letak bangunan atau *layout*) pada PT. Industri Kereta Api Madiun.
2. *Zoning* (peletakan bangunan industri dan pengaruhnya terhadap alur produksi).
3. Alur produksi (proses dan tahapan dalam proses produksi kereta api).
4. Besaran ruang (dimensi mesin dan kebutuhan ruang).

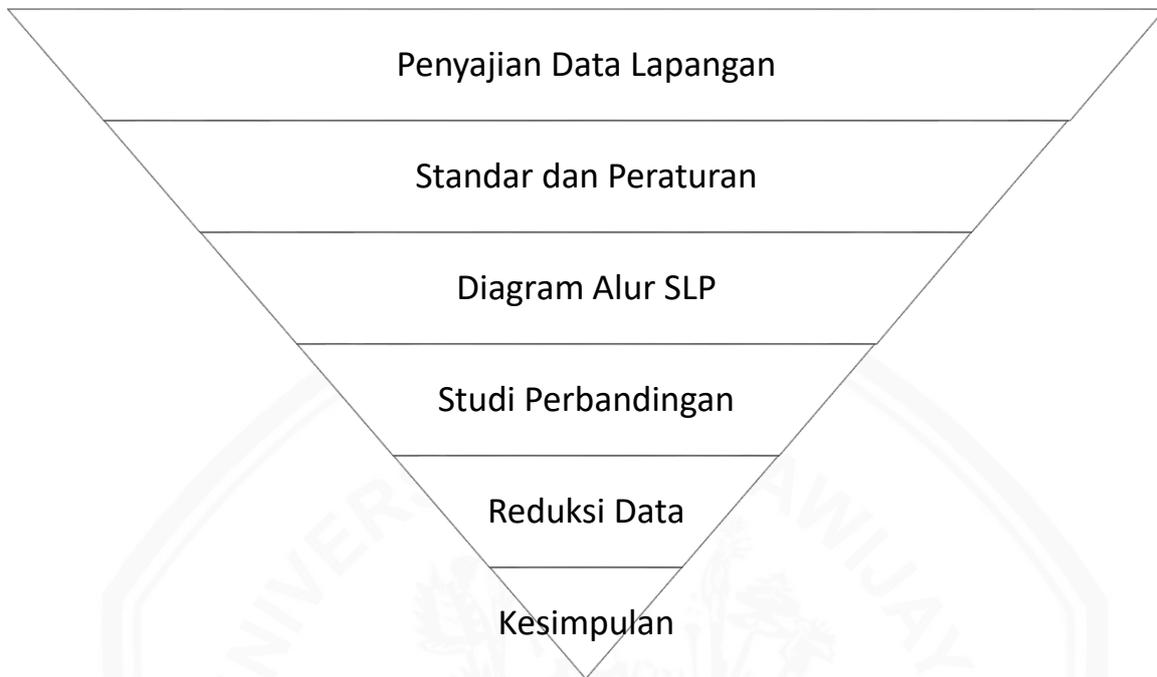
3.6. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian atau Alat Pengumpul Data (APD) merupakan suatu alat untuk memperoleh data. Alat ini harus dipilih sesuai dengan jenis data yang diinginkan dalam penelitian. Menurut Suharsimi Arikunto, instrumen penelitian merupakan alat bantu yang dipilih & digunakan oleh peneliti dalam melakukan kegiatannya untuk mengumpulkan data agar kegiatan tersebut menjadi sistematis & dipermudah olehnya. Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

3. Wawancara.
4. Observasi, alat yang digunakan untuk mendukung observasi langsung adalah kamera.
5. Pengukuran, alat yang digunakan untuk mendukung pengukuran adalah meteran.
6. Software, antara lain Autocad dan Sketchup, untuk mensimulasikan hasil observasi dan pengukuran.

3.7. Analisis Data

Data yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif analitis.



Langkah pertama adalah menyajikan data lapangan berdasarkan hasil observasi dengan disertai standar dan peraturan tentang bangunan industri yang ada. Setelah data tersebut disajikan maka dilakukan analisis untuk menentukan dan melihat bagaimana *layout* produksi yang terjadi di PT. INKA menggunakan metode SLP yang akan menghasilkan beberapa *layout* alternatif. Berdasarkan beberapa *layout* alternatif tersebut selanjutnya dilakukan studi perbandingan sehingga ditemukan *layout* yang paling efisien. Banyaknya data dan analisis yang dipaparkan akan dilakukan reduksi data sehingga penelitian ini dapat menentukan alur produksi yang efisien untuk PT. INKA.

3.7.1. Penyajian Data

Penyajian data merupakan salah satu dari teknik analisis data. Penyajian data adalah kegiatan ketika sekumpulan informasi disusun, sehingga memberi kemungkinan akan adanya penarikan kesimpulan. Bentuk penyajian data berupa teks naratif (berbentuk catatan lapangan), tabel, dan gambar pendukung.

Data yang disajikan dalam penelitian ini yaitu dalam bentuk naratif, untuk menjelaskan kondisi-kondisi yang sesuai dengan lokasi penelitian, gambar – gambar dari observasi langsung, gambar-gambar hasil simulasi, dan bentuk naratif dan gambar dari pengukuran secara langsung.

3.7.2. Standar dan peraturan

Standar dan peraturan sangat penting untuk pembangunan atau pengembangan suatu industri karena mencakup faktor-faktor pembentuk bangunan seperti tapak, lingkungan, struktur, perlindungan kebakaran, dan lain-lain.

3.7.3. Diagram Alur (*Flow Chart*)

Metode yang dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien alur produksi dalam PT. INKA yaitu menggunakan *flow chart* (diagram alur) “*from-to*” dan diagram hubungan aktifitas yang dikembangkan oleh Richard Muther. Untuk membuat diagram tersebut dimana melibatkan pekerjaan dan perakitan yang kompleks maka dilakukan pengambilan pekerjaan secara garis besar yang dilakukan dalam satu tempat. Dengan begitu pekerjaan yang utama akan teridentifikasi dengan alur yang ditetapkan.

3.7.4. Studi Perbandingan (Komparatif)

Studi perbandingan atau studi komparatif umum dipergunakan oleh peneliti sosial dalam menyusun penelitian ilmiah dengan generalisasi penelitian yang lintas batas dan tidak cenderung pada etnik budaya sosial suatu masyarakat tertentu (Bahry, 1995). Studi perbandingan tidak berfokus pada variabel mikro yang menjadi fokus *level of analysis*. Apabila level analisis berfokus pada variabel-variabel non-sistemik seperti individu dan negara, studi perbandingan berfokus pada variabel yang bersifat sistemik, yaitu variabel yang lebih makro. Hal ini dikarenakan sistem yang bersifat lebih umum dan luas apabila dibandingkan dengan variabel lainnya. Studi perbandingan dalam penelitian ini yaitu membandingkan beberapa *layout* alternatif sehingga mendapat *layout* yang dianggap efisien.

3.7.5. Reduksi data

Reduksi data merupakan salah satu dari teknik analisis data. Reduksi data adalah bentuk analisis yang menajamkan, menggolongkan, mengarahkan, membuang yang tidak perlu dan mengorganisasi data sedemikian rupa sehingga kesimpulan akhir dapat diambil. Reduksi tidak perlu diartikan sebagai kuantifikasi data. Dalam penelitian ini, data akan direduksi menjadi evaluasi aspek-aspek teknis dan alur produksi yang difokuskan pada bangunan PT. Industri Kereta Api Madiun.

3.7.6. Penarikan kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan salah satu dari teknik analisis data. Penarikan kesimpulan adalah hasil analisis yang dapat digunakan untuk mengambil tindakan.

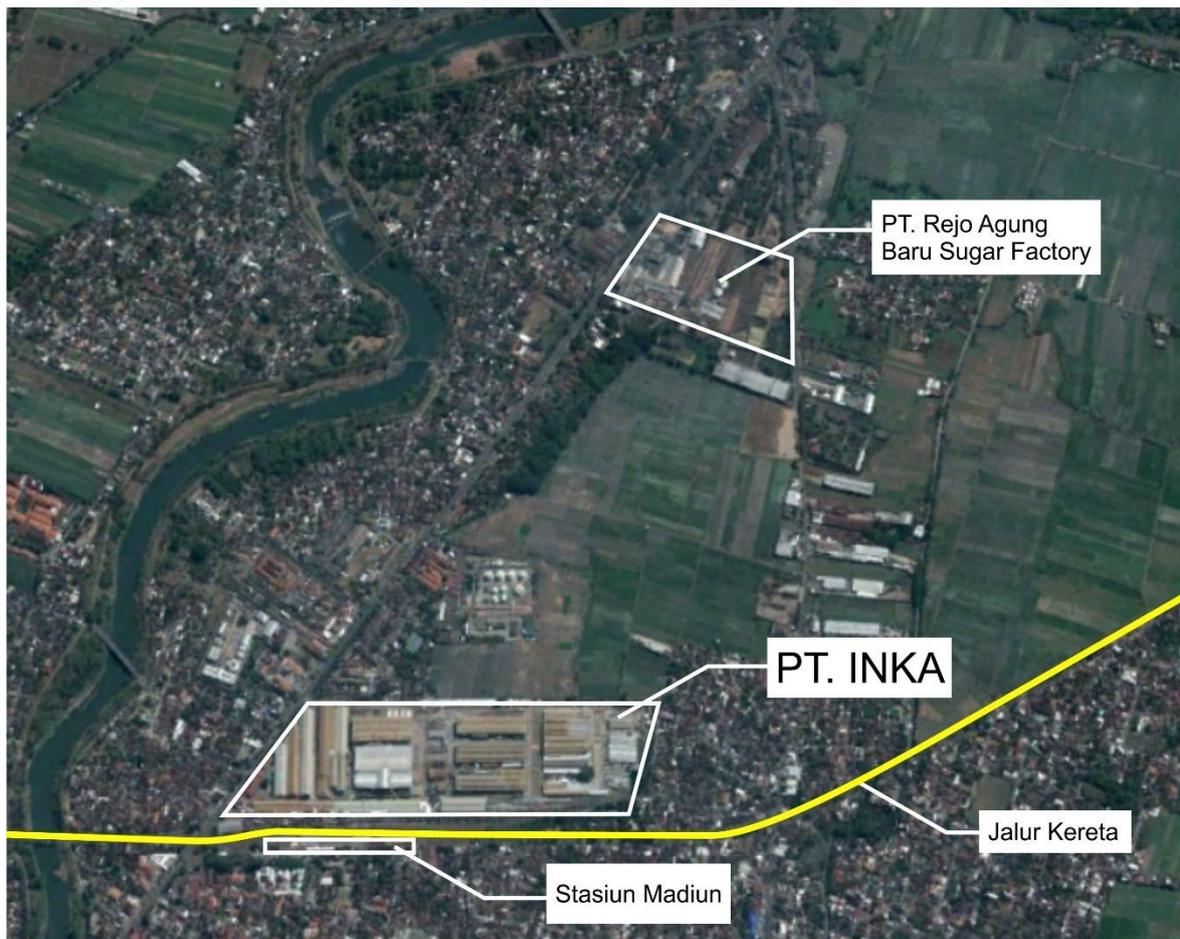
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

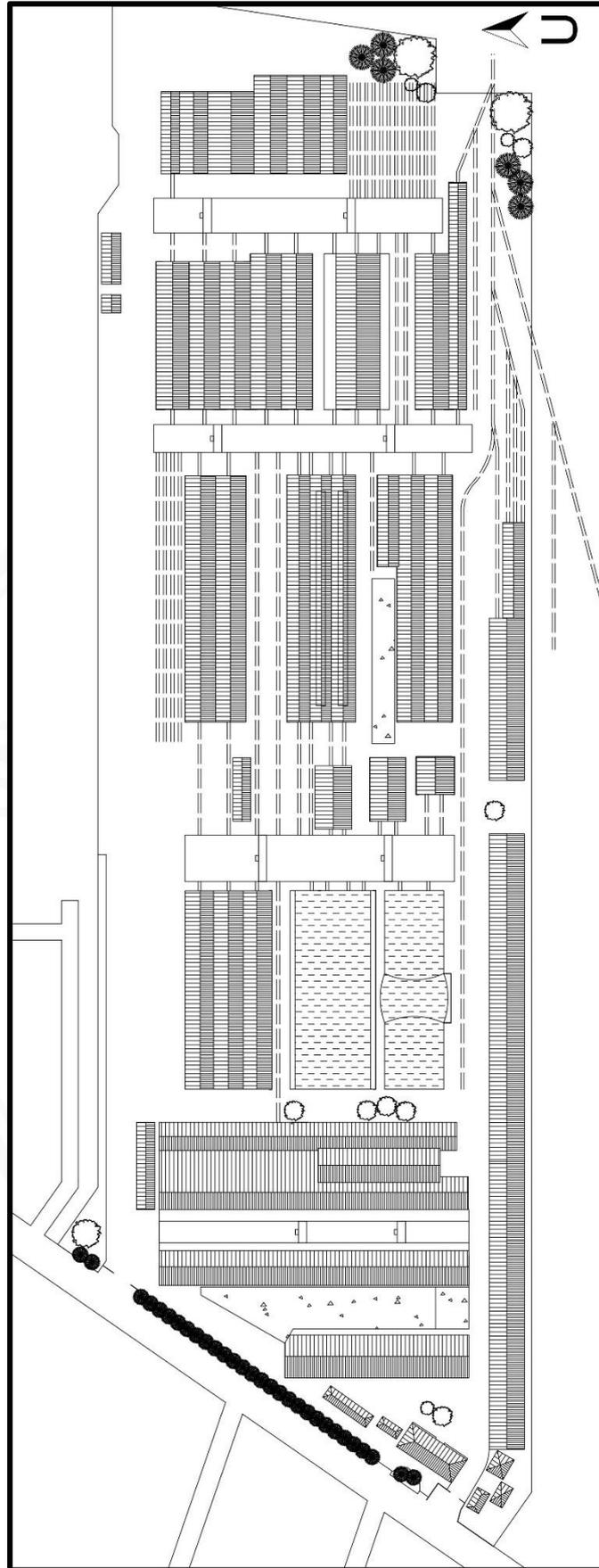
4.1. Objek Penelitian

4.1.1. Tapak dan Layout

PT. Industri Kereta Api terbangun di lahan yang luasnya sekitar $\pm 220.000 \text{ m}^2$ atau $\pm 22 \text{ Ha}$ dengan dimensi tapak yang memanjang ke arah Timur-Barat. Lokasinya sendiri berdekatan dengan Stasiun Madiun dan kantor PT. Kereta Api (persero) tepatnya di sebelah Selatan PT. INKA. Lokasi tapak ini sangat strategis untuk pengiriman unit kereta maupun perbaikan kereta karena dekat dengan jalur kereta dari PT. KAI yakni Stasiun Madiun, maka unit-unit yang dikirim ataupun yang akan diperbaiki tidak perlu keluar dari jalur kereta (rel) karena jalur masuk dan keluar untuk kereta tersedia di bagian Selatan PT. INKA. Selain itu terdapat industri lain yang berdekatan dengan PT. INKA yaitu PT. Rejo Agung Baru Sugar Factory yakni industri gula, tepatnya berjarak 1,80 km ke arah Utara dari PT. INKA.

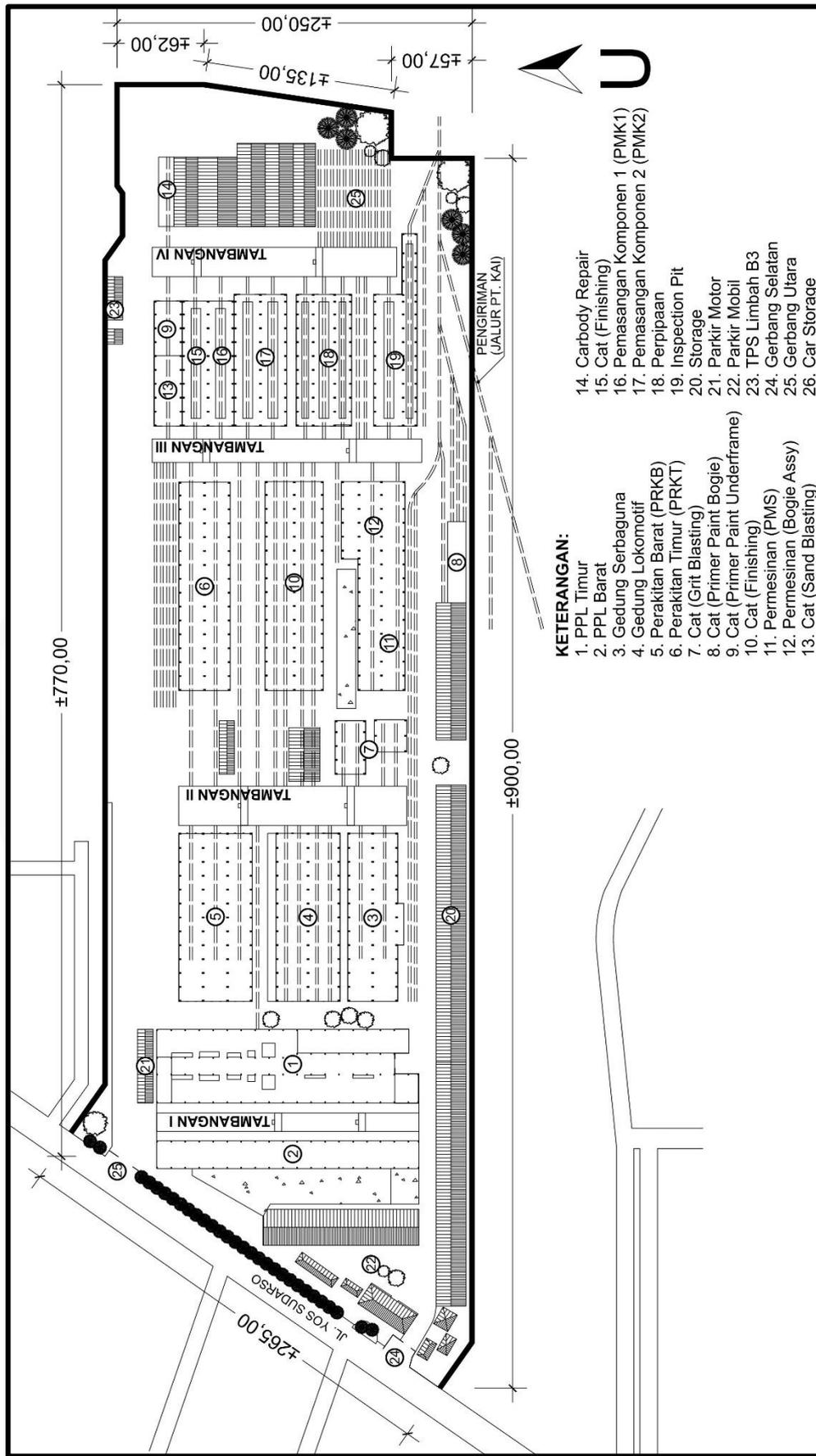


Gambar 4. 1. Kawasan PT. INKA



Gambar 4. 2. Site Plan Eksisting

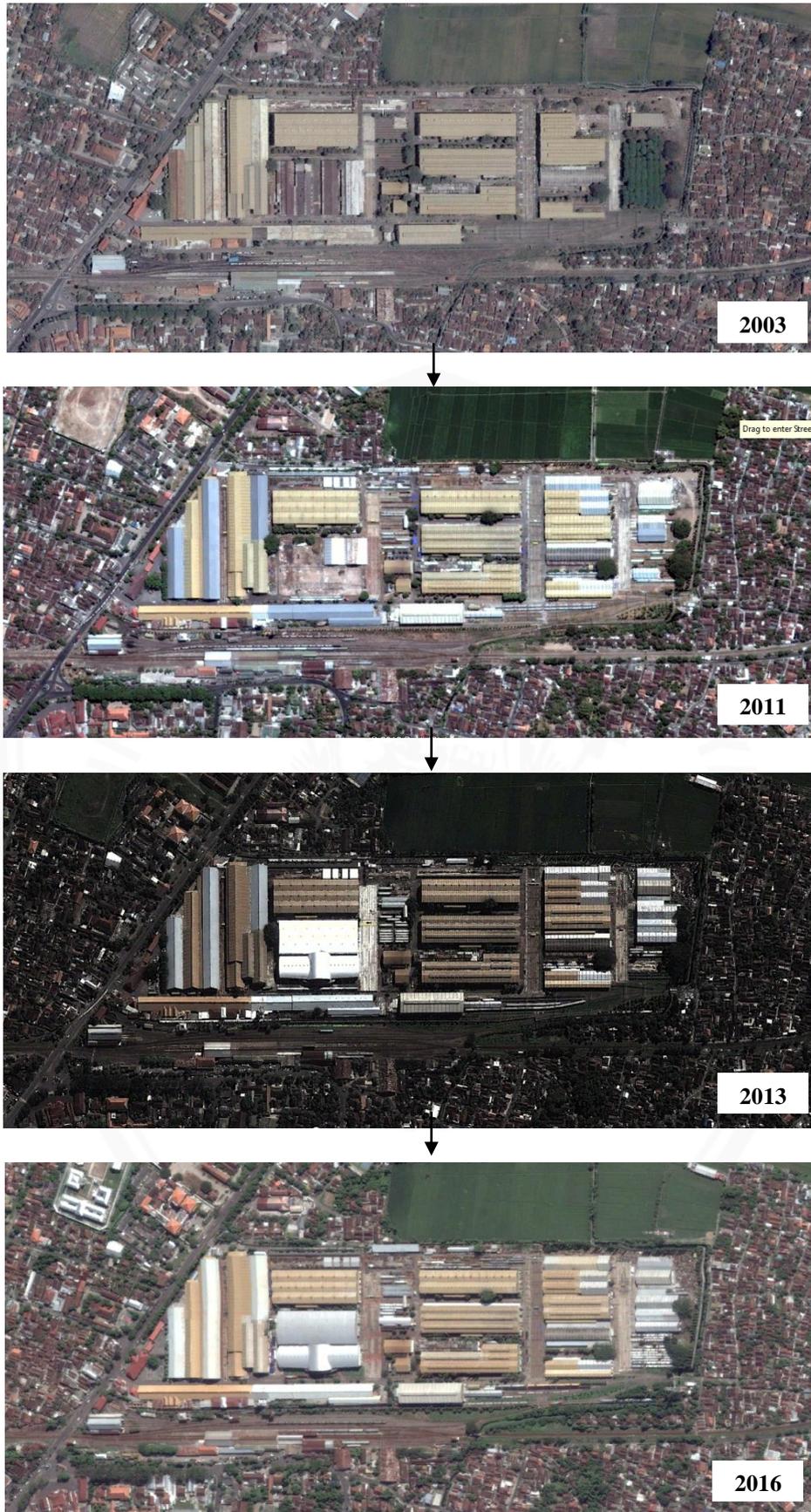




KETERANGAN:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. PPL Timur | 14. Carbody Repair |
| 2. PPL Barat | 15. Cat (Finishing) |
| 3. Gedung Serbaguna | 16. Pemasangan Komponen 1 (PMK1) |
| 4. Gedung Lokomotif | 17. Pemasangan Komponen 2 (PMK2) |
| 5. Perakitan Barat (PRKB) | 18. Perpipaan |
| 6. Perakitan Timur (PRKT) | 19. Inspection Pit |
| 7. Cat (Grit Blasting) | 20. Storage |
| 8. Cat (Primer Paint Bogie) | 21. Parkir Motor |
| 9. Cat (Primer Paint Underframe) | 22. Parkir Mobil |
| 10. Cat (Finishing) | 23. TPS Limbah B3 |
| 11. Permesinan (PMS) | 24. Gerbang Selatan |
| 12. Permesinan (Bogie Assy) | 25. Gerbang Utara |
| 13. Cat (Sand Blasting) | 26. Car Storage |

Gambar 4. 3. Layout Eksisting



Gambar 4. 4. Perkembangan PT. INKA dari Tahun ke Tahun

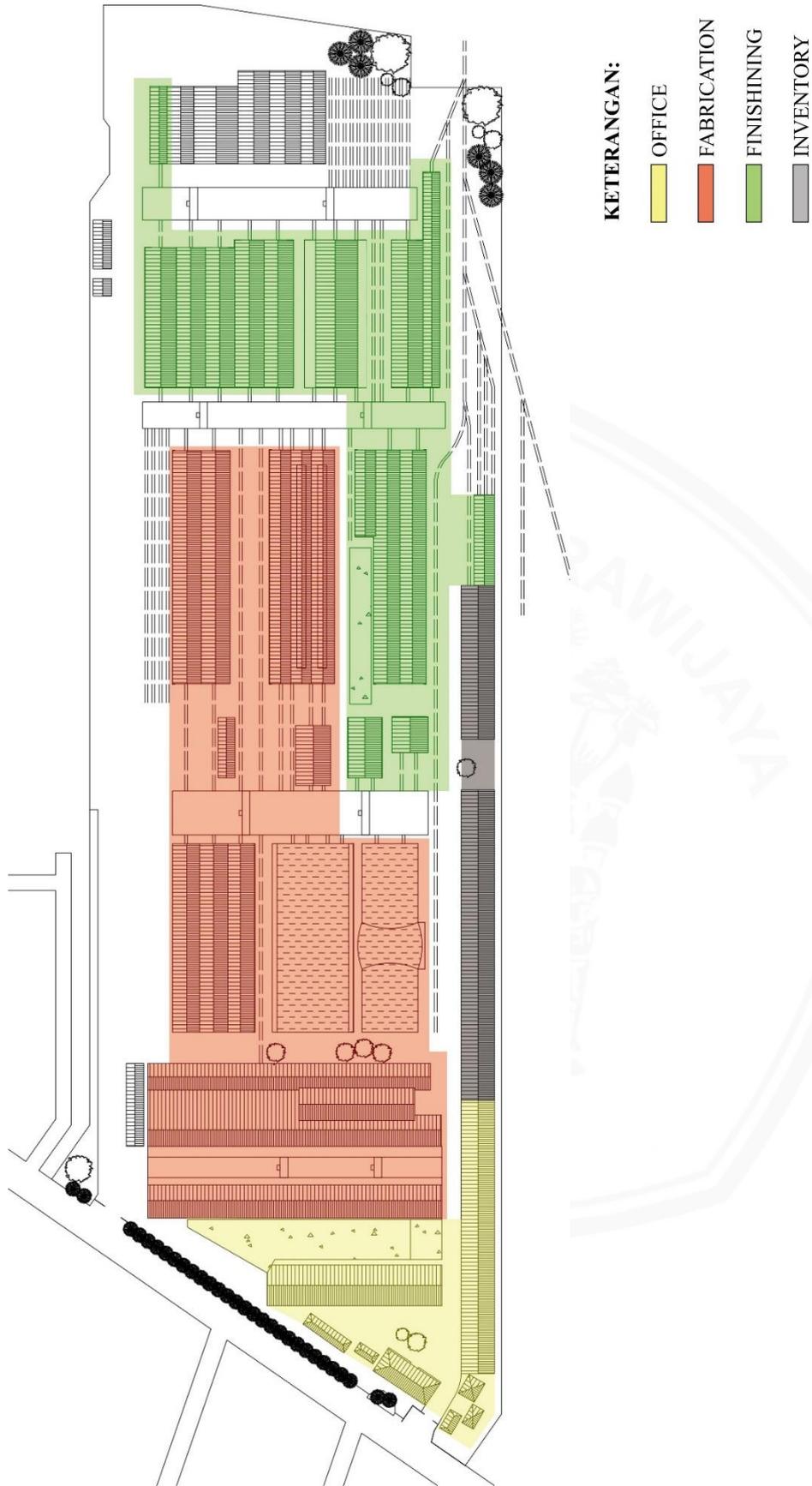


Dalam mencapai visi dan misinya, PT. INKA (Persero) terus mengalami pembangunan untuk melengkapi sarana dan prasarana produksi baik dari bangunan maupun penambahan mesin yang lebih modern. Terlihat pada gambar 4.7. pembangunan terus dilakukan pada area Timur dimana terdapat penambahan beberapa bangunan dan tambangan. Rencana pembangunan ini dikarenakan fasilitas dengan jumlah pesanan tidak sebanding maka dari itu pembangunan tersebut diharapkan dapat membuat PT. INKA semakin maju dalam industri perkereta apian.

Pembangunan lain yang terjadi yaitu pada kurun waktu antara tahun 2011 sampai 2013 dimana terdapat perobohan bangunan yang sekarang menjadi gedung lokomotif dan gedung serbaguna yang ditunjukkan pada gambar 4.2 nomor 3 dan nomor 4. Selain itu pada kurun waktu antara tahun 2003 sampai 2011 terjadi perbaikan (renovasi) pada beberapa atap bangunan.

