



PERANCANGAN TATA LETAK PADA UNIT PREPARASI DI PABRIK *ELEMENTED DETONATOR* PT DAHANA

MUHAMMAD FATHAN NABIL AL BADI



**MANAJEMEN INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan proyek akhir dengan judul “Perancangan Tata Letak pada Unit Preparasi di Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana” merupakan karya saya yang disusun dengan bimbingan dari dosen pembimbing serta belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Seluruh sumber informasi yang dikutip, baik dari karya yang telah diterbitkan maupun belum diterbitkan, telah disebutkan di dalam teks dan dicantumkan pada daftar pustaka di bagian akhir laporan ini.

Dengan pernyataan ini, saya juga melimpahkan hak cipta atas karya tulis tersebut kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Muhammad Fathan Nabil Al Badi
J0411221190

ABSTRAK

MUHAMMAD FATHAN NABIL AL BADI. Perancangan Tata Letak pada Unit Preparasi di Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana. Dibimbing oleh NOVIA RAHMAWATI.

Tata letak Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana masih belum optimal, ditandai dengan jarak perpindahan material yang jauh dan berulang. Berdasarkan data, total jarak tempuh operator mencapai 1.225 meter per siklus, dengan waktu siklus penanganan bahan sebesar 42 menit 5 detik dan ongkos material handling sebesar Rp15.505.556 per bulan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tata letak existing serta merancang tata letak usulan untuk meningkatkan efisiensi aliran material. Metode yang digunakan meliputi Peta Proses Operasi (PPO), *Rectilinear Distance*, *Activity Relationship Chart* (ARC), *Total Closeness Rating* (TCR), dan perhitungan Ongkos *Material Handling* (OMH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak usulan mampu mengurangi jarak perpindahan sebesar 547 meter (44,65%), menurunkan waktu siklus penanganan bahan sebesar 1.190 detik (47,13%), serta menekan biaya material handling sebesar Rp576.433 (3,72%). Dengan demikian, tata letak usulan menghasilkan aliran material yang lebih terstruktur sesuai urutan proses produksi dan meningkatkan efisiensi operasional Unit Preparasi.

Kata Kunci: *Activity Relationship Chart* (ARC), Efisiensi, *Material Handling*, Tata Letak Fasilitas, *Total Closeness Rating* (TCR).

ABSTRACT

MUHAMMAD FATHAN NABIL AL BADI. Facility Layout Design for the Preparation Unit at the *Elemented Detonator* Plant of PT Dahana. Supervised by NOVIA RAHMAWATI.

The layout of the Preparation Unit at the *Elemented Detonator* Plant of PT Dahana has not yet been optimized, as indicated by long and repetitive material movement distances. Based on the collected data, the operator's total travel distance reached 1,225 meters per production cycle, with a material handling cycle time of 42 minutes and 5 seconds and a monthly material handling cost of IDR 15,505,556. This study aims to evaluate the existing facility layout and develop a proposed layout to improve material flow efficiency. The methods employed include the Operation Process Chart (OPC), *Rectilinear Distance*, *Activity Relationship Chart* (ARC), *Total Closeness Rating* (TCR), and *Material Handling Cost* (MHC) analysis. The results show that the proposed layout reduced the material movement distance by 547 meters (44.65%), decreased the material handling cycle time by 1,190 seconds (47.13%), and lowered the material handling cost by IDR 576,433 (3.72%). Therefore, the proposed layout provides a more systematic material flow that follows the production sequence and improves operational efficiency in the Preparation Unit.

Keywords: *Activity Relationship Chart*, Efficiency, Facility Layout, Material Handling, *Total Closeness Rating*.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PERANCANGAN TATA LETAK PADA UNIT PREPARASI DI PABRIK *ELEMENTED DETONATOR* PT DAHANA

MUHAMMAD FATHAN NABIL AL BADI

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Manajemen Industri

**MANAJEMEN INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada ujian Proyek Akhir: Derry Dardanella, S.TP., M.Si.



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Proyek Akhir

: Perancangan Tata Letak pada Unit Preparasi di
Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana

Nama
NIM

: Muhammad Fathan Nabil Al Badi
: J0411221190

Disetujui oleh

Pembimbing:

Novia Rahmawati, S.T., M.T.
NIP. 199211122024062001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Annisa Kartinawati, S.T.P., M.T.
NPI. 201811198312152006

Dekan Sekolah Vokasi:

Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP.196607171992031003

Tanggal Ujian: 21 Mei 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul “Perancangan Tata Letak pada Unit Preparasi di Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana” dengan baik dan tepat waktu. Penyusunan laporan ini melalui berbagai tahapan dan memperoleh bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak yang sangat membantu hingga laporan ini dapat diselesaikan. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Annisa Kartinawati, S.T.P., M.T., selaku Ketua Program Studi Manajemen Industri, Sekolah Vokasi IPB, atas waktu dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
2. Ibu Novia Rahmawati, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing selama magang industri dan penyusunan laporan proyek akhir, yang telah membimbing, memberi arahan, motivasi, dan ilmu yang bermanfaat.
3. Seluruh tim dosen Program Studi Manajemen Industri Sekolah Vokasi IPB, atas waktu dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
4. Bapak Nabiha Reyhan Padmono selaku pembimbing lapang serta seluruh karyawan PT Dahana yang telah memberikan kesempatan, informasi, serta bantuan yang dibutuhkan dalam proses pengumpulan data.
5. Keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan selama penulis menyelesaikan laporan proyek akhir ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Manajemen Industri angkatan 59 yang senantiasa berjuang bersama dalam pemenuhan laporan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan kedepannya. Semoga ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, serta menjadi kontribusi positif bagi perusahaan tempat magang penulis.