4.1.2. Zoning

Terdapat kurang lebih 30 massa bangunan yang ada pada PT. INKA dimana beberapa bangunan dapat digolongkan menjadi empat zona yaitu *office*, *production* yang terdiri dari *fabrication* dan *finishing*, dan *inventory* atau logistik, sisanya adalah bangunan dengan fungsi seperti musholla, pos satpam, gedung parkir, dan lain sebagainya. Area Timur PT. INKA (Persero) adalah bangunan yang akan difungsikan untuk proses finishing khususnya pengecatan sampai pendempulan. Namun area tersebut masih dalam proses pembangunan tambangan dan *workstation*. Zoning PT. INKA dikelompokkan sesuai dengan fungsi produksinya dengan penempatan area fabrikasi di Barat dan area finishing di Timur. Jadi penempatan ruang dan bangunan semakin ke Timur produksinya akan semakin mendekati selesai.



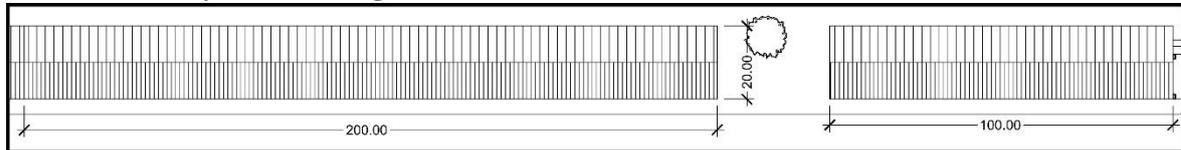
Gambar 4. 5. Zoning PT. INKA



4.2. Fungsi Bangunan Produksi

Berikut penjelasan mengenai fungsi bangunan yang berkaitan dengan proses produksi menurut zoningnya:

4.2.1. Inventory atau Storage



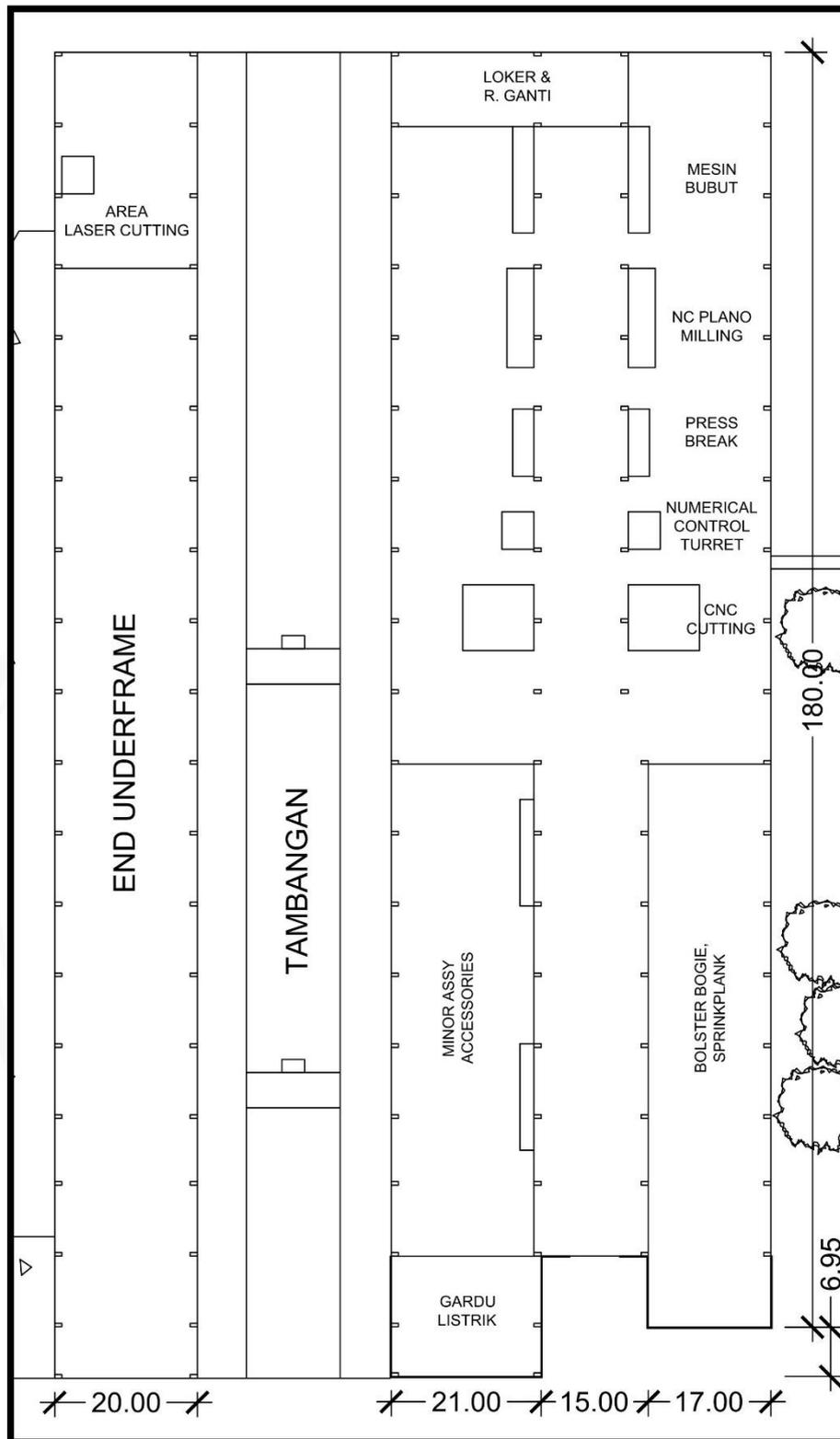
Gambar 4. 6. Bangunan Storage

Zona *inventory* berfungsi sebagai penerimaan dan pengiriman terdiri dari beberapa bangunan yang menyimpan bahan mentah untuk dikerjakan pada proses produksi fabrikasi, seperti plat dan pipa. Bahan-bahan tersebut disimpan di dalam *warehouse* (gudang) yang diterima dari anak perusahaan PT. INKA maupun bahan yang di impor seperti roda. Batas wajar penyimpanan barang pada *warehouse* tidak lebih dari jangka waktu satu bulan dan jika melebihi batas waktu yang ditentukan barang tersebut harus keluar karena luas bangunan *warehouse* tidak dapat menampung semua barang yang diterima secara terus menerus selama satu minggu.

4.2.2. Fabrikasi

Barang atau bahan yang disimpan di dalam *warehouse* selanjutnya akan dibawa ke tempat fabrikasi untuk dilakukannya pembentukan dan perakitan dari plat, pipa dan material lainnya sehingga menjadi barang pokok seperti contoh *underframe* dan *bogie*. Pada zoning fabrikasi terdapat beberapa bangunan diantaranya:

- A. PPL (Pengelasan Plat)



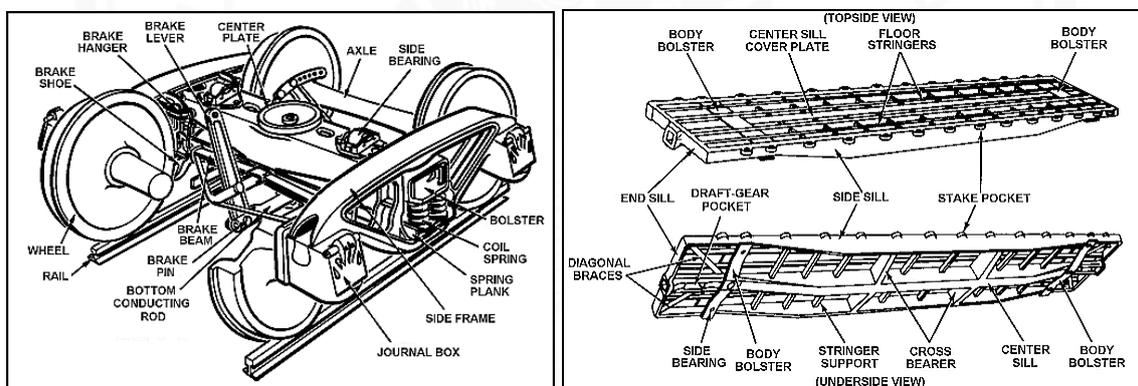
Gambar 4. 7. Layout Ruang PPL

Bangunan PPL atau yang disebut juga DPM (*Detail Part Manufacture*) adalah bangunan pertama dalam proses produksi, tepatnya proses pembuatan rangka yaitu *bogie* dan *underframe*. Bahan utama dalam pembuatan rangka yaitu plat yang dipindahkan dari *storage* menggunakan *forklift*. Proses pembuatan

rangka disebut juga *steel work*, yaitu pengerjaan plat yang akan mengalami proses pemotongan (*punching*), pemotongan laser (*laser cutting*), pengelasan (*welding*), pengasahan (*grinding*), perbaikan (*reforming*), pengeboran (*drilling*), penggergajian (*sawing*), dan pembungkukan (*bending*) sehingga plat dapat dibentuk menjadi bagian dari *bogie* dan *underframe*.

Terdapat dua bangunan PPL yaitu PPL Timur dan PPL Barat yang keduanya dipisahkan oleh tambangan. Kedua bangunan tersebut mengerjakan plat dengan pembagian pekerjaan *underframe* terletak di Barat dan *bogie* terletak di Timur. Terdapat mesin yang menunjang untuk proses *steel work* tersebut, diantaranya:

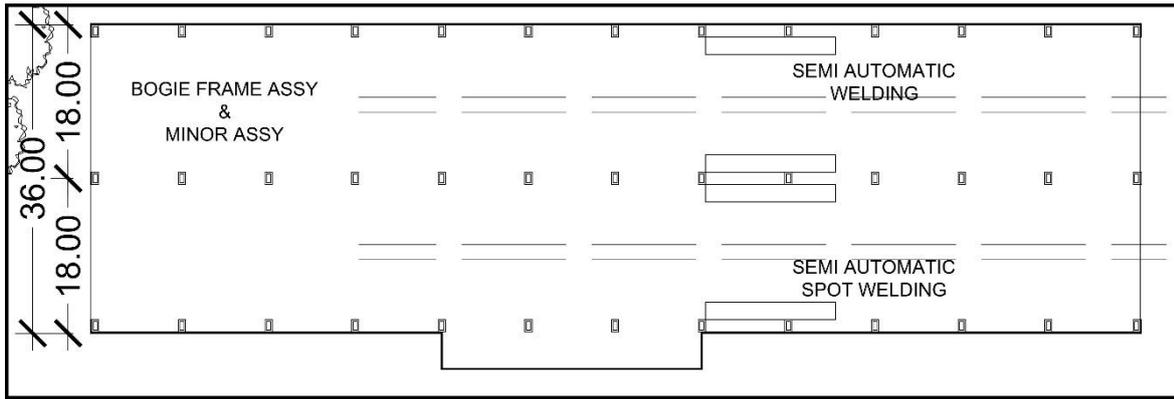
1. *CNC Cutting*, untuk memotong plat.
2. *Numerical Control Turret*, untuk melubangi dan membentuk plat.
3. *Press Break*, untuk membentuk plat.
4. *NC Plano Milling*, untuk membentuk dan memotong plat.
5. Mesin bubut, untuk membentuk plat.
6. *Laser Cutting*, untuk memotong plat menggunakan laser.
7. *Drilling*, untuk melubangi plat.



Gambar 4. 8. Bagian *Bogie* dan *Underframe*

Setelah plat tersebut dibentuk menggunakan mesin-mesin tersebut, maka komponen dari *bogie* dan *underframe* telah selesai diproduksi. Komponen *bogie* antara lain *bolster*, *bogie frame* dan *spring plank* (pegas). Sedangkan komponen *underframe* antara lain *bolster*, *end underframe* atau *end sill* dan *center sill*. Komponen tersebut belum dirangkai dan masih dalam bentuk potongan.

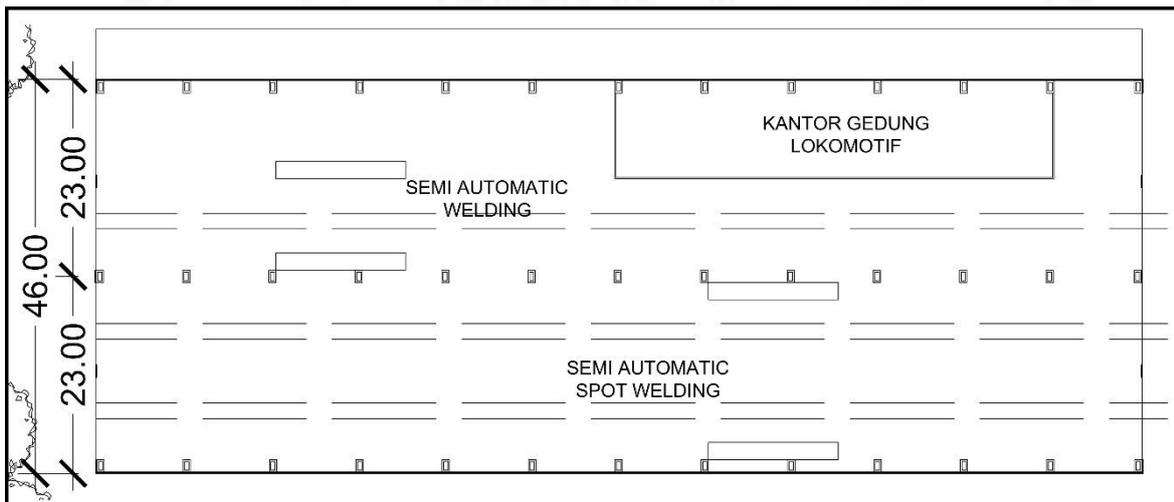
B. Gedung Serbaguna



Gambar 4. 9. *Layout* Gedung Serbaguna

Gedung serbaguna digunakan untuk merangkai *bogie* dengan cara pengelasan. Terdapat dua mesin yang dipakai yaitu *semi automatic welding* dan *semi automatic spot welding*. Perangkaian tersebut menghasilkan rangka *bogie* yang siap dipasang roda dan komponen lain.

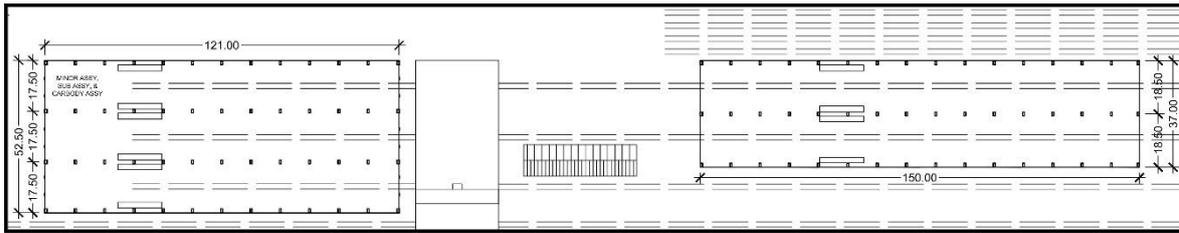
C. Gedung Lokomotif



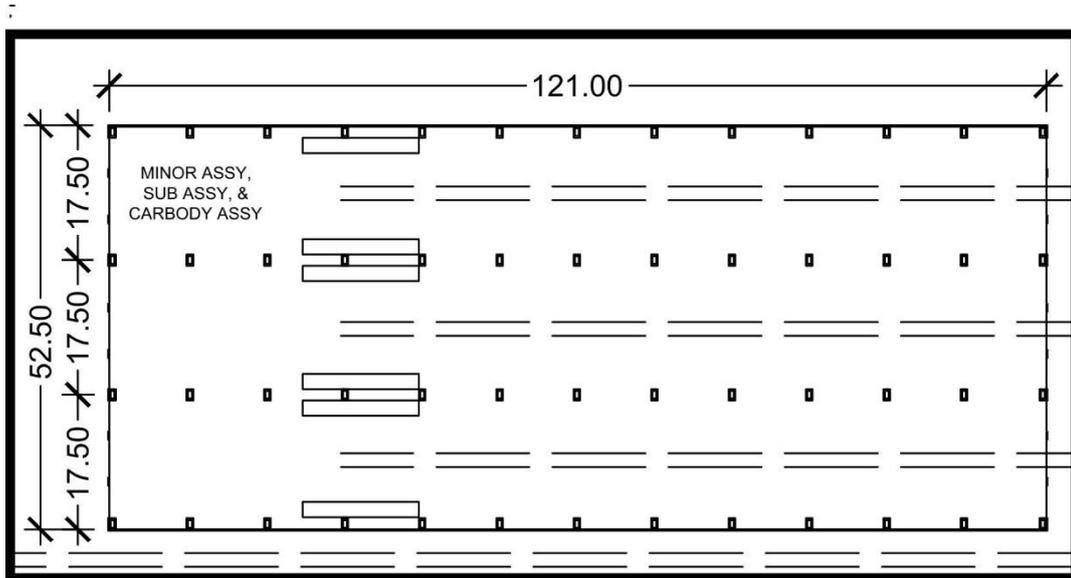
Gambar 4. 10. *Layout* Gedung Lokomotif

Gedung Lokomotif digunakan untuk merangkai *underframe* dengan cara yang sama seperti yang dilakukan di gedung serbaguna. Pengelasan dan perangkaian menggunakan mesin *semi automatic welding* dan *semi automatic spot welding* yang menghasilkan *underframe* yang akan dirangkai dengan *carbody*.

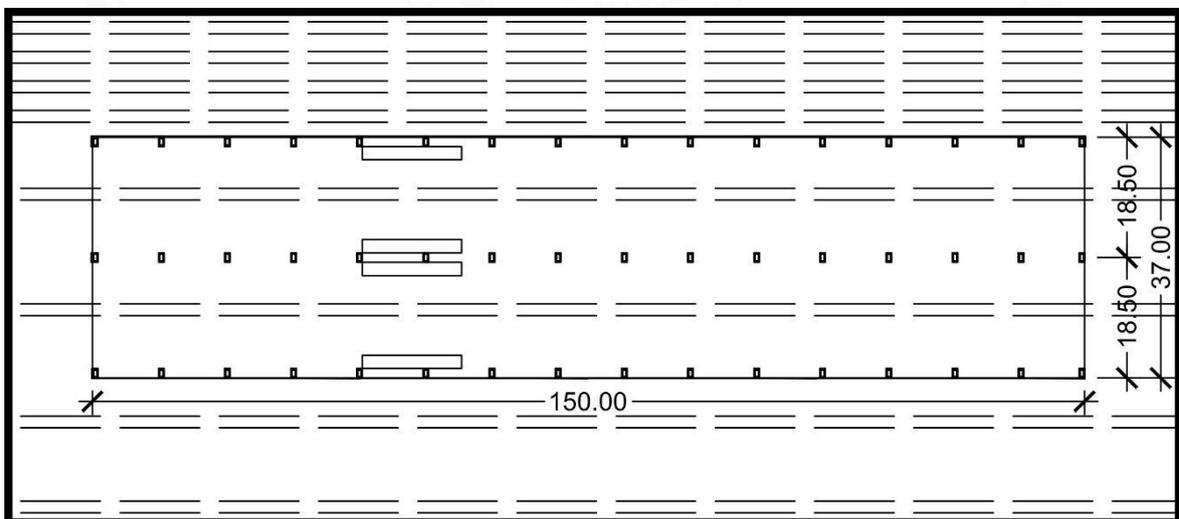
D. Perakitan (PRK)



Gambar 4. 11. *Layout Perakitan*

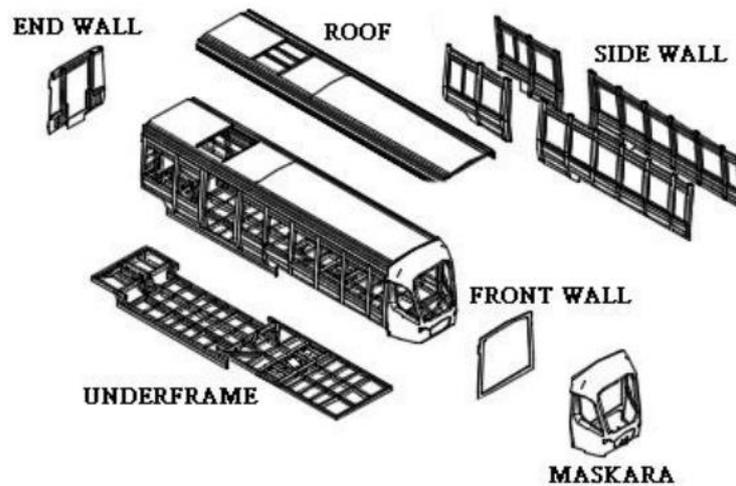


Gambar 4. 12. *Layout Perakitan Barat*



Gambar 4. 13. *Layout Perakitan Timur*

Terdapat dua bangunan perakitan (PRK) yaitu perakitan Barat (PRKB) dan perakitan Timur (PRKT). Kedua bangunan tersebut dilengkapi dengan mesin *semi automatic welding* dan *semi automatic spot welding*.



Gambar 4. 14. Komponen *Carbody Assembly*

Pada bangunan tersebut terjadi beberapa proses perakitan yaitu:

1. *Minor assembly*

Bagian *minor assembly* terbagi dua yaitu *minor assembly* I dan *minor assembly* II dimana *minor assembly* I merupakan pengerjaan bagian untuk kebutuhan *carbody* yaitu bagian atas kereta (gerbong) dan *minor assembly* II merupakan pengerjaan kebutuhan interior.

2. *Sub assembly*

Setelah pengerjaan bagian-bagian unit kereta telah selesai akan diproses pada bagian *sub assembly* yaitu kumpulan bagian yang disatukan menjadi suatu unit dalam pembuatan rakitan yang lebih besar. Seperti pemasangan *sidewall* dan *end wall*.

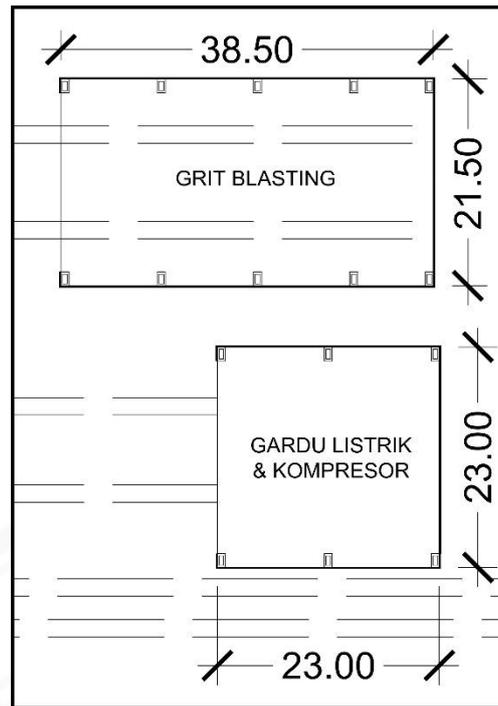
3. *Carbody assembly*

Pada bagian *carbody assembly* pekerjaan yang dilakukan adalah perakitan gerbong kereta (*carbody*). Pada proses ini *underframe* disatukan dengan *carbody*.

4.2.3. Finishing

Pada zona *finishing* bangunan-bangunan tersebut difungsikan sebagai proses akhir dari suatu produk diantaranya dilakukan pengerjaan seperti *blasting*, pengecatan, *equipment fitting*, *bogie mounting*, dan *testing*.

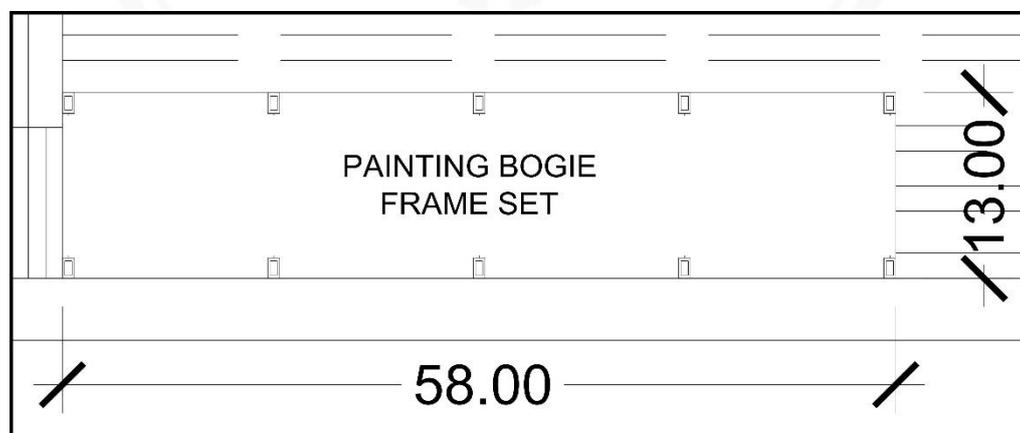
A. *Grit blasting*



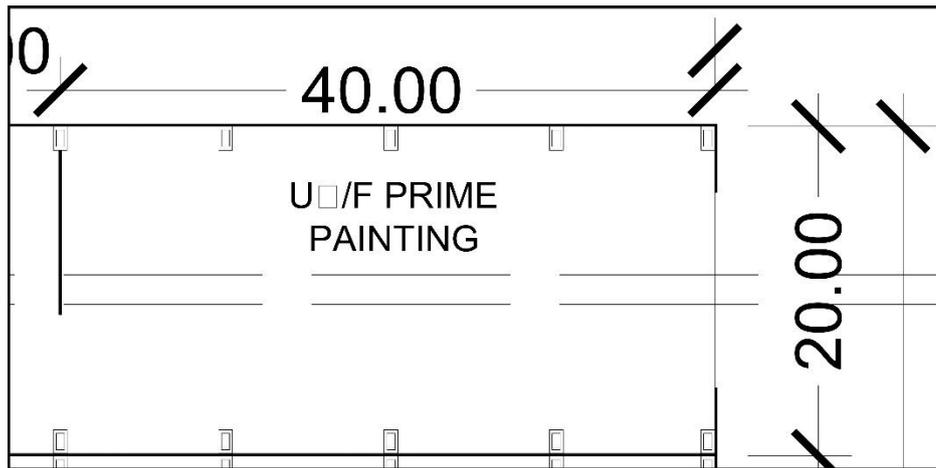
Gambar 4. 15. Layout Grit Blasting

Grit blasting berfungsi untuk membersihkan gerbong dari debu dan kotoran/karat yang umumnya bermaterial metal atau besi dengan cara menyemprotkan pasir besi atau pasir silika (*steel grit*) menggunakan kompresor dengan tekanan 5-6 Kg/cm² dan disemprotkan pada permukaan di ruang tertutup dengan kebersihan yang terjamin yang dilengkapi lokal *exhaustion*. Selain itu juga bertujuan untuk membuat tekstur (kekasaran) pada permukaan rangka agar didapatkan tingkat perekatan yang baik antara permukaan dengan bahan pelindung seperti cat. Maka dari itu tidak heran jika *workstation* untuk proses *blasting* adalah *workstation* yang tertutup.

B. Primer painting



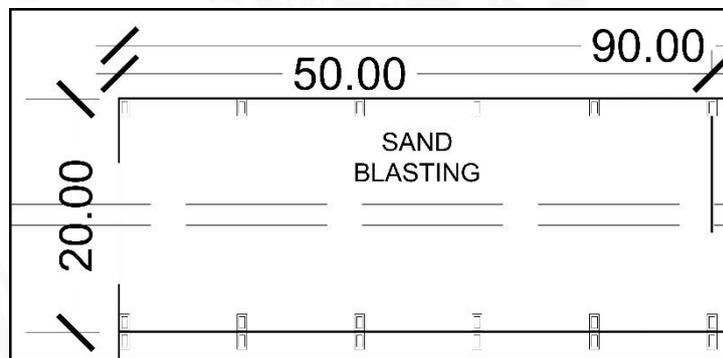
Gambar 4. 16. Layout Primer Paint Bogie



Gambar 4. 17. *Layout Primer Painting Underframe*

Pengecatan awal dilakukan pada *underframe* dan *bogie* dengan penyemprotan *men*i dengan *sprayer* bertekanan udara dari kompresor yang berfungsi untuk melindungi dan mencegah terjadinya karat dan untuk melindungi atau menahan beban dari cat pada tahap setelahnya. Pengecatan primer untuk *bogie* dan *underframe* terpisah, hal tersebut dikarenakan proses produksi mengalami pemisahan antara *bogie* dan *underframe* untuk perangkaian yang mengakibatkan adanya pemisahan.

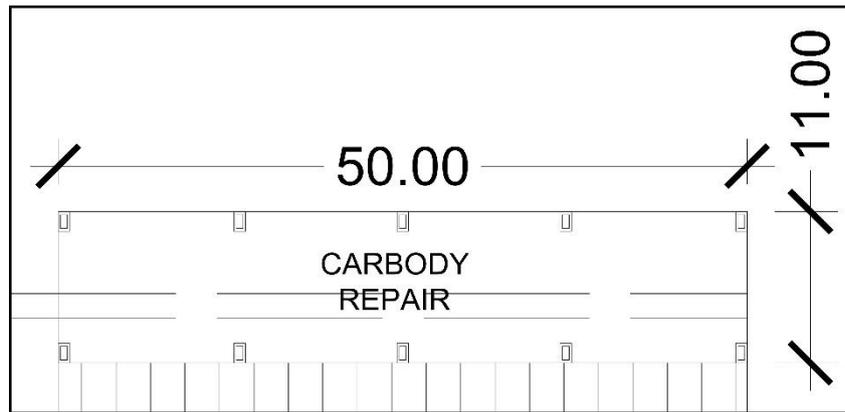
C. *Sand blasting*



Gambar 4. 18. *Layout Sand Blasting*

Sand blasting adalah suatu proses pembersihan permukaan dengan cara menembakkan partikel (pasir) ke suatu permukaan material sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan, kemudian permukaan tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Proses ini dapat membersihkan kotoran seperti karat, jamur, dan karat.

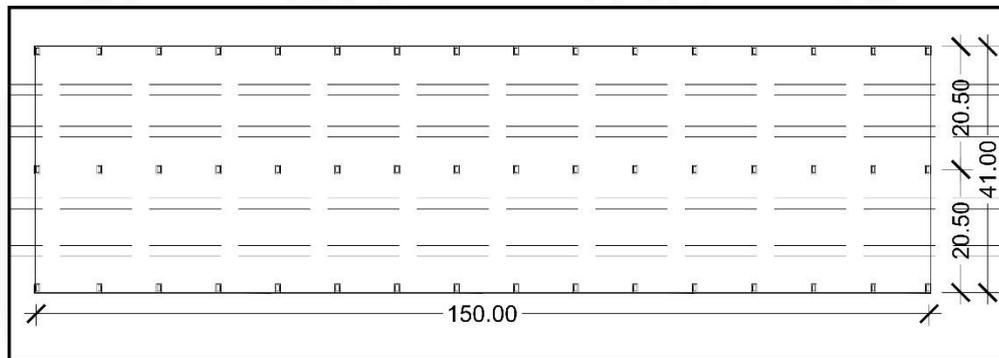
D. *Carbody repair*



Gambar 4. 19. *Layout Carbody Repair*

Kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan ukuran standar *carbody* yang berubah karena telah melalui proses *grit blasting*.

E. Pengecatan akhir



Gambar 4. 20. *Layout Pengecatan Akhir*

Pengecatan akhir meliputi beberapa pekerjaan *finishing* diantaranya:

1. *Part painting & GFRP*

Pengecatan bagian kereta dan pemasangan GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polimer*).

2. *Cutting part interior*

Pembuatan komponen interior seperti kursi, meja, dll.

3. *Unitex, Insulation wall + bituminous*

Pemberian peredam getaran, peredam kebisingan dan mencegah karat.

4. *Putty*

Proses penghalusan permukaan bagian yang kasar (pendempulan).

5. *Carbody painting*

Pengecatan *carbody*.

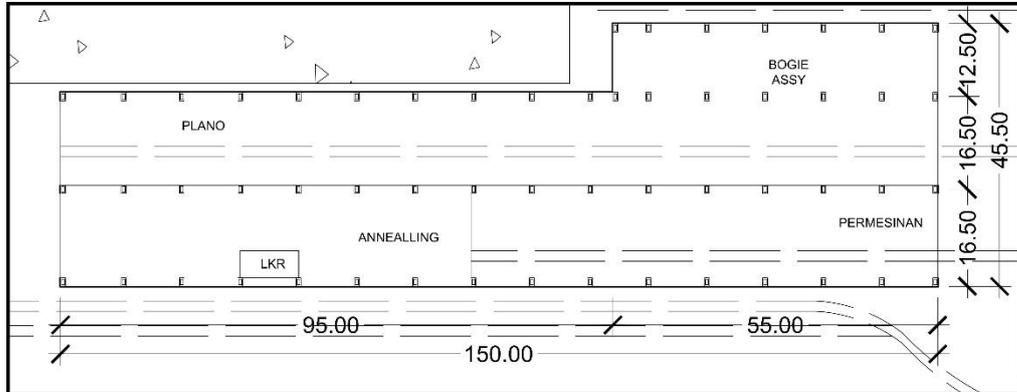
6. *Surfacer*

Pemberian pelapis agar permukaan lebih halus.

7. *Top coat + clear coat*

Memberi lapisan agar permukaan lebih detail.

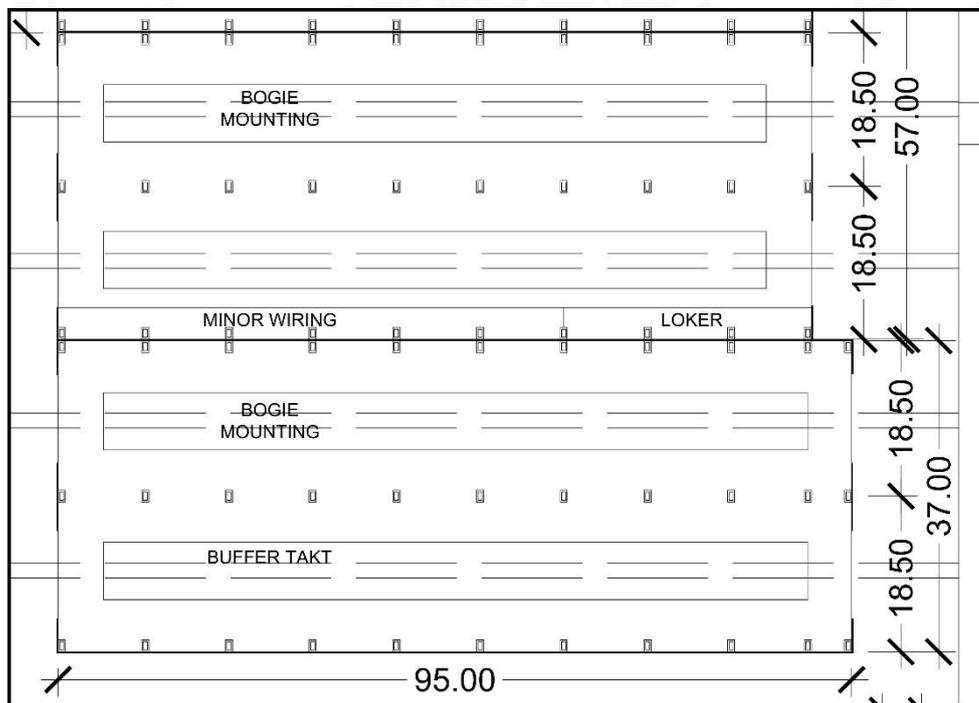
F. Permesinan (PMS)



Gambar 4. 21. *Layout Permesinan*

Pada bangunan Permesinan (PMS) dilakukan proses perangkaian *bogie* dengan komponen lain seperti roda dan mesin.

G. Pemasangan komponen (PMK)



Gambar 4. 22. *Layout Pemasangan Komponen*

Bagian ini melakukan proses pekerjaan pemasangan komponen-komponen kereta dan juga produk diversasi dan pemasangan sarana pendukung lain. Secara umum, *equipment fitting* dibagi menjadi tiga antara lain:

1. *Electrical*

Pemasangan komponen listrik pada gerbong terutama pada gerbong penumpang seperti pemasangan kabel listrik, panel-panel, dan lain sebagainya.

2. *Mechanical*

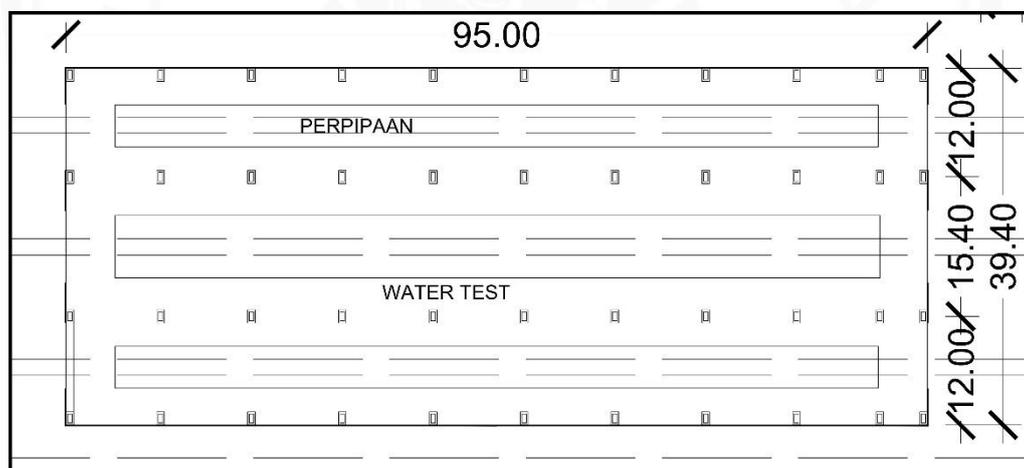
Bagian ini mengerjakan proses *machining* seperti bubut (*milling*), *scraping*, *drilling*, dan sebagainya untuk menyiapkan *single part* dan pemilihan yang sesuai dengan benda kerja yang diinginkan seperti melakukan pembuatan barang berbentuk *center sill*, *pen*, dan *silindris*.

3. *Interior*

Dalam bagian ini dilakukan pemasangan dinding, instalasi lampu, kursi, tempat barang, pintu, jendela, dan *lavatory*.

Selain pekerjaan di atas, pada bangunan PMK dilakukan pemasangan *carbody* dengan *bogie* yang disebut dengan *bogie mounting*. Pada proses ini, kereta mulai terbentuk secara utuh mulai dari roda hingga atap.

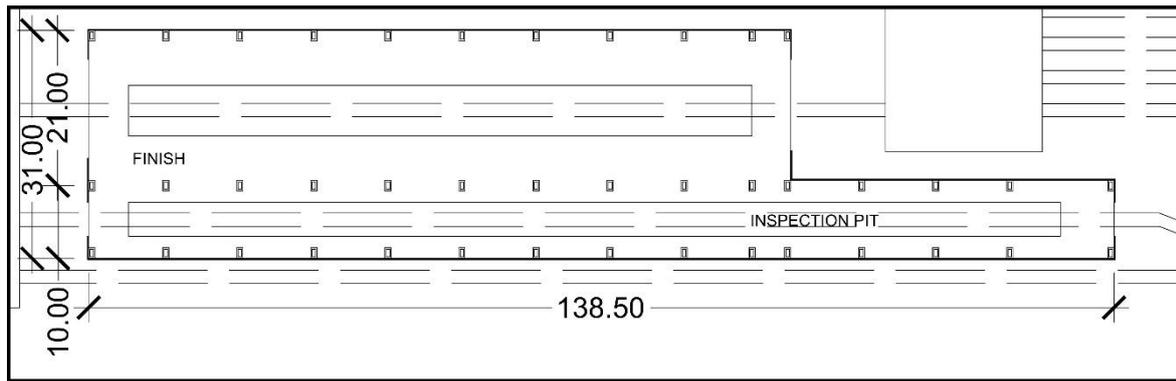
H. *Water test*



Gambar 4. 23. Layout Water Test

Water test atau uji kelayakan air adalah tes uji yang digunakan untuk mengetahui kelayakan gerbong mengenai daya tahan terhadap air contohnya air hujan agar unit tersebut tidak mengalami kebocoran, pengelupasan cat, dan hal yang tidak diinginkan lainnya.

I. *Quality insurance*



Gambar 4. 24. *Layout Quality Insurance*

Untuk mendapatkan suatu unit yang berkualitas maka setelah perangkaian sampai pengecatan selesai dilakukan pengetesan yang yang dilakukan *qualiti assurance* (QA). Beberapa tes yang dilakukan yaitu:

1. Tes Statis

Tes ini terdiri dari beberapa proses sebagai berikut:

a. Uji beban

Uji beban dilakukan untuk menguji kekuatan produk kereta api terhadap besarnya beban maksimal yang diberikan seperti uji beban *bogie* (*bogie load test*) untuk menguji beban maksimal yang dapat diterima *bogie*.

b. Uji kualitas desain interior

Desain interior yang terpasang harus diuji untuk agar interior tersebut sesuai dengan rencana dan layak pakai

c. Uji kelistrikan

Uji ini berfungsi untuk memeriksa dan memastikan pemasangan komponen listrik pada unit tersebut dalam kondisi baik dan dapat berfungsi.

d. Uji pengereman

Pada uji pengereman meliputi pemeriksaan kebocoran pipa rem (*brake pipe*), pemeriksaan langkah *brake cylinder*, serta pemeriksaan langkah *piston* pada *brake cylinder*.

2. Tes Dinamik

Tes ini terdiri dari beberapa proses sebagai berikut:

a. Uji kelengkungan (*curve test*)

Tes ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan gerbong kereta saat melalui lintasan yang melengkung dengan cara menempatkan setengah

bagian gerbong kereta pada tambangan dan sisanya pada lintasan rel kemudian dilakukan penggerakan pada tambangan dengan jarak sesuai standar yang ditetapkan. Gerbong kereta dikatakan lulus uji jika komponen bagian bawah gerbong tidak ada yang menyentuh roda.

b. Uji jalan (*run test*)

Uji ini adalah tahapan akhir dari proses *testing* atau uji kualitas produksi yang dilakukan dengan cara menjalankan rangkaian gerbong dengan menggunakan lokomotif kereta di lintasan untuk mengetahui kelayakan jalan dari unit tersebut.

4.3. Aspek Teknis PT. INKA

4.3.1. Struktur Bangunan



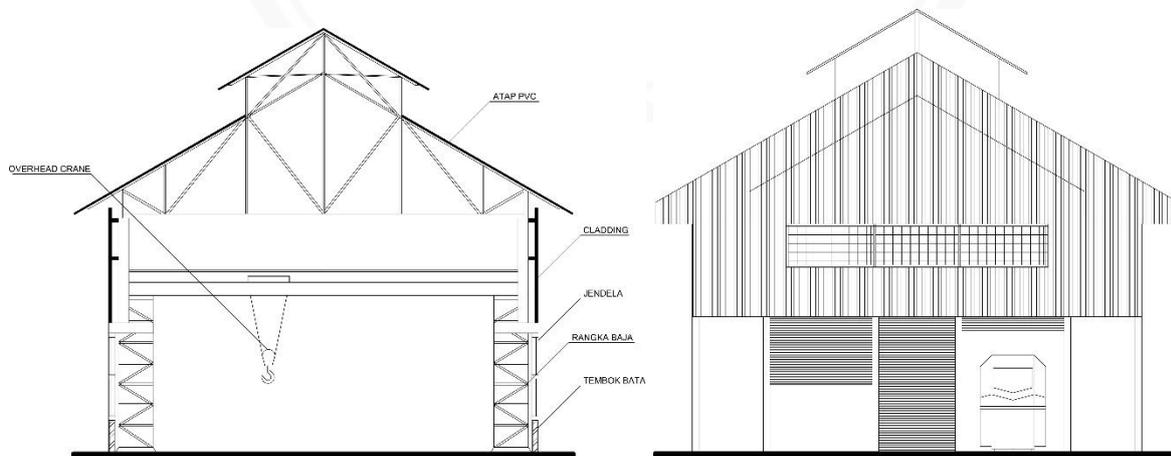
Gambar 4. 25. Tampak Bangunan *Single Story*

PT. INKA memiliki beberapa massa bangunan dengan struktur yang beragam, jika diamati pada bangunan yang dipakai dalam proses produksi (*workshop & workstation*) dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *single story* dan *high bay and monitor types*. *Single story* digunakan pada bangunan PPL (pengerjaan plat), PRK (perakitan), pengecatan, dan perakitan. Sedangkan *high bay and monitor types* digunakan khususnya pada bangunan *quality assurance* atau pengetesan dan pengecekan, penggunaan *high bay and monitor types* memudahkan proses *quality assurance* dengan adanya *mezzanine* sebagai tempat pengawasan.



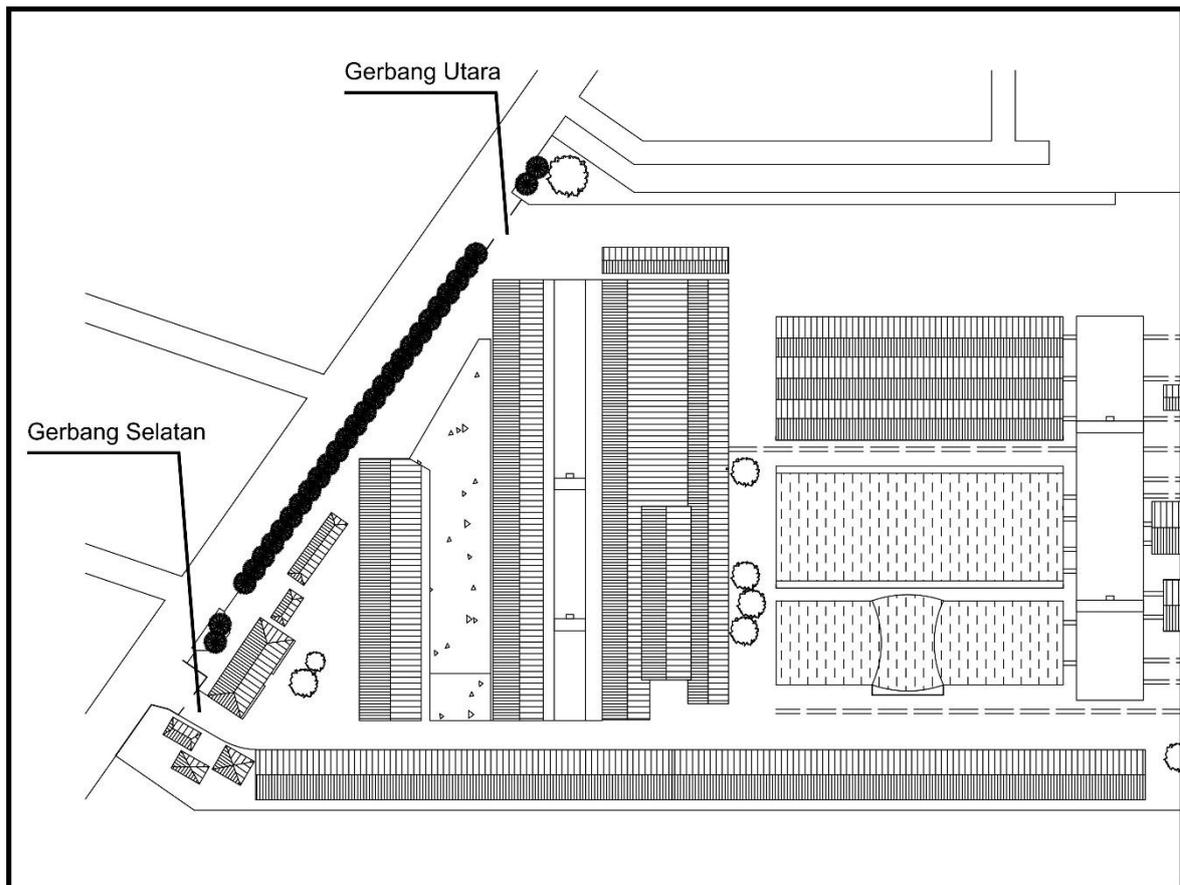
Gambar 4. 26. Tampak Bangunan *High Bay and Monitor Types*

Bangunan tersebut terdiri dari kolom baja dengan bentang yang lebar yang sangat bagus untuk bangunan industri karena meminimalisir adanya kolom di tengah bangunan yang dapat mengganggu aliran produksi. Pada beberapa bangunan terdapat dinding yang diberi jendela sebagai penerangan cahaya alami dari sisi samping bangunan. Sedangkan bagian atas terdiri dari rangkaian kuda-kuda berbahan baja ringan dengan beberapa pasangan atap transparan yang berfungsi sebagai penerangan di siang hari yang dapat menghemat penggunaan penerangan buatan.



Gambar 4. 27. Contoh Detail Bangunan

4.3.2. Sarana Jalan Masuk dan Keluar



Gambar 4. 28. Sarana Jalan Masuk dan Keluar

Terdapat dua akses masuk dan keluar di PT. INKA yang terletak di sebelah Selatan yaitu untuk mobil dan kendaraan berat yang disediakan tempat parkir untuk pegawai dan tamu, sedangkan di sebelah Utara yaitu untuk motor yang disediakan tempat parkir motor untuk pegawai dan tamu. Untuk akses kendaraan berat menuju ke *warehouse* yaitu melewati gerbang sebelah Selatan yang nantinya akan menuju ke *warehouse* untuk bongkar muatan dan keluar dengan jalur yang sama.

4.3.3. Alat Angkut

Alat angkat dan angkut yang digunakan di PT. INKA antara lain:

A. *Forklift*



Gambar 4. 29. *Forklift*

Forklift adalah mesing yang menggunakan dua garpu untuk mengangkat dan menempatkan beban ke posisi yang biasanya sulit di jangkau. Alat ini memiliki ban kecil yang dirancang untuk berjalan pada permukaan aspal. Penggunaan *forklift* di PT. INKA terdapat pada area *warehouse* (gudang) untuk bongkar muat dan menata penyimpanan material di dalamnya, selain itu untuk memindahkan material berupa plat dari *warehouse* ke area PPC yaitu pengerjaan plat.

B. Tambangan



Gambar 4. 30. Tambangan

Tambangan berfungsi untuk memindahkan bahan baku bisa berupa *underframe* hingga gerbong yang dilengkapi dengan rel. PT. INKA memiliki lima tambangan yang bergerak secara horizontal memindahkan barang dengan penyesuaian rel sesuai jalur dan akan menuju ruang produksi berikutnya.

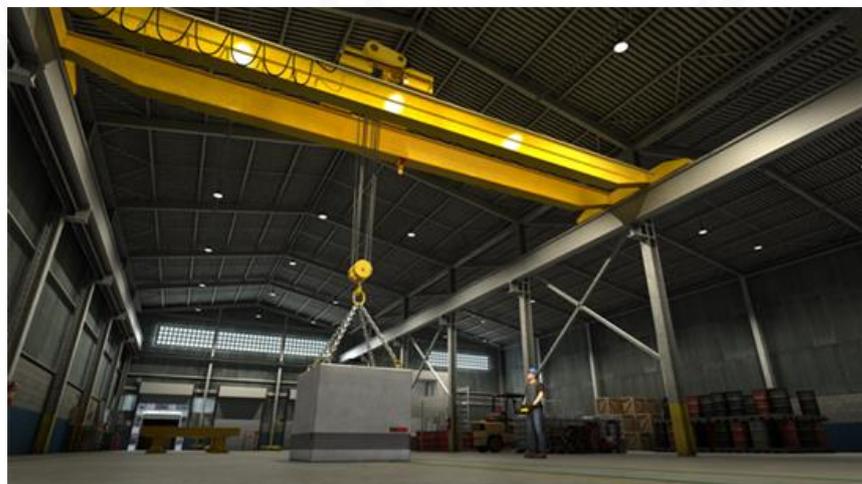
C. *Tower Crane*



Gambar 4. 31. *Tower Crane*

Crane adalah suatu alat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan tali yang mengangkat muatan secara vertikal dan bergerak secara horizontal secara bersamaan lalu menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakan *crane* secara dua derajat kebebasan. Penggunaan *tower crane* di PT. INKA terdapat pada area PPC yang letaknya dekat dengan tambangan sebelah Barat yang dikhususkan untuk mengangkat *underframe* untuk dibawa ke proses selanjutnya.

D. *Overhead crane*



Gambar 4. 32. *Overhead Crane*

Setiap bangunan produksi di PT. INKA dilengkapi dengan adanya *overhead crane* yang berfungsi memindahkan barang atau material yang berat di dalam bangunan supaya kenyamanan dan kemudahan dalam proses produksi dapat tercipta.

E. *Zweiweg*



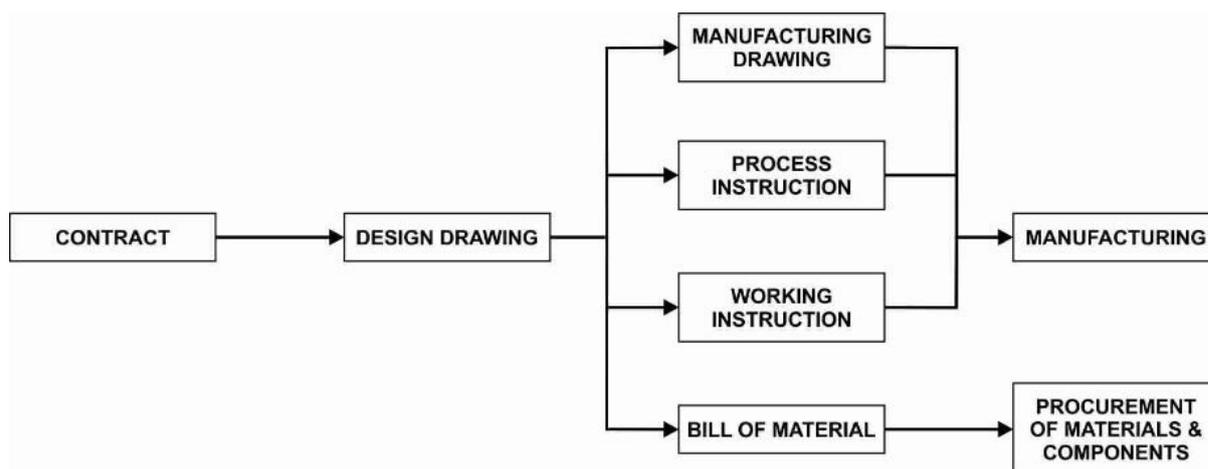
Gambar 4. 33. *Zweiweg*

Zweiweg adalah alat atau kendaraan yang digunakan untuk memindahkan kereta dengan cara ditarik. Kendaraan ini memiliki ban yang dilengkapi dengan roda untuk berjalan di atas rel.

4.3. Produksi

4.3.1. Strategi dan Proses Produksi PT. Industri Kereta Api

Seperti yang diketahui bahwa PT. Industri Kereta Api memproduksi kereta berdasarkan permintaan konsumen yang mana jumlah dari produksi kereta sesuai dengan permintaan konsumen dengan model dan spesifikasi yang tidak menentu. Karenanya PT. INKA (Persero) mempunyai strategi produksi dalam merespon konsumen yaitu *make to order*. *Make to order* adalah proses memproduksi suatu barang dengan desain dan spesifikasi yang telah ditentukan oleh konsumen dan biasanya telah dibuat sebelumnya (Bedworth dan Bailey, 1987).



Gambar 4. 34. Strategi dan Proses Produksi PT. INKA

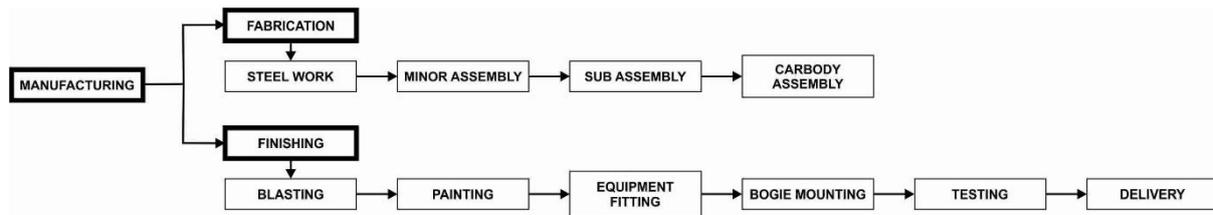
Tahapan awal dari strategi produksi MTO (*make to order*) PT. INKA adalah proses kontrak dengan konsumen yang mana membahas unit kereta seperti apa yang diinginkan oleh konsumen dan batas waktu yang ditentukan dengan jumlah unit yang akan dipesan. Selanjutnya desain kereta tersebut memasuki langkah selanjutnya dengan pembuatan gambar pengerjaan, tahapan proses pengerjaan, instruksi pengerjaan, dan biaya yang akan dikerjakan sehingga dapat merakit unit yang sesuai dengan permintaan konsumen.

PT. INKA melakukan gabungan dari tiga transformasi material dalam melakukan proses produksi (Macmillan,1962), yaitu:

- 1) *Transformation by disintegration*, dimana satu bahan dapat diproduksi menjadi beberapa *output* dengan kemungkinan beberapa perubahan seperti perubahan fisik dan perubahan geometri. Dalam PT. INKA dilakukan pada pengerjaan plat.
- 2) *Transformation by integration or assembly*, dimana beberapa komponen dirangkai menjadi suatu produk.
- 3) *Transformation by service*, yang mana hampir tidak ada perubahan objek dalam proses produksi dengan pertimbangan yang jelas namun operasi tertentu dilakukan untuk mengubah parameter yang menentukan objek. Dalam artian memperbaiki kualitas atau pemeliharaan.

4.3.2. Sistem Produksi Menurut Aliran Operasi

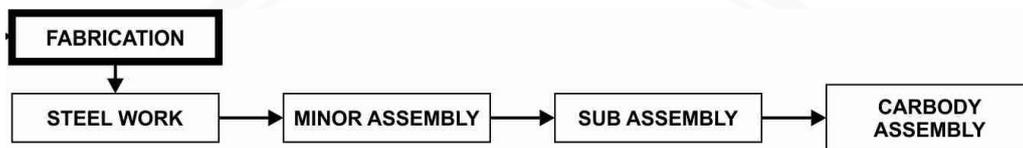
Dalam pengerjaan unit kereta pada di PT. INKA (Persero) terdapat dua bagian yaitu fabrikasi dan *finishing* yang mana kedua bagian tersebut memiliki tahapan-tahapan tersendiri yang akan saling berkaitan satu sama lain.



Gambar 4. 35. Sistem Produksi PT. INKA

Proses fabrikasi dan *finishing* saling berkaitan dan material yang diproduksi melewati prosesnya secara bertahap sesuai dengan *manufacturing drawing*, *process instruction*, dan *working instruction*.

A. Fabrikasi



Gambar 4. 36. Alur Fabrikasi

Fabrikasi adalah suatu rangkaian pekerjaan dari beberapa komponen material baik berupa plat, pipa ataupun baja profil yang dirangkai dan dibentuk secara bertahap sampai menjadi suatu bentuk yang dapat dipasang menjadi sebuah rangkaian alat produksi maupun konstruksi. Fabrikasi yang dilakukan di PT. INKA kebanyakan adalah fabrikasi logam, yaitu suatu proses produksi logam yang meliputi antara lain rekayasa (perancangan), pemotongan, pembentukan, penyambungan dan perakitan atau pengerjaan akhir. Pekerjaan fabrikasi yang dilakukan di PT. INKA secara umum ada dua, yaitu:

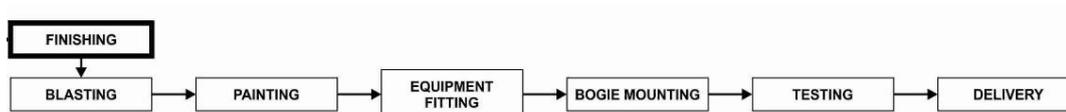
1. *Workshop fabrications*

Workshop Fabrications adalah proses fabrikasi yang dilakukan di dalam suatu bangunan atau gedung yang di dalamnya sudah dipersiapkan segala macam alat dan mesin untuk melakukan proses produksi dan pekerjaan-pekerjaan fabrikasi lainnya, contohnya mesin las, mesin potong plat dan mesin *bending*.

2. *Site fabrications*

Site Fabrications adalah proses fabrikasi dan konstruksi yang dikerjakan di luar bangunan, lebih tepatnya adalah pekerjaan yang dapat dikerjakan di tempat terbuka atau tidak memerlukan *workshop*. Pekerjaan yang dapat dilakukan mulai dari penimbunan stok material, memotong dan mengebor, merakit serta mengelas.

B. *Finishing*



Gambar 4. 37. Alur *Finishing*

Finishing adalah suatu rangkaian pekerjaan dengan proses pemasangan, pengecatan, pengetesan, sampai dengan pengiriman. Berbeda dengan proses fabrikasi, pada proses *finishing* tidak dilakukan pembuatan komponen apapun.

4.3.3. Alur Produksi

Dalam proses produksinya PT. INKA mampu menyelesaikan seluruh proses fabrikasi untuk sebuah gerbong dalam waktu satu setengah hari (± 6 jam), sedangkan untuk menyelesaikan seluruh proses *finishing* PT. INKA (Persero) bergantung kepada jumlah tenaga kerja yang mengerjakan. Hal tersebut dikarenakan dalam proses *finishing* membutuhkan tenaga kerja yang berpengalaman dan dibutuhkan ketelitian yang lebih seperti contohnya dalam proses pengecatan, pemasangan komponen listrik, sistem aliran udara (AC), sistem aliran air, dan juga pada tahap pengetesan dimana tenaga kerja tersebut mampu dan paham bagaimana kereta tersebut dikatakan layak untuk dikirim ke konsumen. Jadi dalam memproduksi sebuah kereta penumpang PT. INKA (Persero) paling cepat mampu menyelesaikan dalam waktu dua hari atau lebih.

Produk Kereta dari PT. INKA (Persero) bermacam-macam, namun fokus penelitian terdapat pada alur produksi kereta penumpang. Pada penelitian ini terapat dua alur produksi yang akan dijelaskan dan dikhususkan pada kereta penumpang yaitu alur produksi kereta secara umum, yaitu untuk produk kereta Bangladesh & Kereta 438 dan alur produksi *Light Rail Transit* (LRT) atau Kereta Rel Listrik (KRL). Kereta Bangladesh memiliki kesamaan dalam produksi dengan kereta 438 dan hanya pemisahan ruang produksi saja. Karena kesamaan tersebut maka hanya dilakukan analisa dari alur produksi dua kereta tersebut. Kereta Bangladesh dan LRT memiliki alur produksi yang sedikit berbeda namun dikerjakan dalam satu industri yang sama yaitu PT. INKA.

A. Kereta Bangladesh



Gambar 4. 38. Kereta Bangladesh

Kereta Bangladesh adalah kereta penumpang yang dikerjakan oleh PT. INKA yang nantinya akan di ekspor ke Bangladesh. Kereta ini memiliki alur produksi yang sama dengan kereta penumpang yang dipesan oleh PT. Kereta Api Indonesia atau PT. KAI yakni sebanyak 438 unit namun dengan beberapa sentuhan interior yang berbeda. Dalam proyek ini Bangladesh memesan sebanyak 250 gerbong kereta yang diperkirakan akan selesai pada tahun 2019.



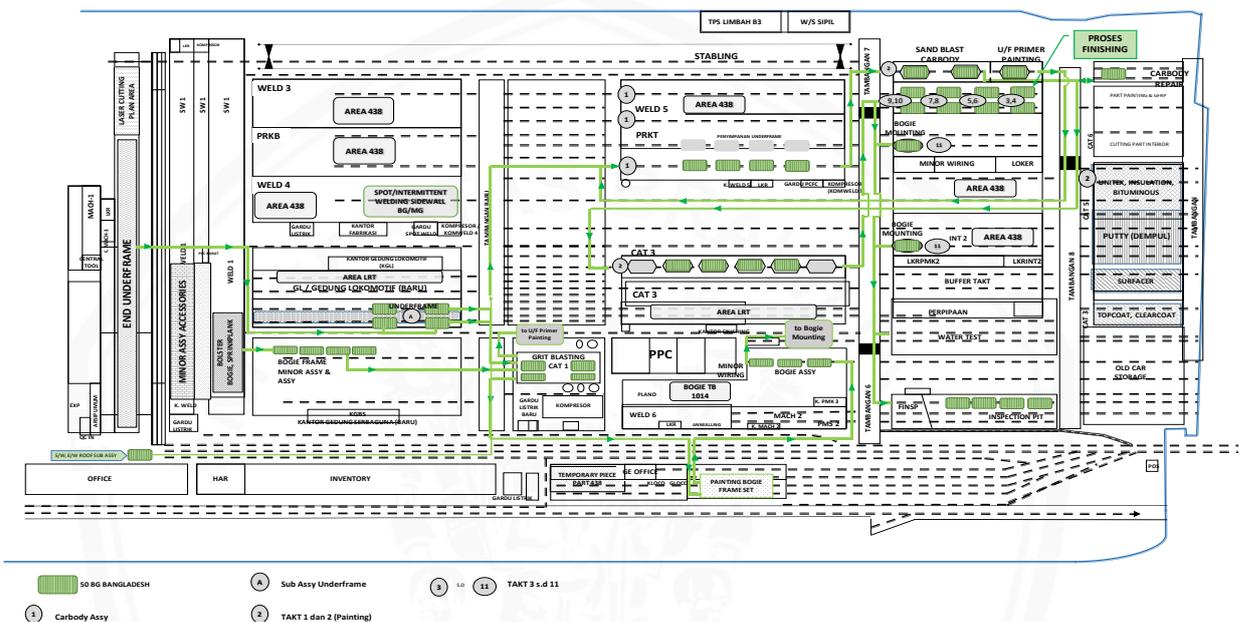
Gambar 4. 39. Interior Kereta Bangladesh

Tabel 4. 1. Dimensi Kereta Bangladesh

Lebar sepur	1.676 mm
Beban gardan	12,8 ton
Kecepatan maksimum	120 km/jam
Berat kereta	37 – 44 ton
Material <i>carbody</i>	<i>Stainless steel</i>
<i>Bogie</i>	MD 53 M lisensi Bombadier

Sistem pengereman	Automatic air brake Standar UIC
Coupler	Draw hook Screw coupling Side buffer
Material cat	Polyurethane

Proses produksi kereta Bangladesh dari awal sampai akhir pengerjaannya dilakukan di PT. INKA mulai dari *bogie* dan *underframe* sampai dengan proses *finishing*, berikut alur produksinya.



Gambar 4. 40. Alur Produksi Kereta Bangladesh
Sumber: PT. INKA

Alur produksi dari kereta Bangladesh sesuai dengan strategi produksi PT. INKA yang mana pengerjaan dilakukan secara bertahap dan beruntun mulai dari pengerjaan plat, *painting* hingga *assembling*. Alur Produksi yang dilakukan cukup kompleks karena prosesnya memerlukan *workshop* yang letaknya tidak bisa dipindah atau diubah, seperti pada area *grit blasting*, *spot welding*, *sand blasting*, dan *painting*.

Proses awal dari pembuatan kereta Bangladesh yaitu pembuatan *underframe* dan *bogie* yang terletak pada area PPL dengan cara plat dari *warehouse* dibentuk, dipotong, dan dibengkokkan. Selanjutnya *underframe* dan *bogie* dibawa ke *workshop grit blasting* yaitu pemberian pelindung pada *underframe* dan *bogie* dari karat. Setelah kering *underframe* dan *bogie* dibawa ke area pengecatan yang terpisah, *underframe* dibawa ke *workshop* pengecatan cat dasar yang terletak di Utara sedangkan *bogie* dibawa ke *workshop* pengecatan di Selatan. Selanjutnya bagian-bagian *bogie* yang

telah dicat akan dirangkai bersamaan dengan *underframe* yang dirangkai dengan *carbody* beserta atapnya dengan mesin *spot welding* yaitu proses pengelasan beberapa titik *carbody*. Pada tahap ini setengah bagian dari gerbong kereta telah dibuat dan dirangkai hingga menyisakan beberapa proses perakitan dan *finishing*.

Sebelum dilakukan pengecatan, *carbody* diperiksa jika ada kesalahan akan dilakukan perbaikan dan jika tidak *carbody* akan dibawa ke *workshop* pengecatan yang kedua dengan pekerjaan pembuatan pola atau motif cat pada *carbody*. Selanjutnya pemasangan komponen seperti pemasangan komponen listrik, pemasangan interior, pemasangan sistem pengereman, dan pengerjaan pipa aliran udara dan kompresor (AC) serta sistem aliran air. Proses terakhir adalah perakitan *bogie* dengan *underframe* (*bogie mounting*) yang telah dipasang komponen dengan sehingga akan membentuk suatu gerbong yang siap dilakukan beberapa tes di area *quality assurance* seperti tes statis dan tes dinamis. Akhirnya proses pembuatan dan perakitan kereta Bangladesh telah selesai dan siap untuk di ekspor.

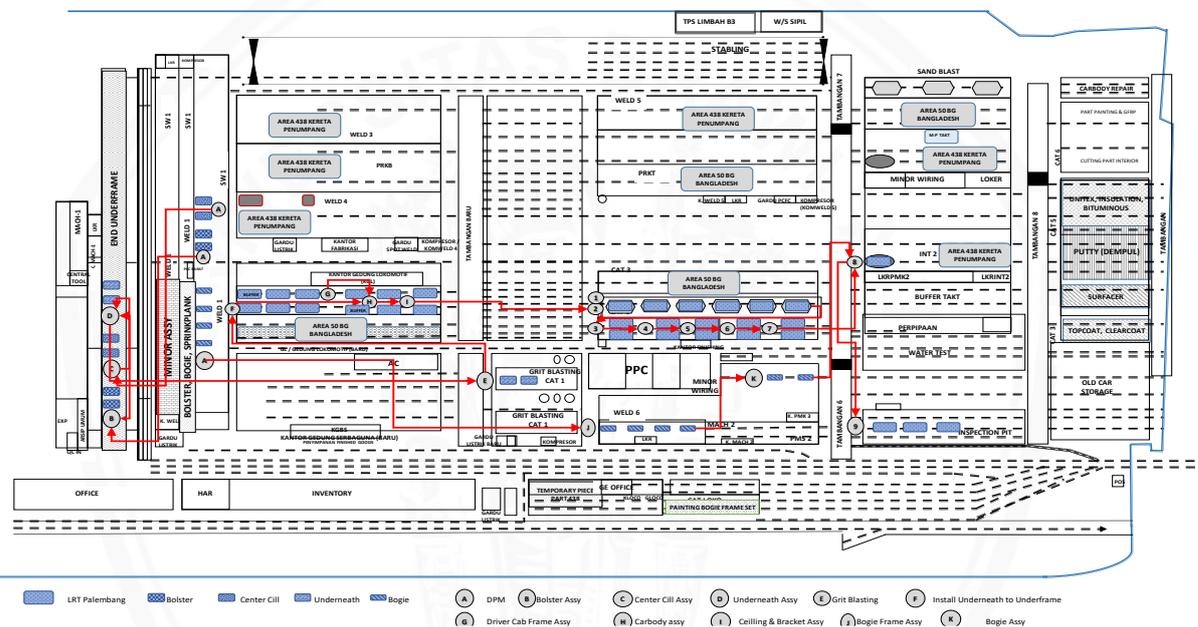
B. Kereta Rel Listrik (KRL)



Gambar 4. 41. LRT

Pembuatan Kereta Rel Listrik (KRL) atau *Light Rail Transit* (LRT) di PT. INKA ini adalah proyek yang dipakai di Palembang, Indonesia. Kereta ini akan menghubungkan Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II dengan Jakabaring Sport City (JSC). Awalnya Palembang merencanakan membangun monorel dari Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II ke JSC sebagai sarana

transportasi umum alternatif karena diperkirakan kota Palembang akan mengalami macet total pada tahun 2019. Dalam rangka menyambut Pesta Olahraga Asia 2018 atau *Asian Games 2018* Jakarta dan Palembang, rencana pembangunan monorel di Palembang tersebut dibatalkan karena sulitnya mencari investor yang dapat menyelesaikan pekerjaan tepat waktu serta proyek tersebut dianggap kurang menguntungkan. Monorel kemudian diganti dengan LRT yang dianggap lebih efektif untuk menjadi transportasi alternatif. Proyek ini dimulai pada tanggal 20 Oktober 2015 dengan adanya percepatan penyelenggaraan kereta api ringan di Sumatra Selatan yang diatur Peraturan Presiden Nomor 116 Tahun 2015 dan ditandatangani oleh Presiden Joko Widodo.



Gambar 4. 42. Alur Produksi LRT
Sumber: PT. INKA

Pembuatan LRT di PT. INKA lebih sederhana dibandingkan kereta Bangladesh, ini dikarenakan beberapa komponen LRT tidak dikerjakan di PT. INKA seperti *bolster*, *center cill*, dan *bogie* namun komponen tersebut dikerjakan oleh anak perusahaan PT. INKA sehingga di dalam PT. INKA hanya dilakukan proses perangkaian dan pembuatan *carbody*.

Proses awal dari Pembuatan LRT yaitu *bolster* dan *center cill* dirangkai dan dilas sehingga menjadi suatu *underneath*, sedangkan *bogie* langsung dibawa ke *bogie frame assy* dan *bogie assy* sehingga menjadi rangkaian *bogie* yang telah terpasang dengan roda, rem dan komponen lain yang nantinya akan langsung dirangkai dengan LRT.

Setelah dirangkai, *underneath* dibawa ke *workshop grit blasting* untuk pemberian lapisan pelindung dari karat. Selanjutnya proses perangkaian komponen *underneath* dilakukan untuk menjadi rangkaian *underframe*. Jika *underframe* telah terangkai lalu akan dilakukan pemasangan *carbody* pada *underframe* sehingga proses pembuatan LRT hanya menyisakan perangkaian *bogie* dan *finishing*. Proses perangkaian komponen seperti pemasangan komponen listrik, pemasangan interior, pemasangan sistem pengereman, dan pengerjaan pipa aliran udara dan kompresor (AC) serta sistem aliran air dilakukan bersamaan dengan pemasangan *bogie*. Setelah LRT komponen tersebut dipasang, LRT akan dibawa ke *inspection pit* dimana akan dilakukannya pemeriksaan akhir yaitu *quality assurance* dan akan di tes agar produk LRT tersebut sesuai dengan yang direncanakan.

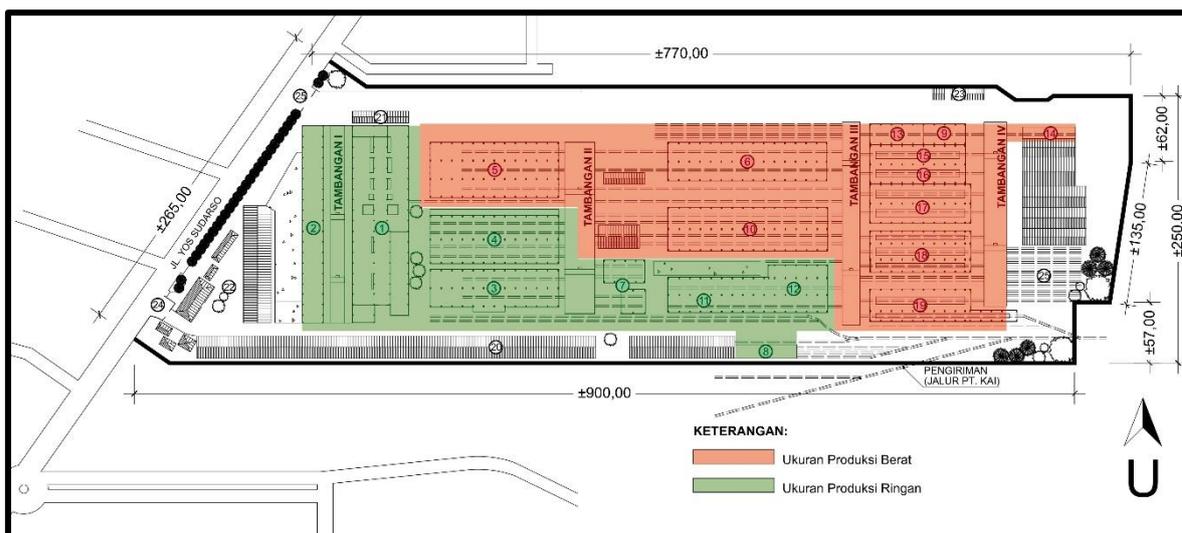
4.4. Analisis Teknis Bangunan Industri PT. INKA

4.4.1. Zoning

Mengingat PT. INKA (Persero) adalah industri dengan manufaktur kereta dengan berbagai karakteristik pekerjaan di dalamnya, maka perlu dilakukan penyesuaian zoning supaya tidak mengganggu antar *workstation*. Perencanaan zoning tersebut dibagi berdasarkan:

1. Jumlah limbah yang dihasilkan;
2. Ukuran produksi yang bersifat *heavy* atau *bulky*;
3. Polusi Udara;
4. Tingkat getaran;
5. Tingkat Kebisingan; dan
6. Hubungan antar jenis industri.

Penzoningan berdasarkan jumlah limbah berfungsi untuk memudahkan pembuangan. Polusi udara dari proses produksi dapat dilakukan perencanaan zoning sehingga memudahkan untuk mengantisipasi dalam pencemaran, begitu juga dengan getaran maupun kebisingan. Hubungan antar jenis produksi dapat dilakukan dengan penzoningan antara area fabrikasi dengan *finishing* dan atau area produksi dengan kantor.



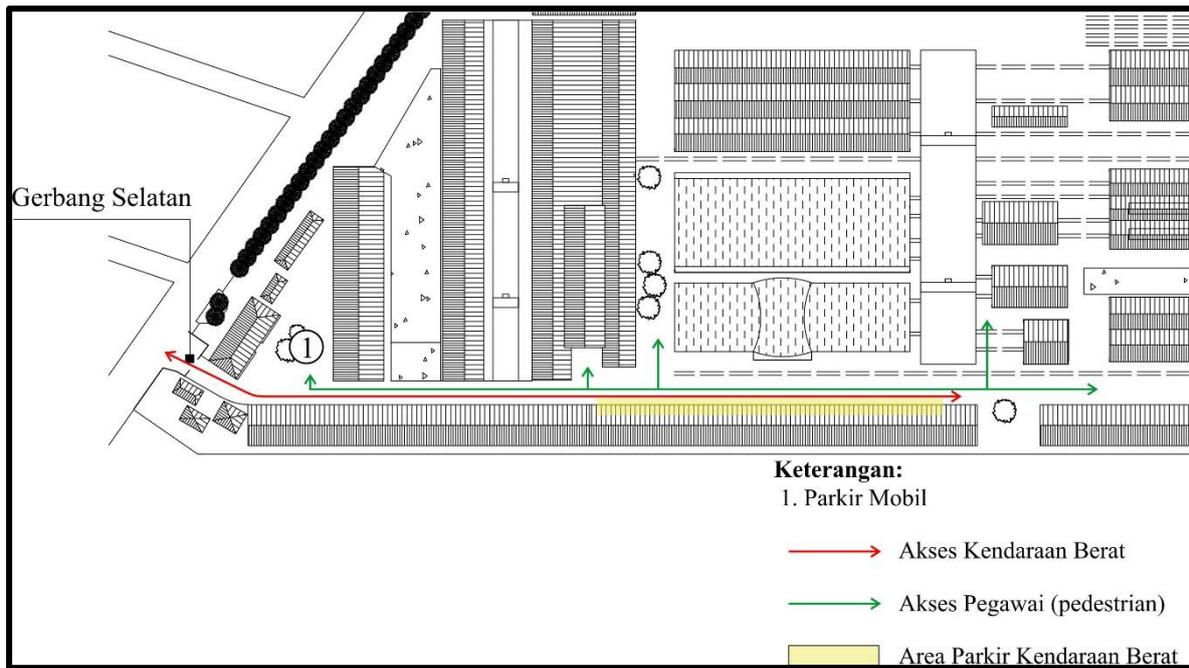
Gambar 4. 43. Zoning Berdasarkan Ukuran Produksi

Zoning pada PT. INKA juga terlihat dari ukuran produksinya yang dibagi ukuran produksi berat (*heavy*) dan ukuran produksi ringan (*light*). Zoning seperti ini bertujuan untuk memudahkan proses pemindahan barang dengan alat angkut yang disesuaikan. Contohnya untuk ukuran produksi ringan ada pada pengerjaan plat yang hanya membutuhkan *forklift* untuk memindahkan plat dari *storage* ke *workstation* PPL, sedangkan untuk ukuran produksi berat ada pada *bogie mounting* yang membutuhkan tambangan untuk memindahkan kereta ke pengetesan.

4.4.2. Penyediaan Tempat Parkir dan Bongkar Muat

Dalam suatu industri dengan aksesibilitas yang tinggi seperti PT. INKA, maka perlu memperhatikan hal berikut:

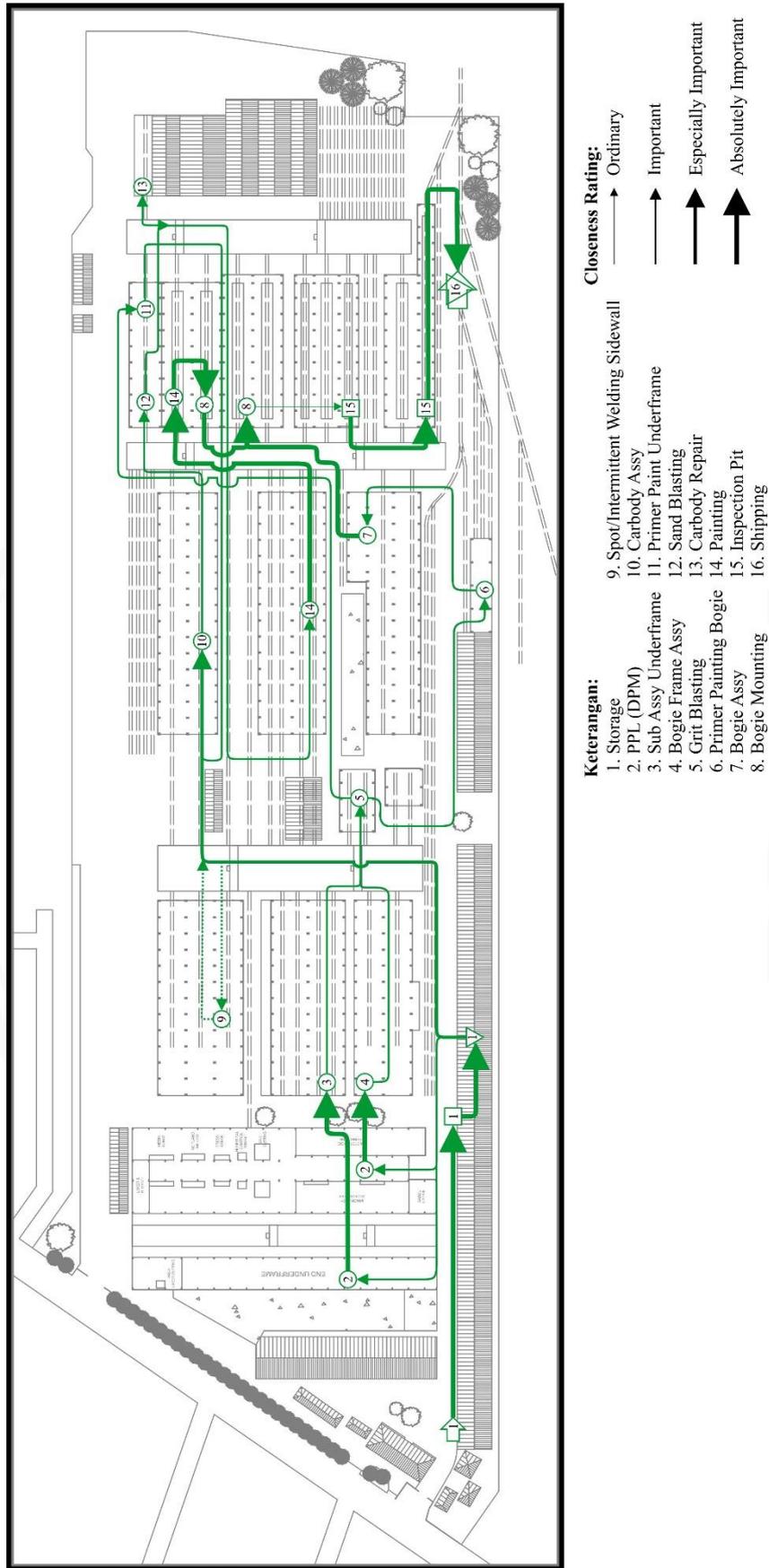
1. Penyediaan tempat parkir kendaraan karyawan atau kendaraan pribadi;
2. Kegiatan bongkar muat barang harus dilakukan dalam area pabrik dan tidak mengganggu kegiatan lain; dan
3. Penyediaan parkir kendaraan bus karyawan ataupun kontainer bahan baku yang menunggu giliran bongkar perlu disiapkan, sehingga tidak memarkir bus atau kontainer sembarangan.



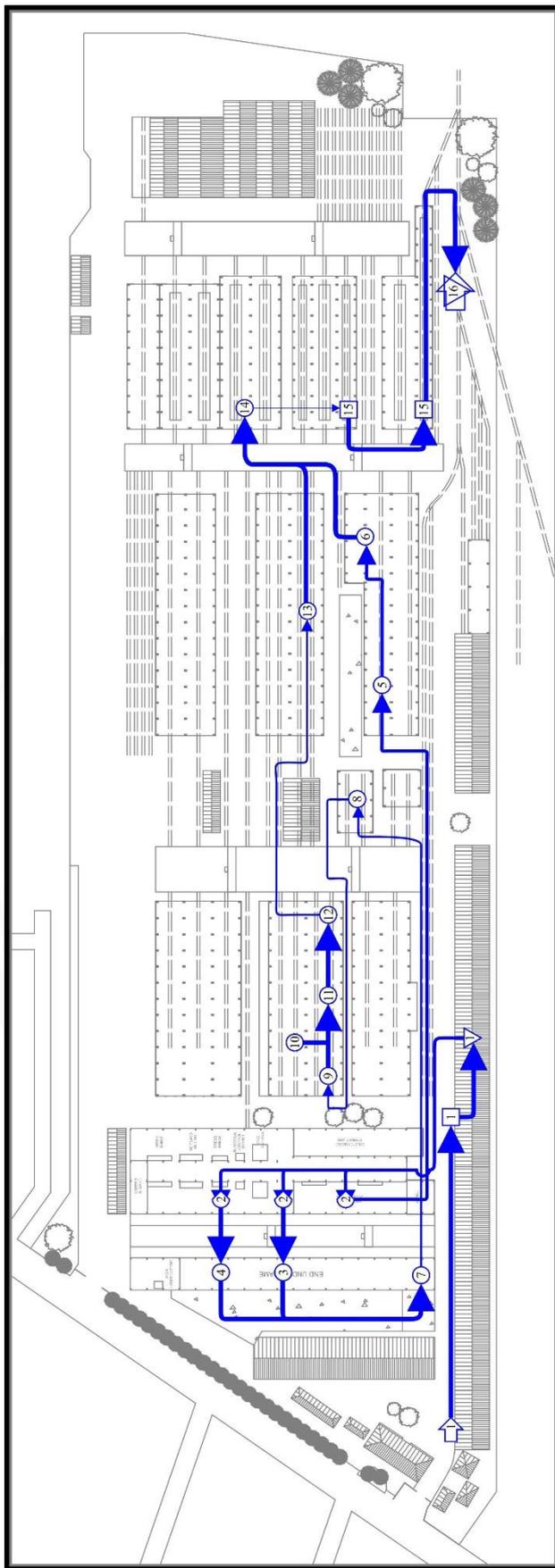
Gambar 4. 44. Aksesibilitas di Gerbang Selatan

Pada tapak eksisting terlihat akses untuk kendaraan berat terletak di Selatan. Gerbang Selatan tersebut juga digunakan untuk akses keluar – masuk untuk kendaraan lain seperti mobil. Selain itu, akses kendaraan berat menuju *storage* bersinggungan dengan akses pegawai dan area parkir kendaraan berat tersebut terletak di sebelah *storage*. Tentunya akses seperti ini sangat mengganggu baik dari pegawai maupun saat proses bongkar muat, selain itu kendaraan berat tersebut tidak dilengkapi dengan area parkir yang layak.

4.5. Analisis Alur Produksi PT. INKA Menggunakan Metode SLP



Gambar 4. 45. Alur Produksi Kereta Eksisting



- Keterangan:**
1. Storage
 2. PPL (DPM)
 3. Sub Assy Underframe
 4. Bolster Assy
 5. Bogie Assy
 6. Center Cill Assy
 7. Underneath Assy
 8. Grit Blasting
 9. Install Underneath to Underframe
 10. Driver Cabin Frame Assy
 11. Carbody Assy
 12. Ceiling & Bracket Assy
 13. Painting
 14. Bogie Mounting
 15. Inspection Pit
 16. Shipping
- Closeness Rating:**
- ↑ Ordinary
 - ↑ Important
 - ↑ Especially Important
 - ↑ Absolutely Important

Gambar 4. 46. Alur Produksi LRT Eksisting

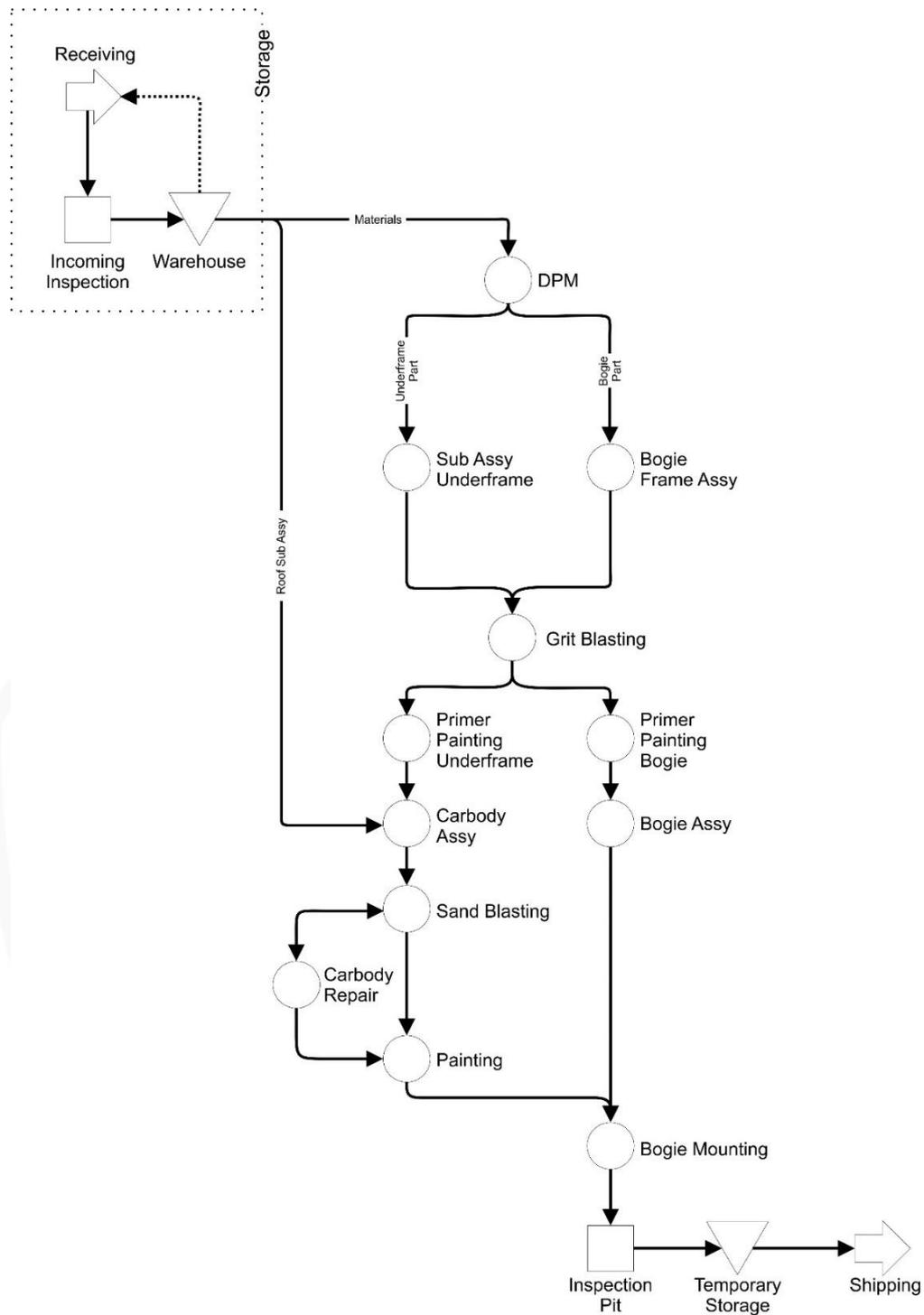


Analisis alur produksi PT. INKA dilakukan pada alur produksi eksisting untuk mengetahui dan menemukan bagaimana alur produksi yang efisien untuk PT. INKA. Pada dasarnya alur produksi untuk kereta Bangladesh, kereta 438 dan LRT tergolong sama, namun terdapat perbedaan alur produksi pada LRT yang dikarenakan tidak dilakukannya proses fabrikasi dalam produksinya.

A. *Flow analysis*

Proses pembuatan beberapa kereta di PT. INKA tergolong mirip, namun pada terdapat beberapa kereta dengan perlakuan dan produksi yang berbeda. Kemiripan proses produksi beberapa kereta terlihat pada proses perakitan dan *finishing*. Berikut *flow analysis* dari kereta secara umum yang terjadi di PT. INKA:

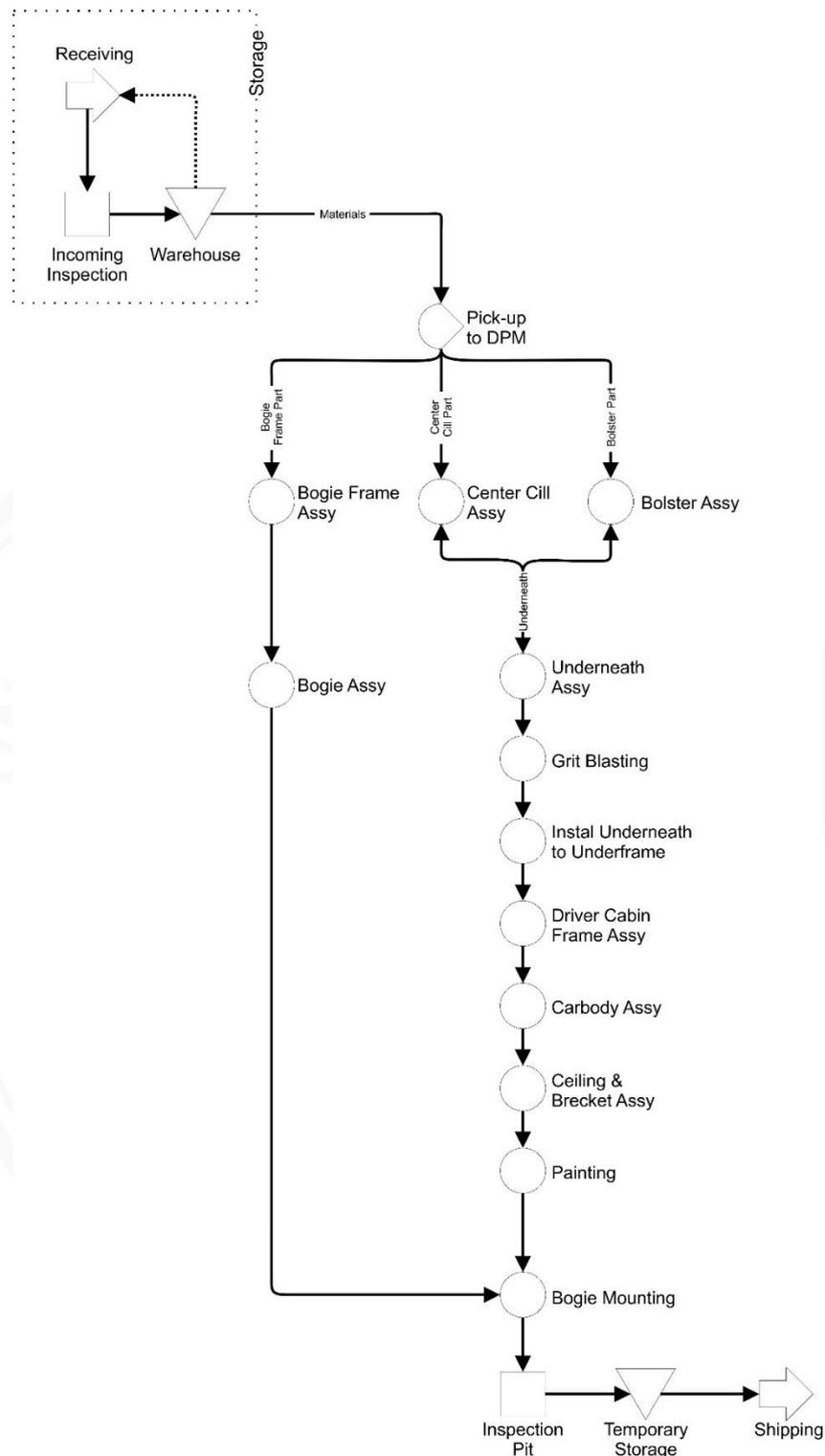




Gambar 4. 47. Flow Analysis Kereta di PT. INKA

Flow analysis pada gambar 4.48. menunjukkan analisis alur produksi kereta gerbong seperti pada kereta 438 dan kereta Bangladesh berdasarkan pekerjaan dan workshop atau workstation yang diperlukan. Pada pekerjaan fabrikasi terjadi dua pekerjaan yaitu pengerjaan *underframe* dan *bogie* dimana plat mulai dibentuk. Sama halnya dengan pekerjaan finishing dimana terjadi dua pekerjaan untuk *underframe* dan *bogie* yang berakhir di perakitan (PRK) tepatnya untuk *bogie mounting*. Namun

terdapat beberapa kereta dengan proses dan alur produksi yang tidak seperti pada umumnya seperti pada produksi LRT. Berikut *flow analysis* dari LRT:



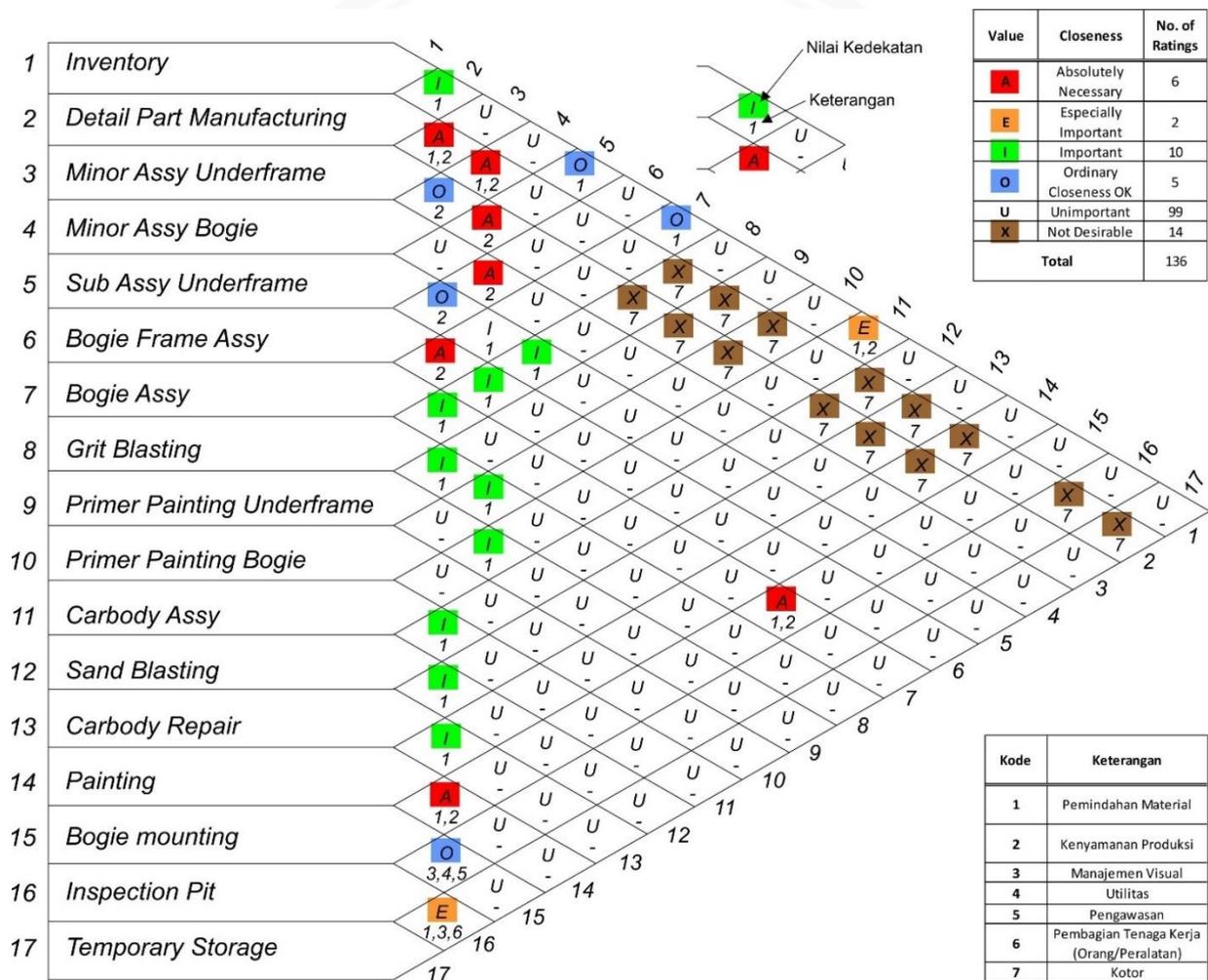
Gambar 4. 48. *Flow Analysis LRT*

Flow analysis pada gambar 4.49. menunjukkan analisis alur produksi LRT berdasarkan pekerjaan dan *workshop* atau *workstation* yang diperlukan. Untuk

produksi LRT sedikit berbeda dengan produksi kereta secara umum. Perbedaan terletak pada area fabrikasi dimana *underframe* dan *bogie* untuk LRT tidak dibuat di PT. INKA melainkan dibuat oleh anak perusahaan PT. INKA. Komponen tersebut sudah berupa bagian-bagian plat yang sudah terbentuk dan hanya dilakukan perangkaian.

B. Relationship Diagram

Penempatan tiap *workstation* sangat mempengaruhi proses produksi dari segi jauh atau dekat. Diantara beberapa *workstation* yang ada di PT. INKA terdapat *workstation* yang perlu berjauhan dan juga sebaliknya. Untuk mengetahui kedekatan tersebut dapat menggunakan *relationship chart*.



Gambar 4. 49. Relationship Chart

Kedekatan antar *workstation* diberi huruf A,E,I,O,U, atau X dimana “A” adalah mutlak, “E” adalah sangat penting untuk dekat, “I” adalah “cukup penting untuk dekat, “O” adalah biasa saja, “U” adalah tidak penting untuk dekat, dan “X” adalah tidak boleh dekat. Nilai kedekatan memiliki beberapa patokan, yaitu:

Tabel 4. 2. Kedekatan Antar *Workstation*

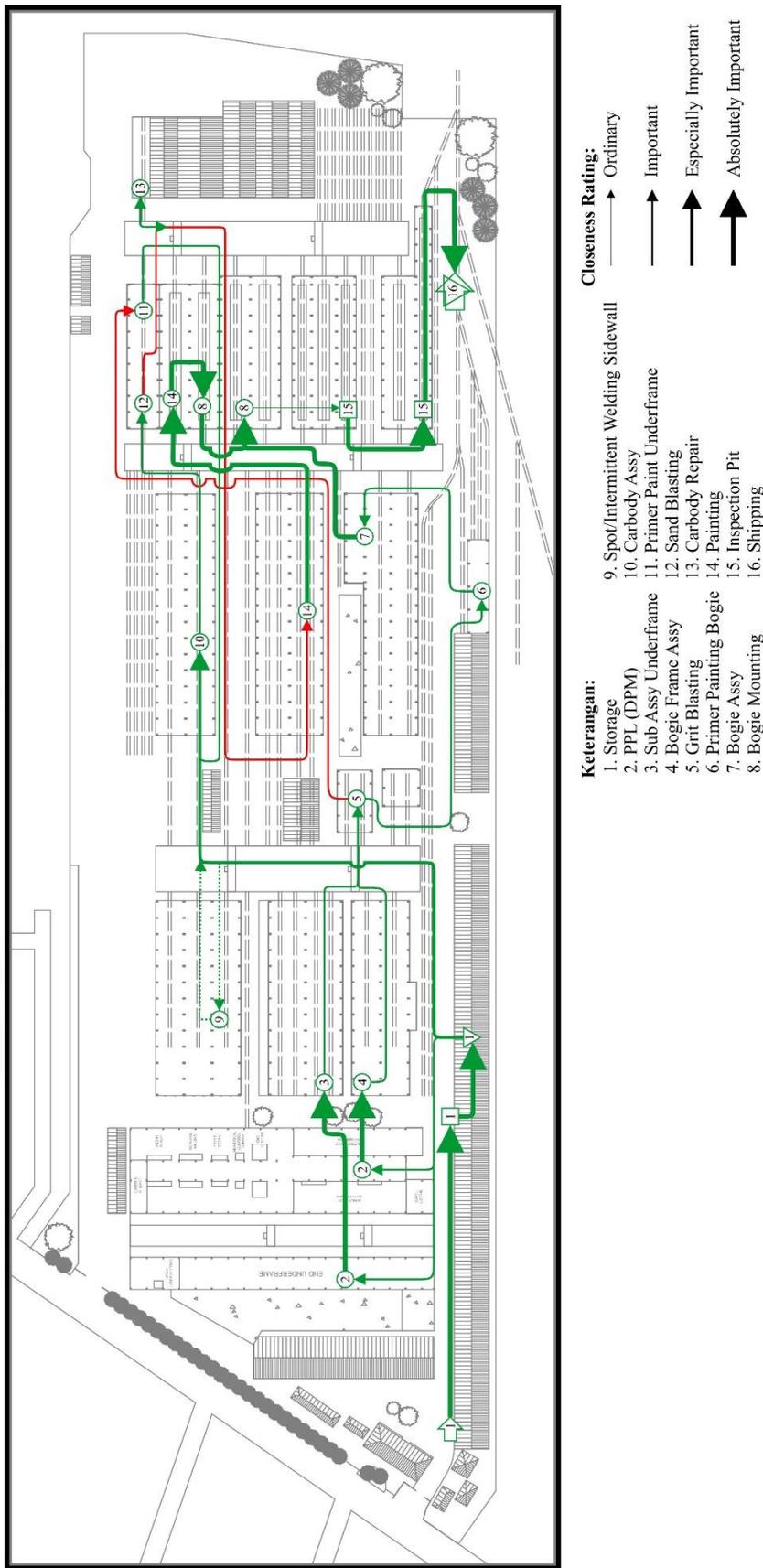
Huruf	Kegiatan	Alasan kedekatan
A	Penyimpanan baja – area pemotongan	Kuantitas perpindahan material; Penanganan masalah serupa
	<i>Final Inspection – packing</i>	Kerusakan material; Pemeriksaan diperlukan sampai proses <i>packing</i>
	<i>Clean – paint</i>	Menggunakan tenaga kerja sama; Pengawasan; Tipe bangunan sama
E	<i>Metal finish – pengelasan</i>	Jumlah dan bentuk material yang dipindahkan
	Pemeliharaan – <i>sub-assembly</i>	Frekuensi dan kepentingan servis
	Penerimaan tamu – parkir pengunjung	Kenyamanan dan keamanan
I	Area pemotongan – area <i>press</i>	Kuantitas perpindahan material
	<i>Sub-assembly – final assembly</i>	Volume perpindahan material; Menggunakan tenaga kerja sama
	Ruang besi – <i>accounting</i>	Catatan perpindahan; Keamanan dan kenyamanan
O	Pemeliharaan – penerimaan	Perpindahan persediaan
	Ekspedisi – kantor	Frekuensi kontak
U	Pengelasan – penyimpanan komponen	Tidak penting
	Permesinan – <i>shipping</i>	Jarang terjadi kontak
X	Pengelasan – pengecatan	Kotor, kebakaran
	Insinerator – kantor utama	Asap, kotor, bau
	Area <i>press</i> – ruang peralatan	getaran

Dari *relationship chart* pada gambar 4.43. didapatkan hasil:

Tabel 4. 3. Hasil *Relationship Chart*

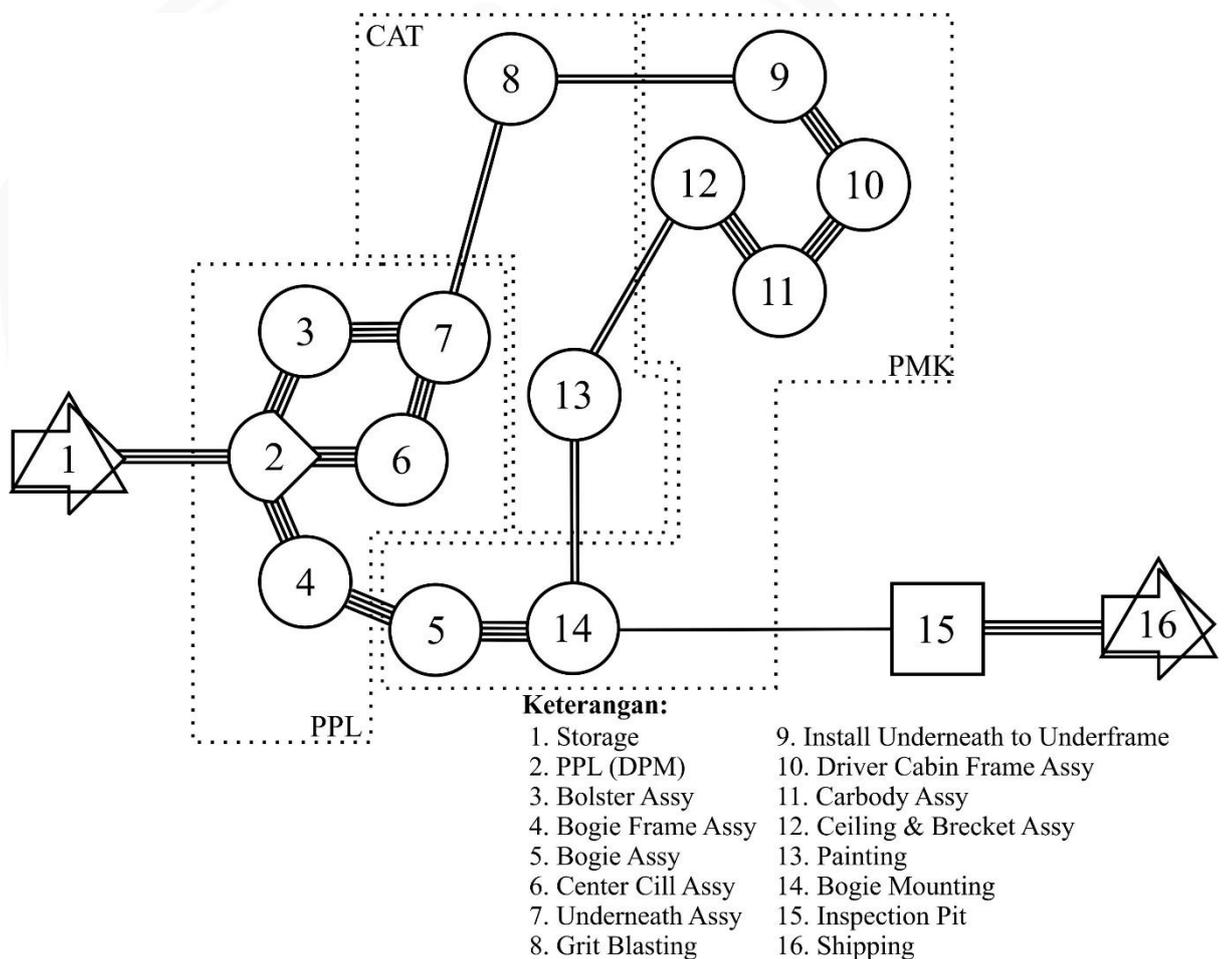
No.	Workstation	Nilai kedekatan antar workstation				
		A	E	I	O	X
1	Inventory	-	11	2	5,7	-
2	Detail Part Manufacturing (DPM)	3,4	-	1	-	8,9,10, 12,13,14, 16,17
3	Minor assy underframe	2,5	-	-	4	8,9,10, 12,13,14
4	Minor assy bogie	2,6	-	-	3	-
5	Sub-assy underframe	3	-	8	1,6	-
6	Bogie frame assy	4,7	-	8	5	-
7	Bogie assy	6,15	-	8	1	-
8	Grit blasting	-	-	5,6,7,9,10	-	2,3
9	Primer painting underframe	-	-	8,11	-	2,3
10	Primer painting bogie	-	-	8	-	2,3
11	Carbody assy	-	1	9,12	-	-
12	Sand blasting	-	-	11,13	-	2,3
13	Carbody repair	-	-	12,14	-	2,3
14	Painting	15	-	13	-	2,3
15	Bogie mounting	7,14	-	-	-	-
16	Inspection pit	-	17	-	-	2
17	Temporary storage	-	16	-	-	2

Pada tabel 4.3 ditemukan beberapa workstation yang perlu berdekatan dan berjauhan. Setelah itu, langkah selanjutnya yaitu perencanaan *relationship diagram* dengan patokan nilai kedekatan antar workstation. Berikut *relationship diagram* dari kereta Bangladesh dan LRT:



Gambar 4. 51. Ketidaksesuaian Alur Produksi Eksisting

Jika dibandingkan dengan alur produksi eksisting, terdapat dua area yang tidak sesuai dengan kontinuitas produksi yang berkaitan dengan tata letak seperti pada gambar 4.49 yaitu pada proses *primer painting underframe* (11) dan proses pengecatan *carbody* akhir (14). Proses produksi untuk *underframe* mengalami peloncatan setelah proses *grit blasting* (5) yang berarti letak dari *workshop* selanjutnya *primer painting underframe* (11) terlalu jauh yang menimbulkan perputaran alur. Sama halnya dengan proses pengecatan *carbody* akhir (14) dimana setelah proses *sand blasting* (5), *carbody* dibawa ke pengecatan akhir yang terletak di area tengah. Kedua proses ini mengakibatkan tambangan harus dipakai bergantian secara terus menerus dikarenakan arus yang padat, sedangkan proses produksi harus tetap berlangsung dan menimbulkan adanya penumpukan (*bottleneck*).



Gambar 4. 52. Relationship Diagram LRT di PT. INKA

Jika dibandingkan dengan tata letak bangunan eksisting, alur produksi LRT sudah sesuai dengan *relationship diagram* dan tidak menimbulkan perputaran ataupun adanya penumpukan (*bottleneck*) pada alur produksi. Maka akan dilakukan penyesuaian tata letak bangunan berdasarkan *Systematic Layout Planning* (SLP) untuk

kereta Bangladesh dan 438. Dalam penentuan efektifitas alur produksi bergantung pada beberapa *workshop* atau *workstation* yang tidak dapat dipindah karena fleksibilitas dari alur produksi tidak hanya bergantung pada luasnya tempat produksi melainkan bagaimana penentuan alur produksi yang sesuai tanpa mengganggu atau mengurangi efisiensi proses produksi yang lain.

C. *Space Relationship Diagram*

Setelah ditemukan *flow analysis* dan *relationship diagram*, selanjutnya adalah menentukan besaran ruang yang diperlukan sehingga dapat ditemukan hubungan alur produksi disertai besaran ruang yang diperlukan. Untuk menentukan kapasitas ruang pada setiap *workstation* diperlukan daftar jumlah mesin dan peralatan yang diperlukan. Selain itu akses sirkulasi baik barang maupun manusia juga perlu diperhatikan. Sirkulasi barang menjadi bagian penting dengan asumsi bagaimana barang bergerak dan dimana tempat meletakkan barang yang sudah siap diproses menuju *workstation* berikutnya.

Tabel 4. 4. Luas Kebutuhan Ruang

Bagian	Proses	Alat dan Mesin			Luas Ruangan yang Dibutuhkan
		Nama Mesin	Dimensi (pxl)	Jumlah	
Fabrikasi	Detail Part Manufacturing (DPM)	CNC Cutting	10m x 9.3m	1	Jumlah total luas mesin + dimensi <i>underframe</i> & <i>bogie</i> + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan angkut 30% + ruang penyimpanan 40% = ±1.000m ²
		Laser Cutting	4.5m x 3.6m	1	
		Numerical Control Turret	4.5m x 5.3m	2	
		Press Brake	9.5m x 3m	2	
		NC Plano Milling	14m x 3.8m	2	
		Drilling	1.5m x 1m	4	
		Mesin Bubut	15m x 3m	2	
	Minor Assy Underframe	Semi Automatic Welding	15m x 2m	1	

		Semi Automatic Spot Welding	12m x 2m	1	sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 270\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
Minor Assy Bogie		Semi Automatic Welding	15m x 2m	1	Jumlah total luas mesin + luas <i>underframe</i> +
		Semi Automatic Spot Welding	12m x 2m	1	sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 270\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
Bogie Frame Assy		Semi Automatic Welding	15m x 2m	1	Jumlah total luas mesin + luas bogie + sirkulasi
		Jig & Fixture	1.7m x 1.2m	*	manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang

					penyimpanan 40% = ±115m² (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
Sub Assy Underframe	Semi Automatic Welding	15m x 2m	1	*	Jumlah total luas mesin + luas <i>underframe</i> + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = ±270m² (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
	Jig & Fixture	1.7m x 1.2m			
Carbody Assy	Semi Automatic Welding	15m x 2m	1	*	Jumlah total luas mesin + luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = ±310m² (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
	Jig & Fixture	1.7m x 1.2m			
	Semi Automatic Spot Welding	12m x 2m	1		

	Bogie Assy	Rotary Table	2.7m x 2.7m	*	Jumlah total luas mesin + luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 880\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
		Plano Miller	21m x 8m	1	
		Annealing Furnace	50m x 5m	1	
Finishing	Grit Blasting	Shot Blasting Machine	3m x 12m	1	Jumlah total luas mesin + luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 250\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
	Primer Painting Underframe	Drying Oven Painting	Sesuai dimensi <i>underframe</i>	1	Jumlah total luas mesin + luas <i>underframe</i> + sirkulasi manusia 10% +

					<p>sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 350\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)</p>
Primer Painting Bogie	Drying Oven Painting	Sesuai dimensi <i>bogie</i>	*	<p>Jumlah total luas mesin + luas <i>bogie</i> + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 50\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)</p>	
Sand Blasting	Shot Blasting Machine	3m x 12m	1	<p>Jumlah total luas mesin + luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40%</p>	

					= $\pm 250\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
Carbody Repair	Booth Putty Polisher	Sesuai dimensi gerbong	*	luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 200\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)	
Painting	Drying Oven Painting	Sesuai dimensi gerbong	*	luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 200\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)	
Bogie Mounting	*	*	*	luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% +	

					ruang penyimpanan 40% = $\pm 200\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)
	Inspection Pit	*	*	*	luas gerbong + sirkulasi manusia 10% + sirkulasi kendaraan barang 30% + ruang penyimpanan 40% = $\pm 200\text{m}^2$ (untuk satu <i>workstation</i> kereta)

Tabel bertujuan mencari besaran ruang yang diperlukan untuk setiap satu *workstation* dengan satu pekerjaan kereta baik dari fabrikasi maupun finishing. Dengan begitu dilakukan penyesuaian dengan jumlah jenis kereta penumpang yang diproduksi, yaitu kereta 438, kereta Bangladesh, dan LRT.

Tabel 4. 5. Total Kebutuhan Ruang

<i>Workstation</i>		Jenis Pekerjaan	Kebutuhan Ruang			Total
			Kereta 438	Kereta Bangladesh	LRT	
Fabrikasi	Detail Part Manufacturing (DPM) PPL	Pembuatan rangka	$\pm 1.000\text{m}^2$	$\pm 1.000\text{m}^2$	-	$\pm 2.000\text{m}^2$
	Minor assy underframe	Perangkaian	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 690\text{m}^2$
	Minor Assy Bogie	Perangkaian	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 270\text{m}^2$	$\pm 690\text{m}^2$

	Bogie Frame Assy	Perangkaian	±115m ²	±115m ²	±115m ²	±345m ²	
	Sub Assy Underframe	Perangkaian	±270m ²	±270m ²	±270m ²	±690m ²	
	Carbody Assy	Perangkaian dan pengelasan	±310m ²	±310m ²	±310m ²	±930m ²	
	Bogie Assy	Perangkaian dan pemasangan mesin	±880m ²	±880m ²	±880m ²	±2.640 ²	
Finishing	Grit Blasting	Pengecatan	±250m ²	±250m ²	±250m ²	±750m ²	
	Primer Painting Underframe	Pengecatan	±350m ²	±350m ²	±350m ²	±1.050m ²	
	Primer Painting Bogie	Pengecatan	±50m ²	±50m ²	±50m ²	±150m ²	
	Sand Blasting	Pengecatan	±250m ²	±250m ²	±250m ²	±750m ²	
	Carbody Repair	Perbaikan	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²	
	Painting	Part Painting dan GFRP	Unitex	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²
			Insulation + Bituminous	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²
			Putty	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²
			Surfacer	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²
			Coating	±200m ²	±200m ²	±200m ²	±600m ²
Total					±3.800m²		

Bogie Mounting	Perangkaian bogie ke underframe	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 600\text{m}^2$
	Pemasangan pipa	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 600\text{m}^2$
	Pemasangan equipment (rem, inside, outside)	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 600\text{m}^2$
	Total				$\pm 1.800\text{m}^2$
Inspection Pit	Pengetesan	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 200\text{m}^2$	$\pm 600\text{m}^2$

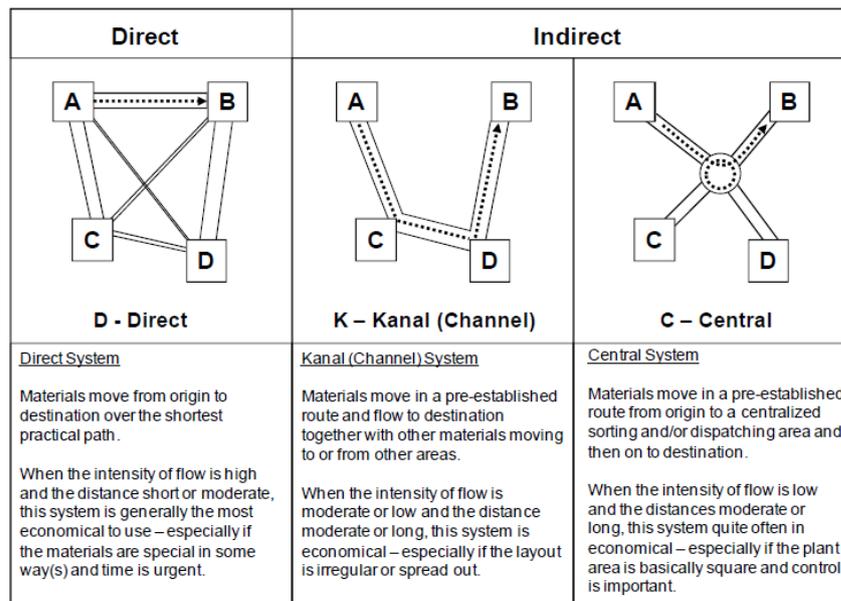
D. *Alternative layouts*

Perencanaan *alternative layouts* selalu mengalami sejumlah modifikasi yang harus dipertimbangkan dan mengalami penyesuaian dari *layout* eksisting. Dengan demikian, beberapa desain alternatif dapat berkembang secara natural. Beberapa pertimbangan dalam perencanaan modifikasi *layout* yaitu:

- 1) Metode penanganan, terutama peralatan;
- 2) Fasilitas penyimpanan (*storage*);
- 3) Kondisi tapak dan sekitarnya;
- 4) Keistimewaan bangunan, seperti *workstation* yang tidak dapat dipindah karena memiliki mesin khusus;
- 5) Kebijakan operasional, prosedur dan kontrol; dan
- 6) Aktifitas secara detail.

Dalam melakukan perencanaan modifikasi *layout*, sistem pergerakan atau perpindahan material juga menjadi pertimbangan. Pada dasarnya, material dapat berpindah dalam tiga sistem yang berbeda yaitu:

- 1) *Direct system*
- 2) *Channel (or Kanal) system*
- 3) *Central system*

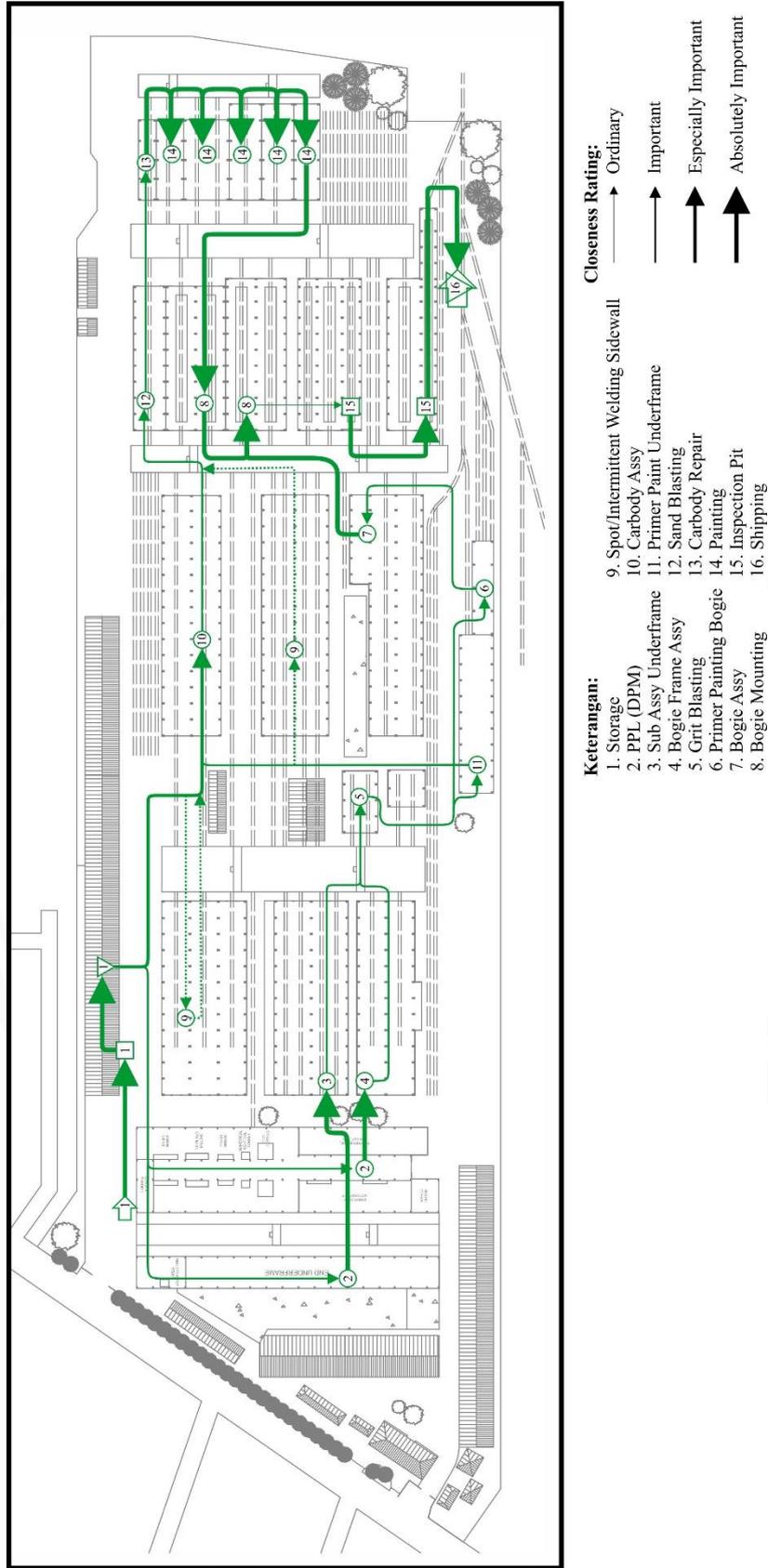


Gambar 4.47. Sistem Perpindahan Material

Pada *direct system* material berpindah dengan jarak yang dekat dan praktis dalam artian perpindahan material terlihat jelas. Untuk *kanal system* material bergerak secara bertahap dengan pekerjaan yang berbeda. Sedangkan *central system* perpindahan material dilakukan secara sentral lalu dapat ditempatkan ke proses selanjutnya. Tentunya setiap perpindahan material tersebut dipilih yang sesuai untuk PT. INKA madiun dengan asumsi perpindahan barang paling dekat adalah yang terbaik.

Desain tata letak bangunan alternatif dibuat supaya meminimalisir perputaran alur produksi yang terlalu jauh. Perencanaan *alternative layout* PT. INKA dengan acuan alur produksi yang mengalir agar penghematan energi dan tenaga angkut dapat berkurang sehingga tercipta alur produksi yang efisien berdasarkan tata letak bangunan.

A. *Layout alternatif pertama*



Gambar 4.48. *Alternative Layout 1*

Untuk *alternative layout* terdapat beberapa perubahan dilakukan, diantaranya:

1. Akses masuk-keluar untuk kendaraan berat terletak di Utara
2. *Storage* terletak di Utara
3. *Primer painting* untuk *underframe* dan *bogie* terletak pada satu area yang berdekatan
4. Semua pekerjaan pengecatan terletak di Timur
5. Penambahan tambangan di Timur
6. Penambahan *workstation* perakitan (PRK) pada *workstation* pengecatan lama (9)

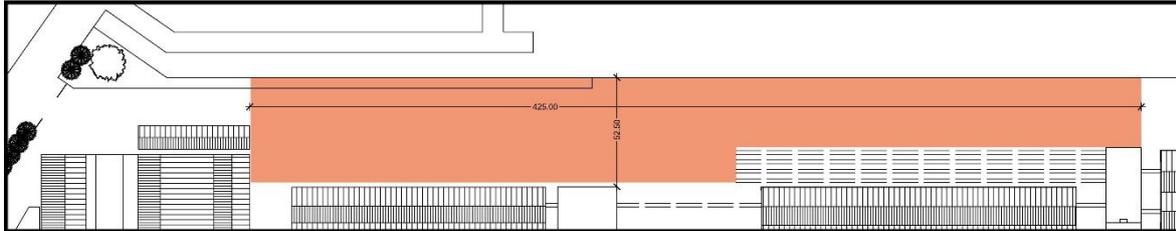
Alternative layout pada gambar 4.48 menunjukkan perpindahan material menggunakan *direct system* dengan kombinasi *kanal system* dan *central system*. Terlihat pada saat material berpindah dari satu *workstation* ke *workstation* lain dengan pekerjaan yang berbeda dan semua material tersebut berpindah secara langsung dan dekat dengan pertimbangan beberapa *workstation* yang dialihfungsikan. Penggunaan *direct system* bertujuan meminimalisir *bottleneck* yang terjadi pada tambangan dengan merancang kedekatan antar *workshop* terkait berdasarkan *flow analysis* dan *relationship diagram*. Sedangkan penggunaan *kanal system* terlihat saat perpisahan material yaitu *bogie* dan *underframe* yang akan disatukan pada proses *bogie mounting*. Penggunaan *central system* terlihat pada penggunaan tambangan sebagai tempat perpindahan. Contohnya ada pada proses *painting* (14) dimana material berpindah dari satu *workstation* ke *workstation* lain menggunakan tambangan, begitupun saat proses *bogie mounting* (8) hingga *inspection pit* (15).

Pemindahan *storage* bertujuan untuk mengurangi sirkulasi kendaraan pada saat proses produksi khususnya pemindahan. Dengan pemberian akses masuk-keluar khusus kendaraan berat di sebelah Utara, proses bongkar muat tidak akan terganggu oleh aktifitas lain dan memberi keleluasaan pada akses kendaraan kecil seperti mobil dan motor di sebelah Selatan. Pemindahan selanjutnya ada pada *primer paint underframe* (11) yang terletak berdekatan dengan *primer painting bogie* (6) supaya tidak terjadi pemutar-an arus produksi seperti pada *layout* eksisting, selain itu letaknya juga berdekatan dengan *grit blasting* (5). Dengan adanya tambangan baru di sebelah Timur maka pemindahan saat proses *finishing* tidak mengganggu proses lainnya. Selain itu *workstation* pengecatan lama akan dialokasikan untuk *carbody assy* dengan

penambahan mesin *spot welding* untuk pemasangan dan pengelasan saat merakit *carbody*.

Pemindahan beberapa *workstation* bergantung pada jumlah kebutuhan yang dihitung dari bahan atau hasil produksi dan mesin yang digunakan. Berikut adalah beberapa bangunan yang memerlukan analisis besaran ruang karena dilakukan pemindahan:

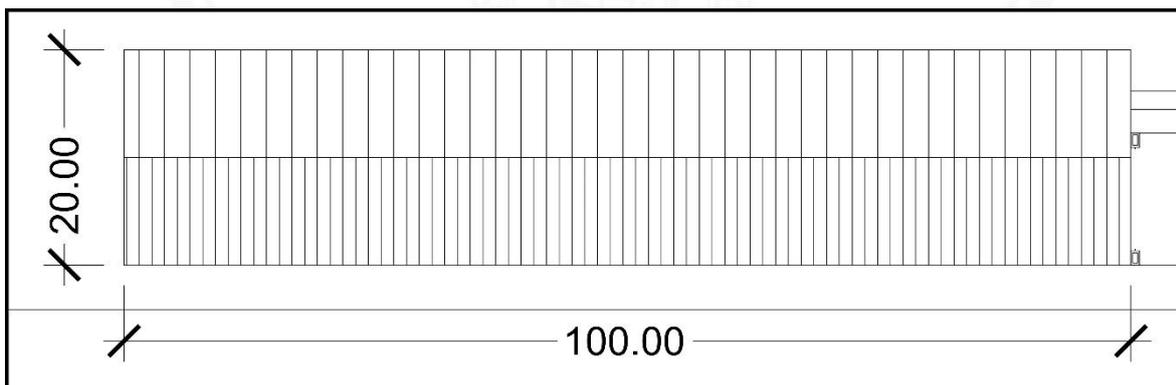
1. *Storage*



Gambar 4.49. Area Perpindahan Storage

Total luas *storage* eksisting yaitu $\pm 6.000\text{m}^2$ yang terdiri dari dua bangunan, bangunan sebelah Timur dengan dimensi $200\text{m}^2 \times 20\text{m}^2$ dan bangunan sebelah Barat dengan dimensi $400\text{m}^2 \times 20\text{m}^2$. Pada alternatif *layout* pertama, *storage* dipindah di sebelah Utara. Area tersebut memiliki lahan kosong seluas $\pm 22.312\text{m}^2$. Pemindahan pada area tersebut mampu menyediakan ruang yang cukup atau bahkan lebih lebar ditambah dengan akses bongkar muat yang fleksibel.

2. *Primer painting underframe*

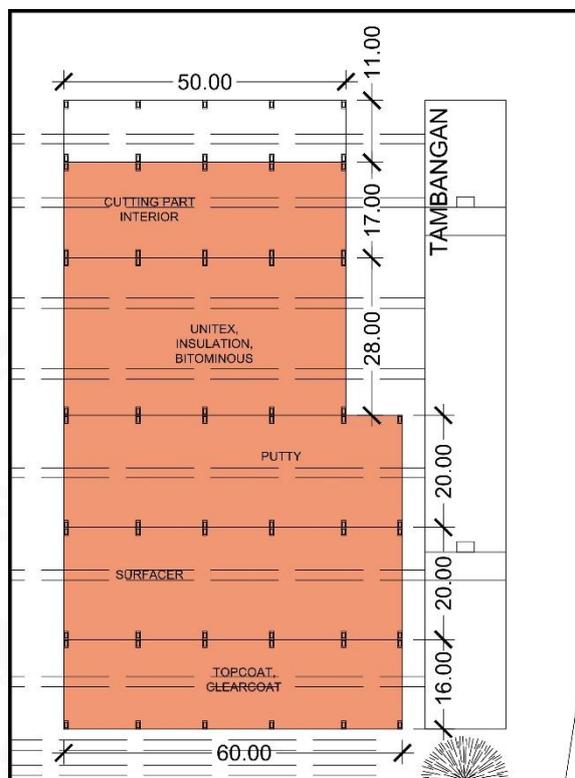


Gambar 4.50. Dimensi *Primer Painting Underframe*

Luas ruangan yang dibutuhkan pada *workstation primer painting underframe* pada tabel luas besaran ruang adalah $\pm 1.050\text{m}^2$, sedangkan luas bangunan yang dialihfungsikan pada alternatif *layout* pertama yaitu $\pm 2.000\text{m}^2$.

Peletakan antara *primer painting bogie* dan *underframe* yang berdekatan dapat memudahkan perpindahan barang dengan pekerjaan yang sama.

3. Pekerjaan cat



Gambar 4.51. Dimensi Pengecatan

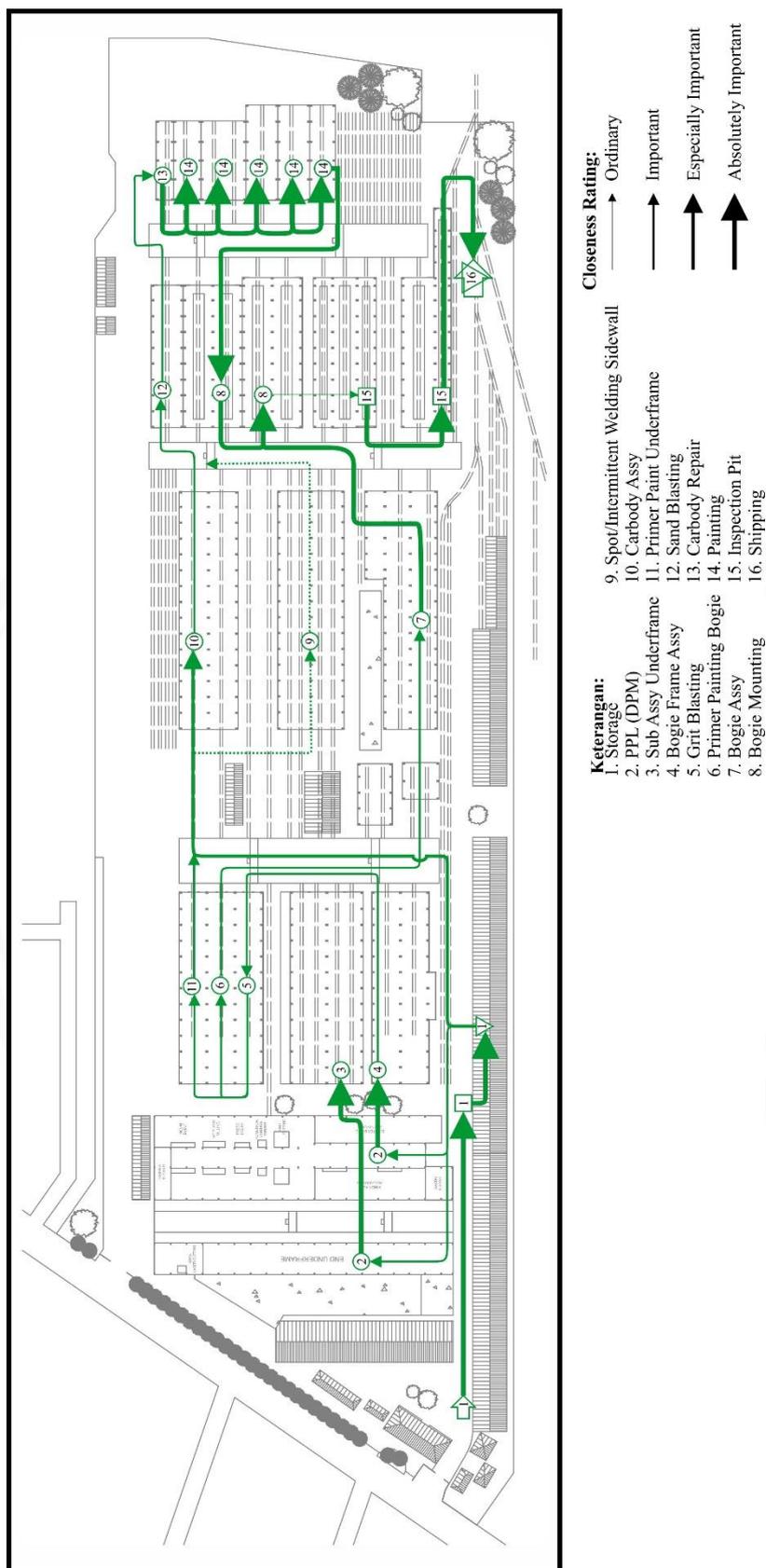
Luas ruangan yang dibutuhkan pada *workstation* pengecatan adalah $\pm 4.200\text{m}^2$, sedangkan luas bangunan pada area Timur yang masih dalam tahap pembangunan adalah $\pm 2.114\text{m}^2$. Pada *workstation* pengecatan harus didekatkan satu sama lain karena mencakup beberapa proses yang diharuskan barang produksi tetap steril dan bersih. Diantaranya:

- a. *Cutting part interior*
- b. *unitex, insulation wall, dan bitominous*
- c. *putty*
- d. *surfacer*
- e. *coating*

4. Luas tambangan baru

Penambahan tambangan baru pada area Timur difungsikan khusus untuk perpindahan barang produksi untuk pengecatan. Dengan adanya tambangan tersebut, saat proses pengecatan berlangsung kebersihan barang produksi akan terjaga dengan perpindahan yang dekat dan langsung.

B. *Layout alternatif kedua*



Gambar 4. 53. *Alternative Layout 2*

Perancangan *alternative layout* yang kedua yaitu mirip dengan *alternative layout* pertama dengan menggunakan *direct system* dengan kombinasi *kanal system* dan *central system*. *Alternative layout* menunjukkan bahwa perpindahan material antar *workstation* memaksimalkan *central system* dimana beberapa *workstation* dipindahkan dan dikelompokkan dengan pekerjaan yang sama lalu material tersebut berpindah menggunakan tambangan. Contohnya yaitu *workstation grit blasting* (5) dikelompokkan dengan *workstation primer painting underframe* (11) dan *bogie* (6). Artinya pada *alternative layout* ini penggunaan tambangan sebagai sentral perpindahan material diutamakan.

Untuk *alternative layout* kedua terdapat beberapa perubahan dilakukan, diantaranya:

- 1) *Workstation grit blasting* (5) terletak dekat dengan *workstation primer painting underframe* (11) dan *bogie* (6)
- 2) *Workstation* perakitan (PRK) untuk semua kereta berada pada satu area
- 3) *Workstation* pengecatan untuk semua kereta berada di Timur

Pengutamaan penggunaan *central system* sangat terlihat pada tambangan paling Timur dimana tambangan tersebut adalah titik perpindahan material untuk pengecatan sampai dengan pemasangan komponen (PMK), tidak seperti *alternative layout* pertama dimana tambangan baru diperlukan hanya untuk *workstation* pengecatan. Dengan *alternative layout* kedua ini hanya diperlukan relokasi beberapa *workstation* tanpa melakukan pembangunan untuk *workstation* lainnya. Terdapat kesamaan lain yang terlihat pada *alternative layout* pertama dan kedua, yaitu *workstation* pengecatan akhir (14) terletak di sebelah Timur.

4.5. Hasil Analisis

Setelah analisis efisiensi teknis bangunan industri dilakukan pada sub-bab sebelumnya, maka rekomendasi dari hasil analisis yaitu mengenai alternatif tata letak bangunan (*layout*). Rekomendasi pada tata letak bangunan adalah yang paling utama, mengingat efisiensi produksi adalah segalanya dalam bangunan industri. Perencanaan tata letak bangunan yang efisien tersebut mampu meningkatkan produktifitas, keamanan, dan kenyamanan dalam bekerja. Tata letak bangunan tersebut lalu dikaitkan dengan efisiensi teknis sebagaimana telah diatur dalam Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2017 tentang Pembangunan Sarana dan Prasarana Industri serta Peraturan Menteri

Perindustrian Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2010 Tentang Pedoman Teknis Kawasan Industri yang mencakup SNI, ST, dan PTC.

4.5.1. Tata Letak Bangunan

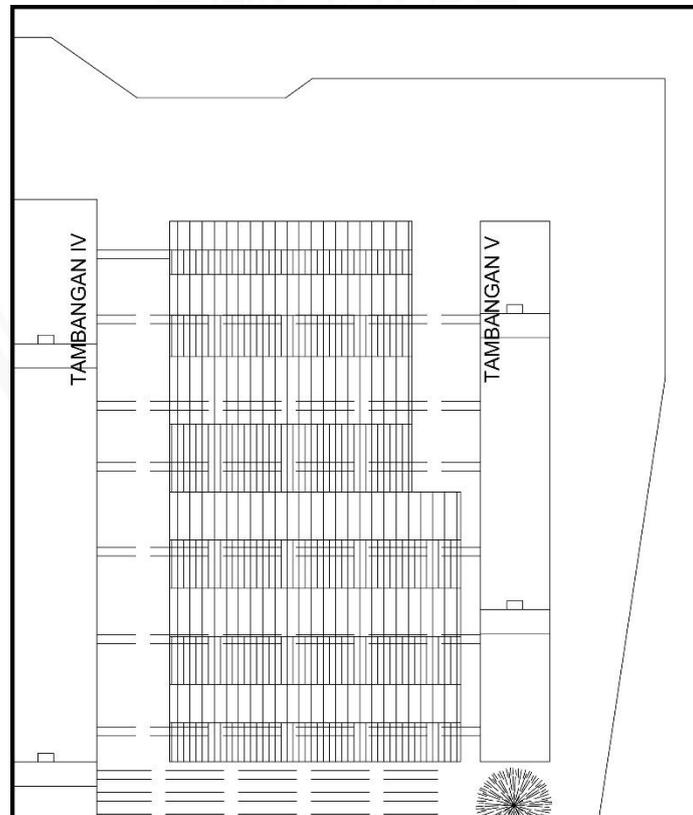
Terdapat kelebihan dan kekurangan antara kedua *layout* alternatif tersebut. Berikut penjelasannya:

Tabel 4. 6. Kelebihan dan Kekurangan Layout Alternatif



<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan tambangan lebih efisien dengan pembagian sesuai pekerjaan • Pembagian sirkulasi kendaraan berat dan ringan • Pemindahan material dari <i>storage</i> tidak terganggu 	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hanya memindahkan <i>workstation</i> yang dianggap tidak efisien • Tidak melakukan pembangunan atau penambahan bangunan
<p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pembangunan untuk area <i>storage</i> baru dan tambangan paling Timur 	<p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sirkulasi kendaraan berat dan kecil bersinggungan dalam satu area • Pemindahan material dari <i>storage</i> dapat terganggu • Penggunaan tambangan di area Timur menjadi ramai

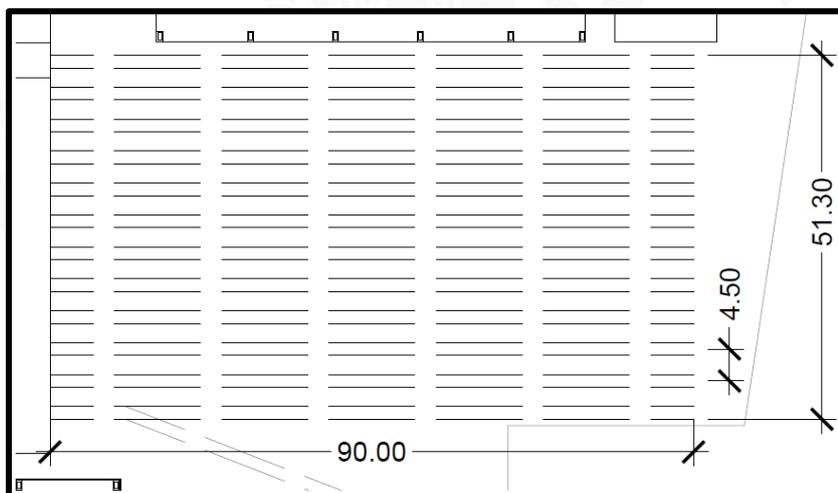
Kedua alternatif tersebut diambil yang paling efisien dengan banyak kelebihan dan sedikit kekurangan, maka dari itu *layout* alternatif yang paling efisien adalah *layout* alternatif pertama.



Gambar 4. 54. Area Pengecatan

Penataan *layout* bangunan yang paling efisien adalah *layout* alternatif pertama dikarenakan pemakaian tambangan khususnya tambangan area Timur telah terbagi sesuai kebutuhan. Tambangan paling Timur difungsikan untuk memindahkan gerbong hanya pada proses pengecatan, tambangan kedua dari Timur difungsikan untuk memindahkan gerbong untuk proses perakitan sampai dengan pengetesan. Selain itu penempatan *storage* di Utara berfungsi agar tidak terjadinya sirkulasi yang sama antara kendaraan berat untuk bongkar muat dan kendaraan ringan untuk staf atau pengunjung.

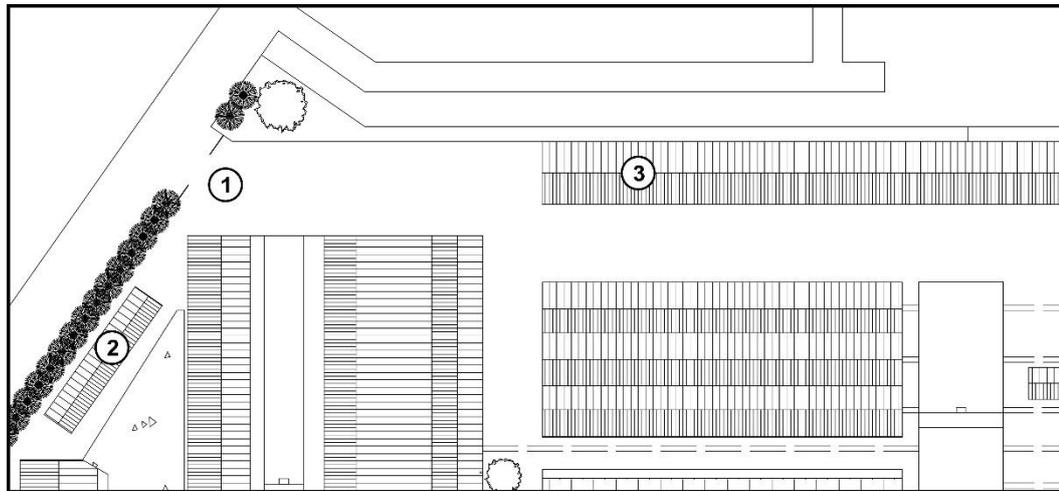
Dengan adanya penambahan *workstation* khusus untuk pengecatan maka berpengaruh positif terhadap *workstation* yang lain. Adanya penambahan ruang produksi yang mengakibatkan berkurangnya barang yang menumpuk (*bottleneck*). Pengerjaan pada *workstation* pengecatan baru ini bisa mengerjakan dua sampai tiga kereta secara bersamaan. Selain itu dengan dipindahkannya *workstation* pengecatan, maka area untuk perakitan (PRK) dan juga *bogie mounting* akan bertambah ruangan untuk pengerjaan satu kereta. Serta penambahan tambangan baru di Timur juga sangat berpengaruh dimana tingkat kesibukan pada tambangan IV pada gambar 4.52 intensitas penggunaannya akan berkurang. Dengan begitu dalam satu tahun PT. INKA dapat memproduksi sedikitnya 720 unit kereta.



Gambar 4. 55. Area Penyimpanan

Seiring meningkatnya kecepatan produksi tersebut, maka perlu dilakukan penyesuaian dengan tempat penyimpanan kereta. Pada area Timur terdapat tempat penyimpanan kereta yang terdiri dari 12 jalur dengan panjang 90 meter dan lebar 51,30 meter. Satu jalur kereta tersebut mampu menampung sebanyak empat kereta dengan panjang 20 meter, dengan begitu di area penyimpanan Timur mampu menampung sebanyak ± 48 unit kereta. Dengan adanya penyimpanan tersebut maka pengiriman dapat dilaksanakan setiap

dua minggu sekali dengan jumlah pengiriman sebanyak 28 unit ataupun tiga minggu sekali dengan jumlah pengiriman 48 unit.



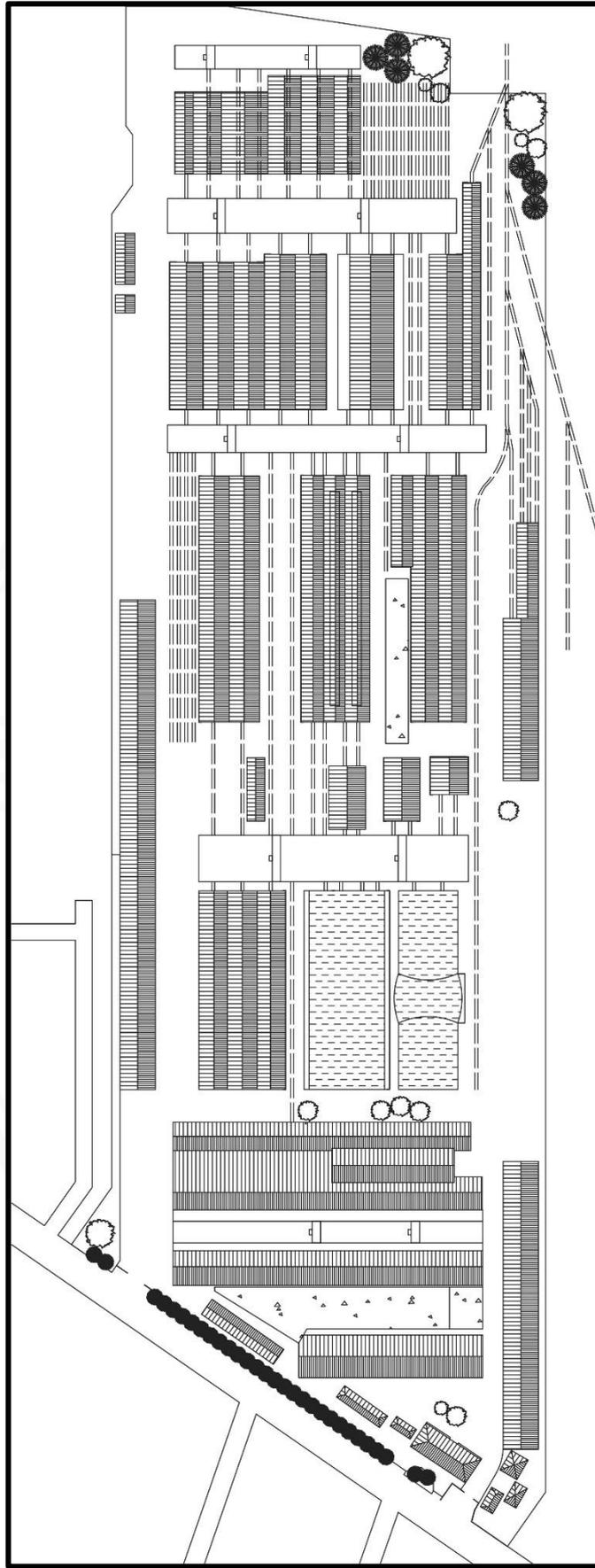
KETERANGAN:
 1. GERBANG UTARA
 2. PARKIR MOTOR
 3. STORAGE

Gambar 4. 56. Gerbang Akses Bongkar Muat



Gambar 4. 57. Gerbang Utara

Area untuk kendaraan berat dan bongkar muat dipindah ke Utara. Hal tersebut dikarenakan arus yang padat pada gerbang Selatan dimana akses masuk – keluar untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat terdapat pada satu tempat. Dengan dipindahkannya area kendaraan berat dan bongkar muat, sirkulasi kendaraan ringan tidak akan terganggu dan proses bongkar muat untuk kendaraan berat akan mudah dengan diikuti *storage* yang dipindah ke Utara. Penempatan tersebut diikuti dengan berpindahnya parkir motor ke Barat. Hal tersebut bertujuan agar kenyamanan untuk kendaraan berat bermanuver tidak terganggu.



Gambar 4. 58. Site Plan Rekomendasi

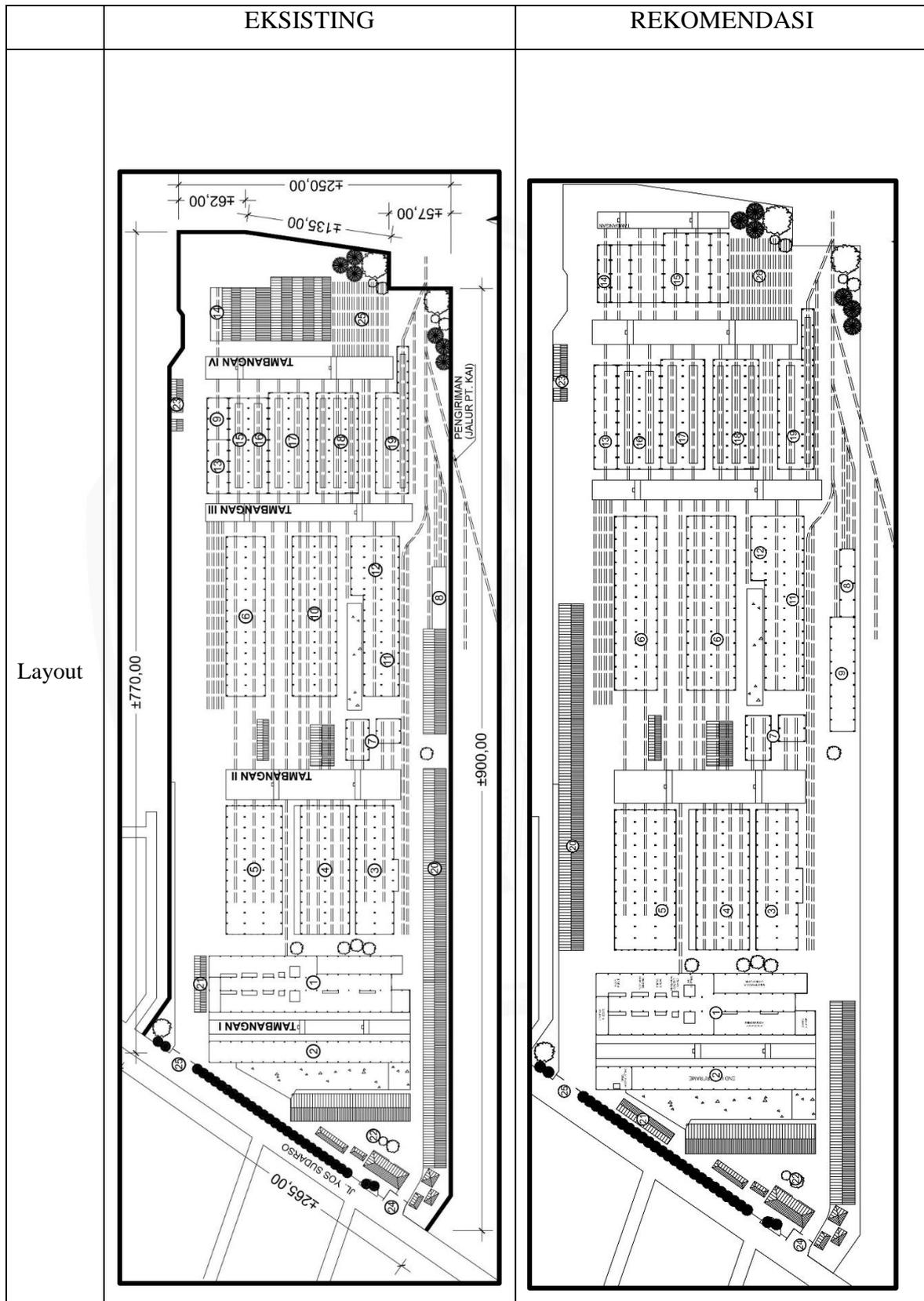


Gambar 4. 59. Layout Rekomendasi

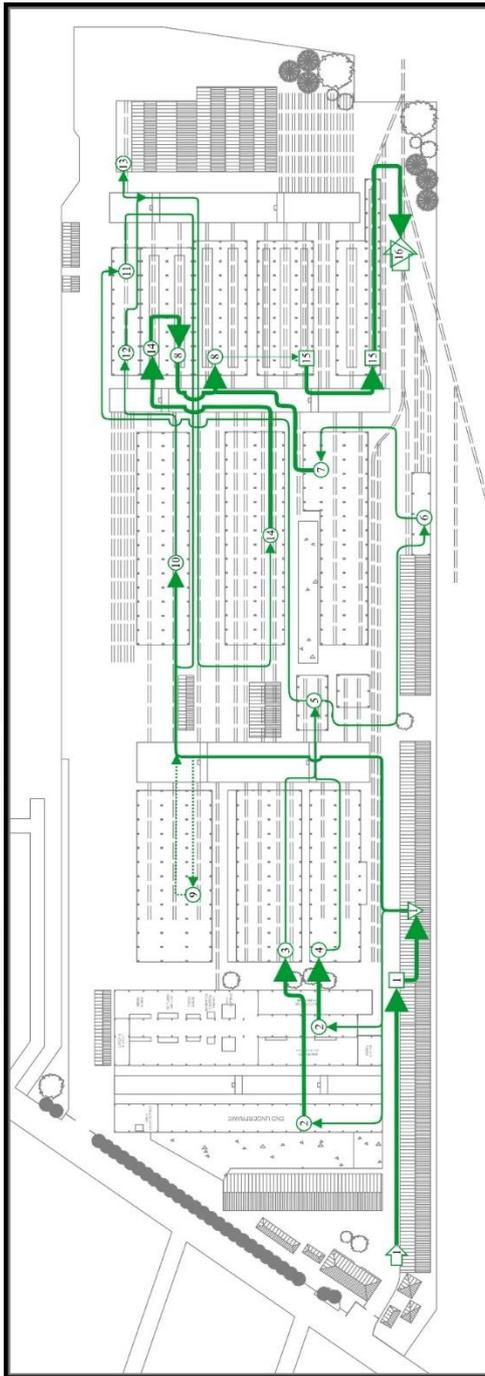
4.6. Rekomendasi

4.6.1. Tata letak bangunan (*layout*) dan alur produksi

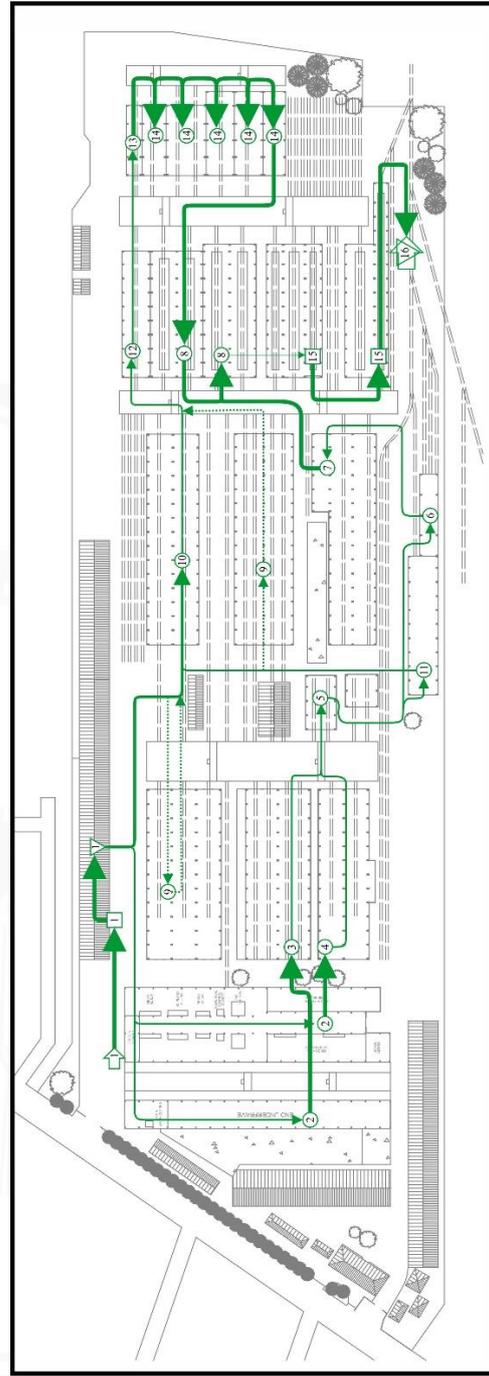
Tabel 4. 7. Hasil Rekomendasi Alur Produksi PT. INKA



Alur
Produksi



Pada alur produksi eksisting terdapat alur produksi yang tidak sesuai dengan perpindahan yang terlalu jauh dan berputar-putar.



Dilakukan pemindahan beberapa workstation sehingga alur produksi sesuai dengan analisis yang dilakukan pada metode SLP.

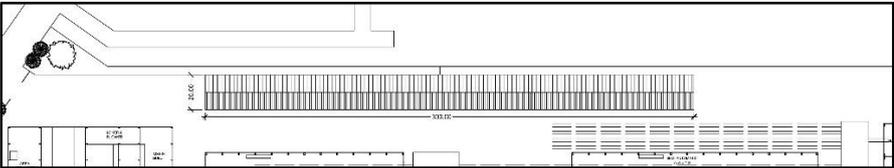


4.6.2. Storage

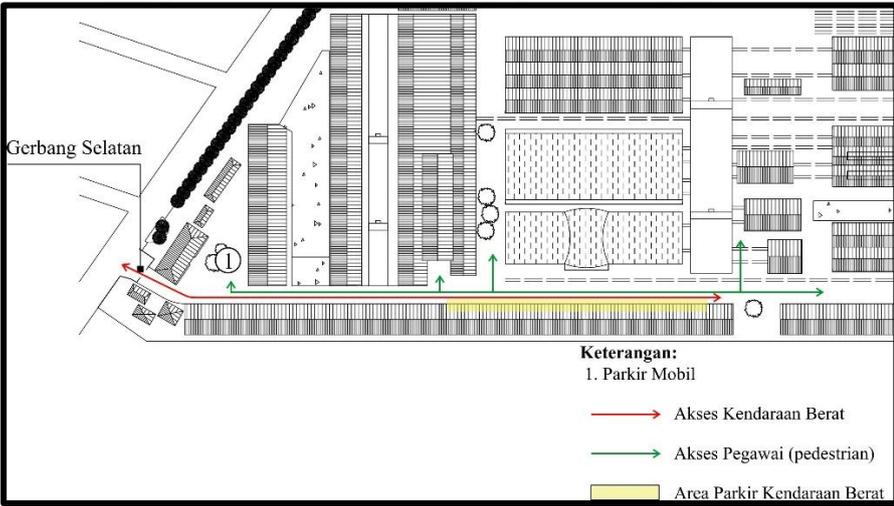
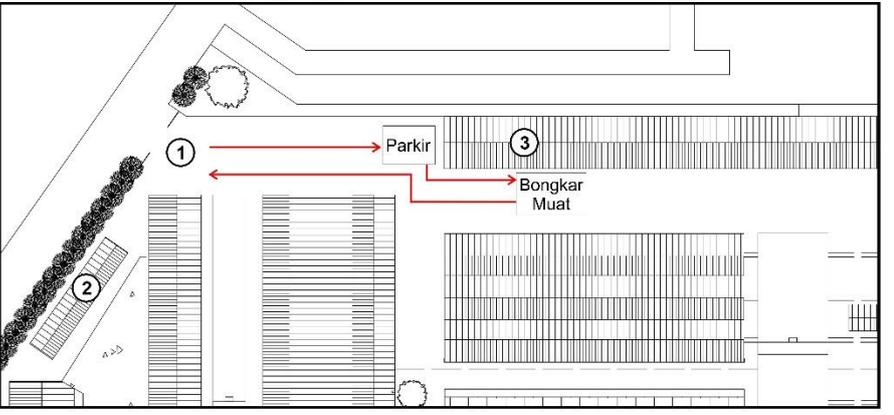
Tabel 4. 8. Hasil Rekomendasi Pemindahan *Storage*

<p>EKSISTING</p>	<p><i>Storage</i> eksisting terletak di Selatan.</p>
<p>REKOMENDASI</p>	<p><i>Storage</i> dipindahkan di Utara untuk aksesibilitas bongkar muat dan pengiriman bahan ke tiap <i>workstation</i>.</p>

Tabel 4. 9. Hasil Rekomendasi Besaran Ruang *Storage*

EKSISTING	 <p><i>Storage</i> eksisting terletak di Selatan dengan total luas $\pm 6.000 \text{ m}^2$</p>
REKOMENDASI	 <p>Pada area Utara terdapat area kosong dengan luas $\pm 22.312 \text{ m}^2$ yang dapat menyediakan <i>storage</i> dengan luas sama atau bahkan lebih lebar.</p>

Tabel 4. 10. Hasil Rekomendasi Aksesibilitas Bongkar Muat *Storage*

EKSISTING	 <p>Keterangan: 1. Parkir Mobil → Akses Kendaraan Berat → Akses Pegawai (pedestrian) Area Parkir Kendaraan Berat</p> <p>Akses kendaraan berat untuk bongkar muat dapat mengganggu sirkulasi dari mobil dan pegawai.</p>
REKOMENDASI	 <p>KETERANGAN: 1. GERBANG UTARA 2. PARKIR MOTOR 3. STORAGE → AKSES KENDARAAN BERAT</p> <p><i>Storage</i> yang terletak di Utara akan memisahkan sirkulasi dari kendaraan berat dengan sirkulasi mobil dan pegawai sehingga tidak mengganggu.</p>



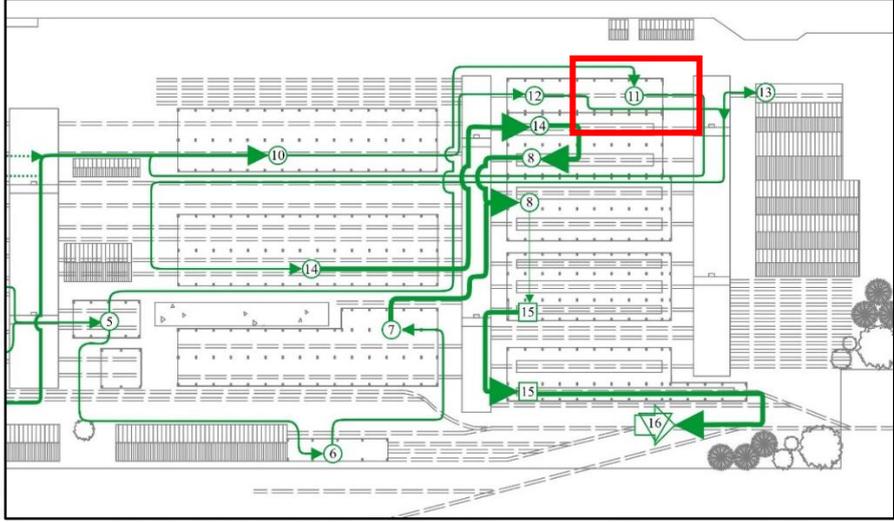
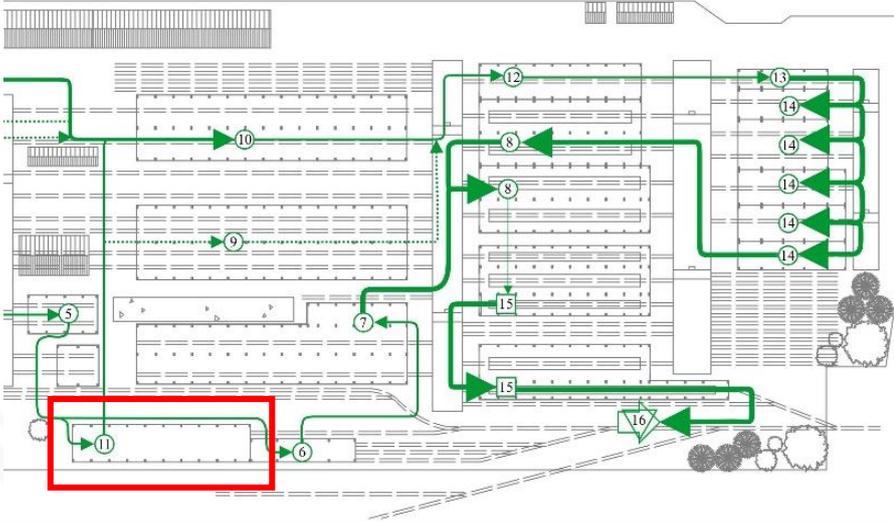
Gambar 4. 60. Tampak Rekomendasi Gerbang Utara



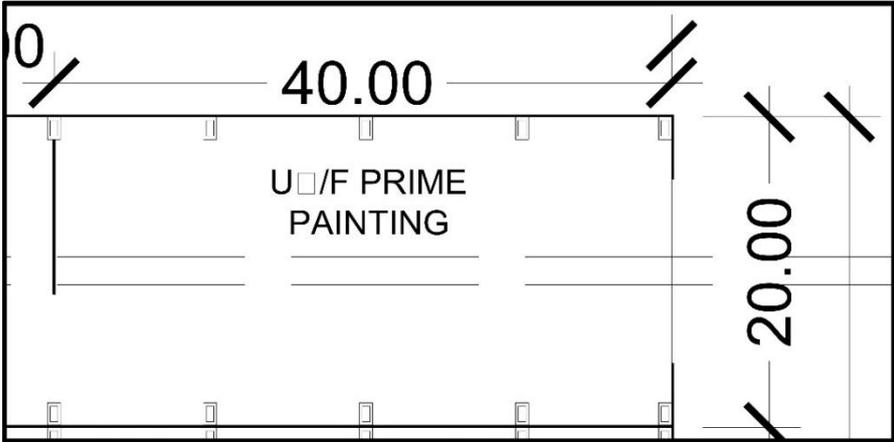
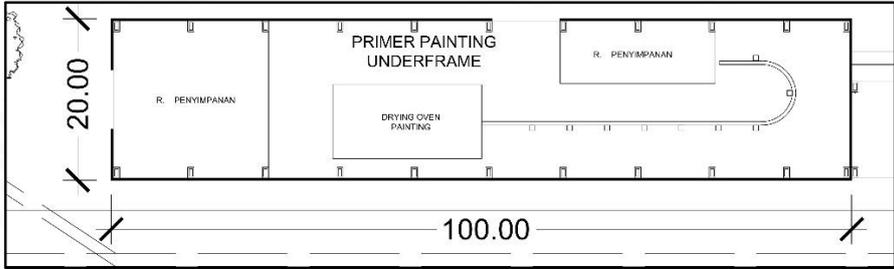
Gambar 4. 61. Tampak Rekomendasi Gerbang Selatan

4.6.3. Primer Painting Underframe

Tabel 4. 11. Hasil Rekomendasi Pemindahan Workstation Primer Painting Underframe

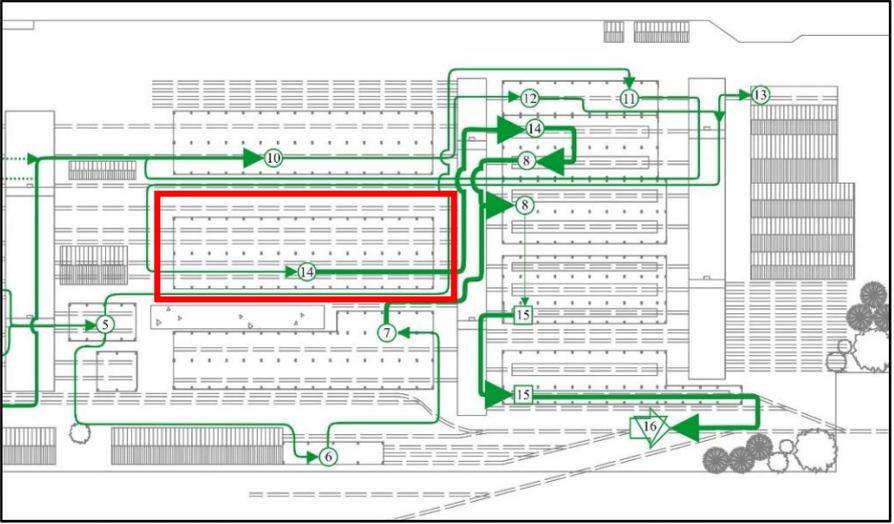
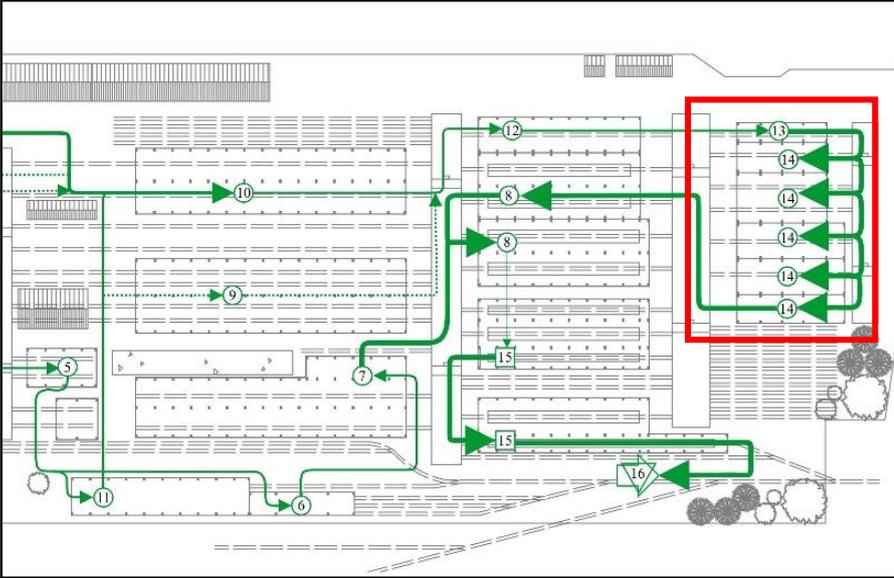
EKSISTING	 <p>Letak workstation primer painting underframe terlalu jauh.</p>
REKOMENDASI	 <p>Workstation primer painting underframe dipindahkan berdekatan dengan workstation primer painting bogie tepatnya bangunan lama storage Timur.</p>

Tabel 4. 12. Hasil Rekomendasi Besaran Ruang *Primer Painting Underframe*

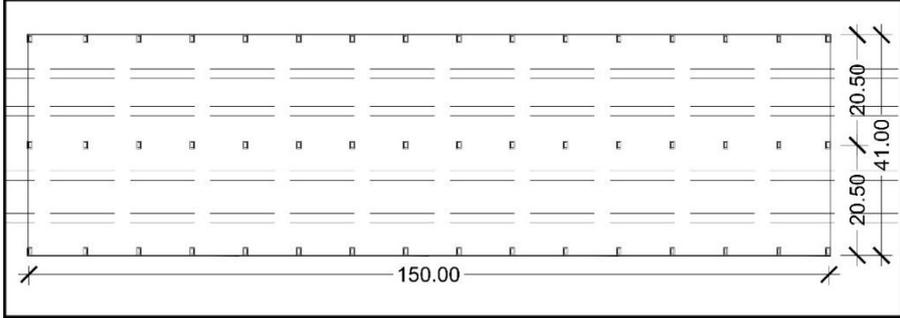
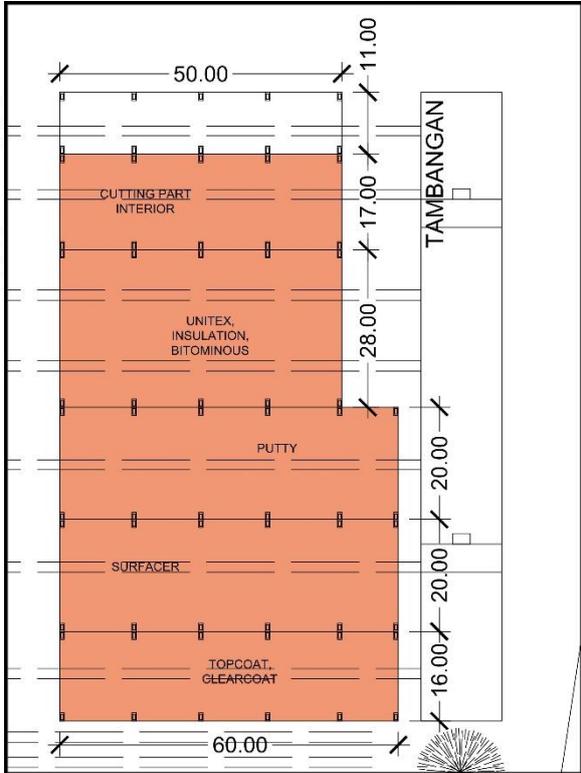
EKSISTING	 <p>Luas eksisting adalah $\pm 800 \text{ m}^2$ sedangkan kebutuhan ruang untuk <i>workstation primer painting underframe</i> adalah $\pm 1.050 \text{ m}^2$.</p>
REKOMENDASI	 <p>Luas eksisting adalah $\pm 2.000 \text{ m}^2$ yang mencukupi kebutuhan ruang untuk <i>primer painting underframe</i> seluas $\pm 1.050 \text{ m}^2$.</p>

4.6.4. Workstation pengecatan

Tabel 4. 13. Hasil Rekomendasi Pemindahan Workstation Pengecatan

EKSISTING	
REKOMENDASI	 <p data-bbox="491 1532 1385 1628"><i>Workstation</i> pengecatan di pindah ke Timur tepatnya di bangunan yang masih di perbaiki. Bangunan pengecatan lama digunakan untuk penambahan <i>worktation</i> perakitan (PRK).</p>

Tabel 4. 14. Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Pengecatan

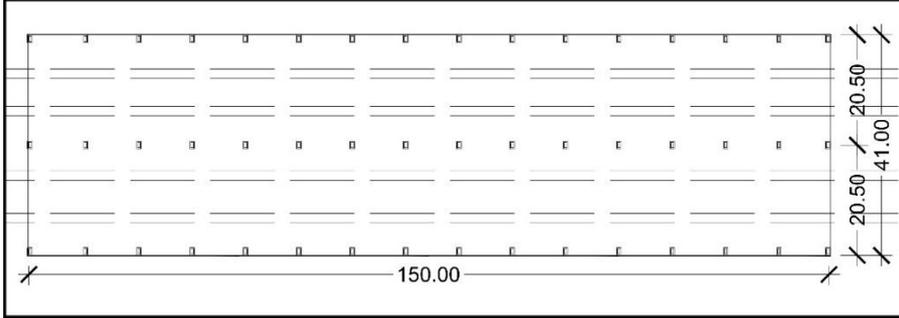
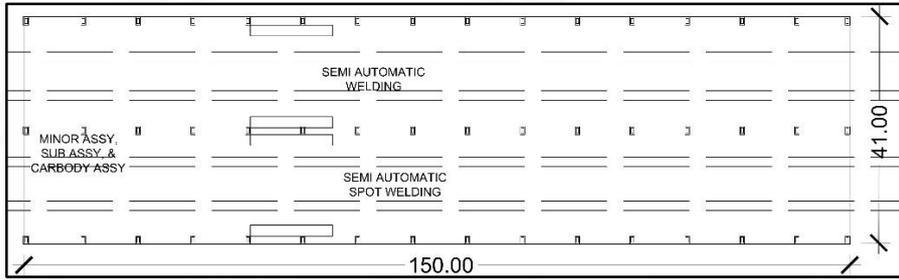
<p>EKSISTING</p>	 <p>Luas eksisting adalah ±6.150 m² sedangkan kebutuhan ruang untuk <i>workstation</i> pengecatan adalah ±3.600m².</p>
<p>REKOMENDASI</p>	 <p>Luas eksisting adalah ±3.955m² yang mencukupi kebutuhan ruang untuk pengecatan seluas ±3.600m².</p>

4.6.5. Penambahan workstation perakitan

Tabel 4. 15. Hasil Rekomendasi Penambahan Workstation Perakitan

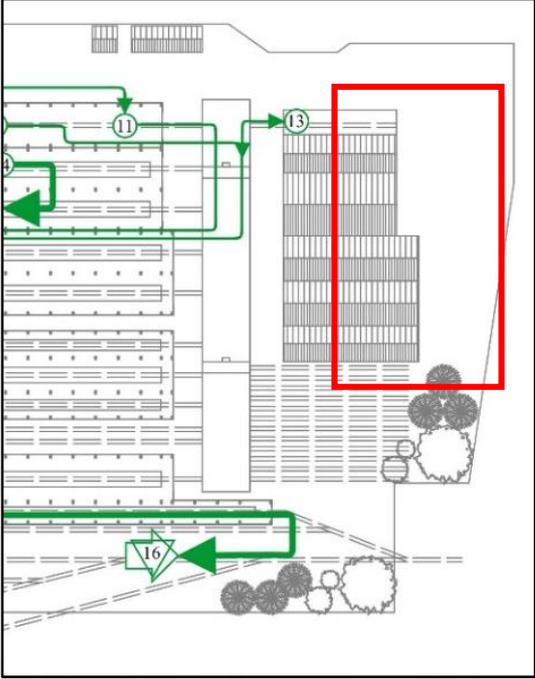
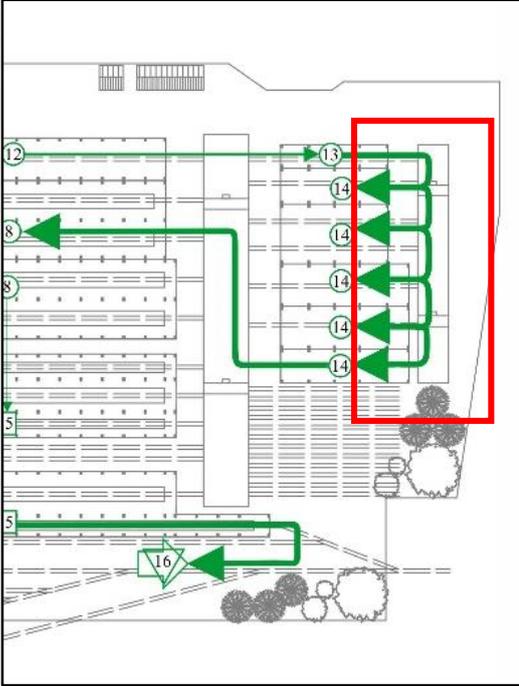
EKSISTING	
REKOMENDASI	<p data-bbox="486 1500 1388 1624">Akibat pemindahan workstation pengecatan ke Timur, maka workstation pengecatan dapat dialokasikan menjadi workstation perakitan sehingga pengerjaan perakitan kereta akan bertambah dan proses produksi semakin cepat.</p>

Tabel 4. 16. Hasil Rekomendasi Besaran Ruang Perakitan

EKSISTING	 <p>Luas eksisting bangunan adalah $\pm 6.150 \text{ m}^2$.</p>
REKOMENDASI	 <p>Dengan luas eksisting bangunan $\pm 6.150 \text{ m}^2$ akan mampu menampung pekerjaan <i>minor assy, sub assy, dan carbody assy</i> dengan luas total $\pm 11.965 \text{ m}^2$.</p>

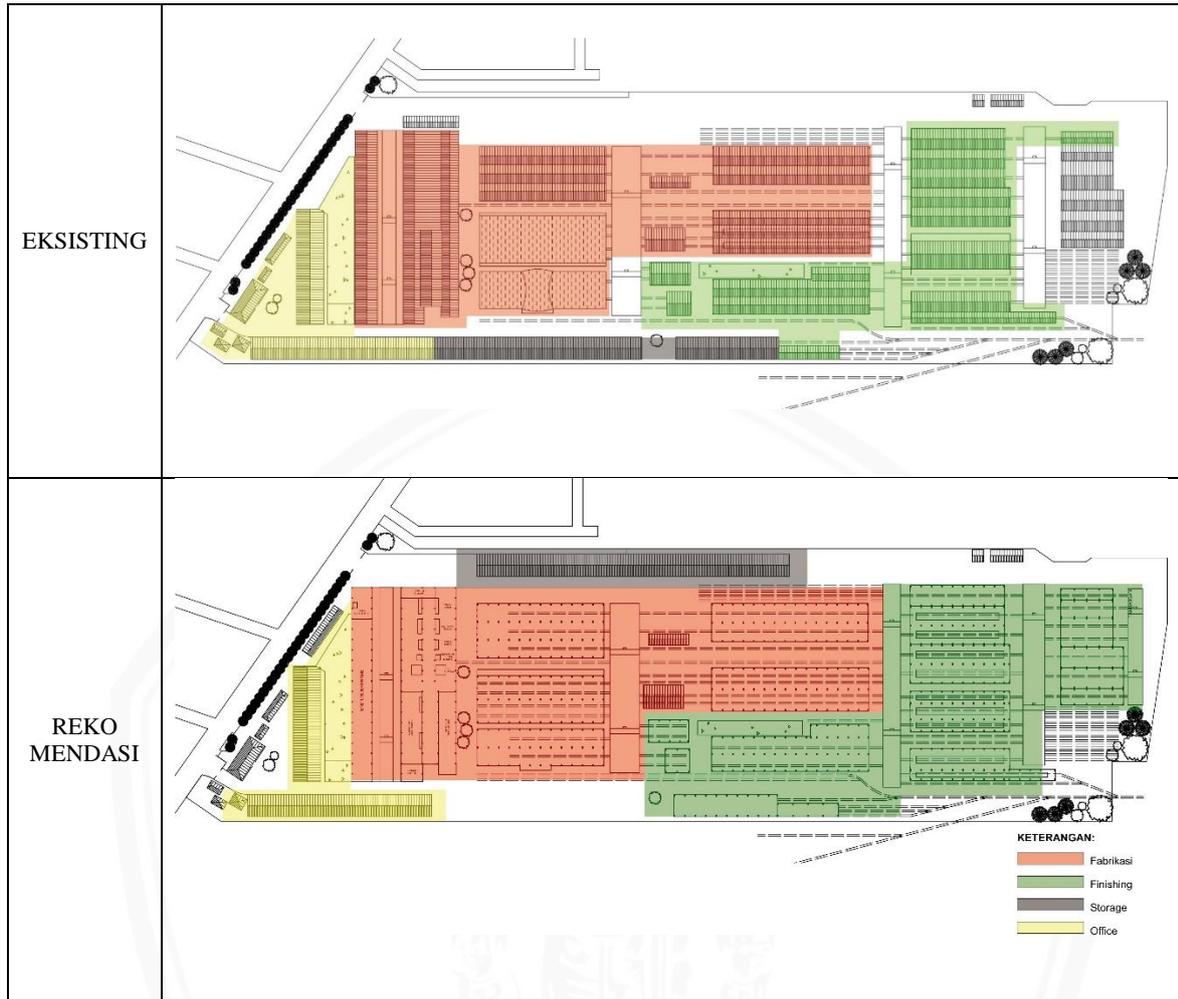
4.6.6. Penambahan Tambangan di Timur

Tabel 4. 17. Hasil Rekomendasi Penambahan Tambangan Timur

<p>EKSISTING</p>	 <p>Pada eksisting belum adanya tambangan di Timur.</p>
<p>REKOMENDASI</p>	 <p>Dengan penambahan tambangan Timur yang dikhususkan untuk perpindahan barang pada proses pengecatan membuat proses pengecatan dapat berjalan tanpa terganggu dengan <i>workstation</i> lain.</p>

4.6.7. Zoning

Tabel 4. 18. Hasil Rekomendasi Perubahan Zoning



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Efisiensi alur produksi pada PT. Industri Kereta Api (Persero) Madiun dipengaruhi oleh beberapa aspek, diantaranya aspek standar teknis sesuai dengan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia tentang Pedoman Teknis Kawasan Industri dan aspek tata letak bangunan (*layout*). Aspek standar teknis mengatur bagaimana bangunan industri tersebut sesuai dengan standar sarana dan prasarana untuk mendukung kelangsungan suatu kawasan industri baik dari bangunan maupun efisiensi. Aspek tata letak bangunan untuk mengetahui bagaimana tata letak bangunan yang sesuai dengan alur produksi menggunakan *Systematic Layout Planning* (SLP).

Penggunaan SLP dalam merancang *layout* suatu industri sangat berpengaruh khususnya PT. INKA. Dari kedua alternatif *layout* yang disebutkan maka terpilih alternatif *layout* pertama untuk dijadikan rekomendasi. Dengan adanya penambahan *workstation* khusus untuk pengecatan maka berpengaruh terhadap kecepatan produksi dikarenakan area untuk perakitan (PRK) dan juga *bogie mounting* akan bertambah ruangan untuk pengerjaan satu kereta. Serta penambahan tambangan baru di Timur juga sangat berpengaruh dimana tingkat kesibukan. Pada alternatif *layout* tersebut mampu meningkatkan kecepatan produksi kereta PT. INKA sebanyak dua sampai tiga unit.

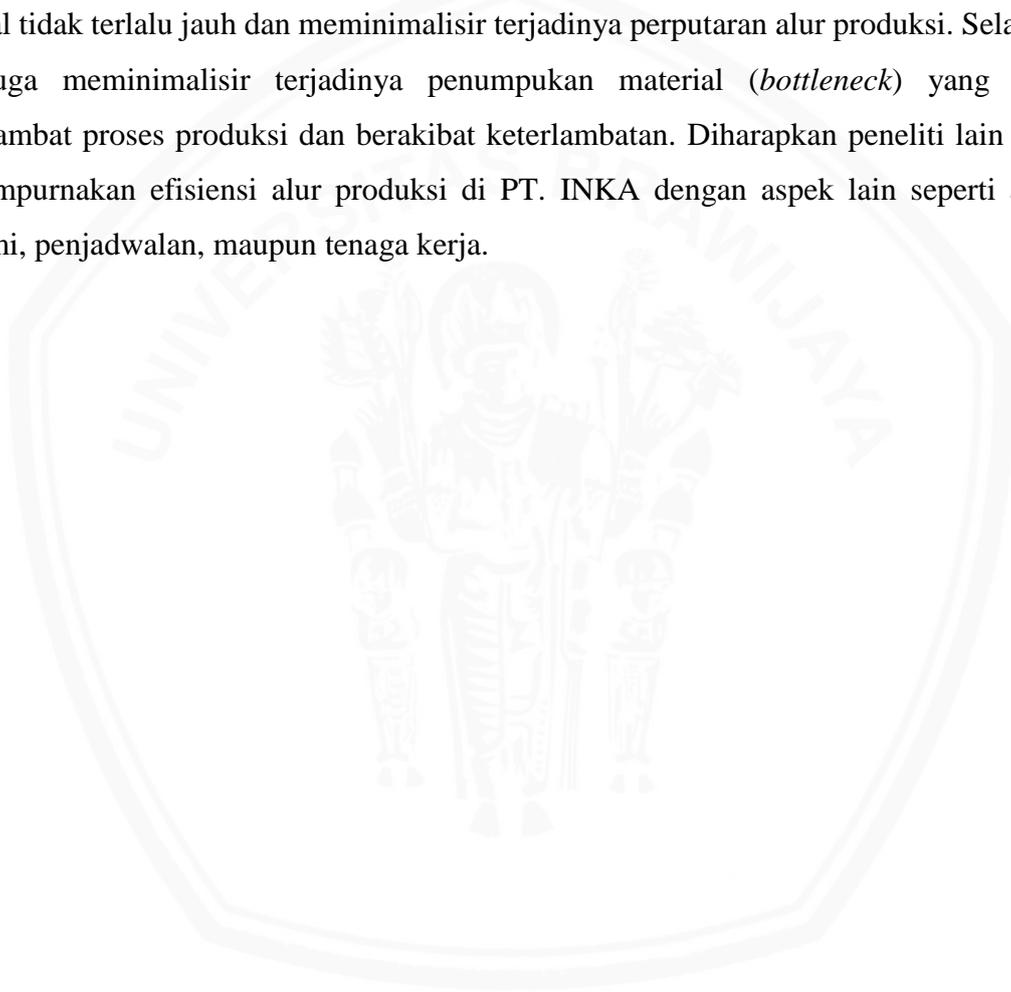
Selain merubah *layout* menjadi lebih efisien, perubahan juga dilakukan pada *storage*. Pada lokasi *storage* eksisting yang terletak di Selatan bersinggungan dengan sirkulasi mobil dan sirkulasi pegawai, selain itu pada area tersebut tidak dilengkapi dengan tempat parkir kendaraan berat dan area khusus bongkar muat. Maka dari itu lokasi *storage* dipindahkan ke Utara, dengan begitu sirkulasi kendaraan berat tidak mengganggu sirkulasi mobil dan sirkulasi pegawai. Area tersebut juga dapat memudahkan manuver kendaraan berat agar proses dari masuk, bongkar muat, hingga keluar aman dan nyaman.

Berdasarkan rekomendasi tata letak bangunan (*layout*) tersebut mampu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi PT. INKA dengan kecepatan produksinya. Jika dalam alur produksi eksisting PT. INKA hanya mampu memproduksi satu kereta dalam sehari, *layout* rekomendasi tersebut mampu menambah satu sampai dua kereta. Dengan begitu PT. INKA mampu memproduksi dua sampai tiga kereta dalam sehari. Jadi dalam jangka waktu satu tahun PT. INKA mampu memproduksi sedikitnya 720 unit kereta. Jika hal tersebut dapat

dilaksanakan maka PT. INKA mampu menyelesaikan proyek yang dikerjakan di tahun 2018 diantaranya 250 unit kereta Bangladesh, 186 unit kereta Jabodebek, dan 438 unit kereta yang dipesan PT. KAI selambat-lambatnya dalam waktu satu setengah tahun.

5.2. Saran

Penelitian ini dilakukan untuk memajukan industri kereta api khususnya PT. INKA dan bagaimana perencanaan bangunan industri dari sudut pandang arsitektur dapat direncanakan. Alur produksi dapat ditata ulang dengan menggunakan *Systematic Layout Planning* (SLP) dengan mempertimbangkan kedekatan antar *workstation* agar perpindahan material tidak terlalu jauh dan meminimalisir terjadinya perputaran alur produksi. Selain itu bisa juga meminimalisir terjadinya penumpukan material (*bottleneck*) yang dapat menghambat proses produksi dan berakibat keterlambatan. Diharapkan peneliti lain dapat menyempurnakan efisiensi alur produksi di PT. INKA dengan aspek lain seperti aspek ekonomi, penjadwalan, maupun tenaga kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- Apple, James M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan Edisi Ketiga* (Ir. Nurhayati M.T. Mardiono, M.Sc., Penerjemah). Bandung: ITB Bandung.
- Muther, Richard. (1984). *Systematic Layout Planning*. Cahners Book.
- Drury, Jolyon. (1986). *Factories: planning, design, and modernisation*. London: The Architectural Press Ltd.
- Neufert, Peter and Ernst. (2002). *Data arsitek jilid 2* (Dr.-Ing. Sunarto Tjahjadi dan Dr. Ferryanto Chaidir, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- Laamanen, Jani Salomo. (2015). *Production Planning Modernization: The Case Plywood Plant. Degree Programme of Industrial Engineering*.
- Laksono, Agwinardanu. (2010). *Perbaikan Value Stream pada Proses Produksi Kereta Kelas Ekonomi Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Project*. Skripsi.
- Odeleye, Olawale A. (1966). *Design Consideration in Industrial Architecture. Thesis*.
- Safitri, Nadia Dini. Ilmi, Zainal. Kadafi, M. Amin. (2017). *Analisis Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Menggunakan Metode Activity Relationship Chart (ARC)*. Journal.
- Hardianto, Roby Tri. Wahyudi. Aditya, Dhika P. (2018). *Analisis Kekuatan Konstruksi Underframe pada Prototype Light Rail Transit (LRT)*. Journal.
- Maina, Eliud C. Muchiri Peter N. & Keraita, James. (2018). *Improvement of Facility Layout Using Systematic Layout Planning*. IOSR Journal of Engineering.
- Irawan, Bayu Satria. (2007, Maret 11). *Plant layout/facilities layout*. November 14, 2008. <http://bysatria.wordpress.com/2007/03/11/plant-layout-facilitieslayout/>
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Muchdoro, A. M. 1997. *Teori dan Perilaku Organisasi*. Yogyakarta: UMM-Press.
- Nazir, Moh. 2005. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Arikunto, Suharsimi. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Bahry, Donna L. 1995. *Crossing Border: The Practice of Comparative Research*. London: Longman Publisher.

Departemen Pekerjaan Umum. (1998). *Keputusan menteri pekerjaan umum nomor: 441/kpts/1998 tentang persyaratan teknis bangunan gedung*.

Kementrian Perindustrian (2010). *Peraturan menteri perindustrian nomor: 35/M-IND/PER/3/2010 tentang pedoman teknis kawasan industri*.

Kementrian Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor: 06/PRT/M/2007 tentang Pedoman Umum Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan*.

Rendyanto, Kusnawan. (2010). *Magang tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT. INKA (Persero) Madiun*. Laporan Umum.

Setyawan, Roby Ferdinand. (2009). *Efisiensi Teknis pada Bangunan Industri*. Skripsi