Bogor, Juli 2026

Muhammad Fathan Nabil Al Badi

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Peta Proses Operasi (PPO)	3
2.2 Tata Letak	4
2.3 Penanganan Bahan (<i>Material Handling</i>)	5
2.4 Perhitungan <i>Rectilinear</i>	6
2.5 <i>Activity Relationship Chart</i> (ARC)	7
2.6 <i>Total Closeness Rating</i> (TCR)	8
2.7 <i>Ongkos Material Handling</i> (OMH)	9
III METODE	11
3.1 Lokasi dan Waktu	11
3.2 Teknik Pengumpulan Data	11
3.3 Analisis Data	11
3.4 Prosedur Kerja	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Profil Perusahaan	15
4.2 Perancangan Tata Letak <i>Existing</i>	16
4.3 Proses Perancangan Tata Letak Usulan	23
4.4 Desain Tata Letak Usulan	31
4.5 Perbandingan Efisiensi Tata Letak <i>Existing</i> dan Usulan	37
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Simpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43
RIWAYAT HIDUP	64

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Kondisi aktual unit preparasi	1
2	Luas area unit preparasi <i>existing</i>	17
3	Titik koordinat unit preparasi <i>existing</i>	18
4	Perhitungan <i>rectilinear</i> tata letak <i>existing</i>	19
5	Ongkos <i>material handling</i> (OMH) <i>existing</i>	22
6	Total perhitungan biaya tata letak <i>existing</i>	23
7	Derajat kedekatan ARC	24
8	Tabel kode alasan kedekatan	25
9	Data hubungan ruangan semi <i>drying</i> DDNP	25
10	Data hubungan ruangan <i>pouring</i> DDNP	25
11	Data hubungan ruangan <i>pouring</i> DDNP (<i>lanjutan</i>)	26
12	Data hubungan ruangan <i>pouring</i> PETN	26
13	Data hubungan ruangan <i>waste room</i>	26
14	Data hubungan ruangan <i>wet</i> PETN <i>storage</i>	27
15	Data hubungan ruangan <i>dehydration</i> PETN	27
16	Data hubungan ruangan <i>dehydration</i> DDNP	27
17	Data hubungan ruangan <i>wet</i> DDNP <i>storage</i>	28
18	Data hubungan ruangan <i>subdivision</i> DDNP & <i>cleaning Room</i>	28
19	Data hubungan ruangan <i>drying</i> DDNP	28
20	Data hubungan ruangan <i>air handling unit</i>	28
21	Data hubungan ruangan <i>drying</i> PETN	29
22	Data hubungan ruangan <i>temporary storage room</i> DDNP	29
23	Alokasi blok pada matriks <i>western edge</i>	30
24	Luas area unit preparasi usulan	31
25	Titik koordinat unit preparasi usulan	32
26	Perhitungan <i>rectilinear</i> tata letak usulan	32
27	Ongkos <i>material handling</i> (OMH) usulan	36
28	Total perhitungan biaya tata letak usulan	37
29	Hasil perbandingan efisiensi tata letak <i>existing</i> dan usulan	37

DAFTAR GAMBAR

1	Prosedur kerja penelitian	14
2	<i>Activity relationship chart</i> (ARC) unit preparasi	24

DAFTAR LAMPIRAN

1	Peta Proses Operasi PETN	44
2	Peta Proses Operasi DDNP	45
3	Tata Letak Unit Preparasi <i>Existing</i>	46
4	Titik Koordinat Tata Letak <i>Existing</i>	47
5	Pengodean Area Tata Letak <i>Existing</i>	48
6	Alur Proses Produksi DDNP dan PETN <i>Existing</i>	49
7	Perhitungan Jarak dan Waktu Tata Letak <i>Existing</i>	50
8	Perhitungan Jumlah dan Biaya Operator <i>Existing</i>	51
9	Alur Alat Penanganan Bahan <i>Existing</i>	52
10	Hasil Perhitungan <i>Total Closeness Rating</i> (TCR)	53
11	Tahapan Matriks <i>Western Edge</i>	54
12	Tata Letak Unit Preparasi Usulan	57
13	Titik Koordinat Tata Letak Usulan	58
14	Pengodean Area Tata Letak Usulan	59
15	Alur Proses Produksi DDNP dan PETN Usulan	60
16	Perhitungan Jarak dan Waktu Tata Letak Usulan	61
17	Perhitungan Jumlah dan Biaya Operator Usulan	62
18	Alur Alat Penanganan Bahan Usulan	63

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri bahan peledak komersial seperti PT Dahana merupakan perusahaan dengan sektor yang menuntut tingkat ketelitian, keselamatan, dan efisiensi yang sangat tinggi, terutama pada tahap-tahap proses produksi yang melibatkan material sensitif. PT Dahana mengoperasikan beberapa fasilitas produksi untuk memenuhi kebutuhan bahan peledak di dalam negeri. Efektivitas sistem produksi dalam industri ini sangat dipengaruhi oleh penataan fasilitas dan aliran material yang tepat, sehingga manajemen tata letak menjadi aspek yang tidak dapat diabaikan dalam memastikan kelancaran operasional.

Sebagai perusahaan yang memiliki empat pabrik utama yaitu, Pabrik *Elemented Detonator*, Pabrik *Non-Electric Detonator*, Pabrik *Cartridge Emulsion*, dan Pabrik *Danfo*, setiap fasilitas memiliki karakteristik proses yang berbeda. Khususnya pada Pabrik *Elemented Detonator*, unit produksinya terbagi menjadi empat bagian, yaitu unit Preparasi, unit *Delay Powder*, unit *Wecom*, dan unit *Blasting Cap*. Unit Preparasi memegang peran awal dalam menghasilkan dua jenis produk utama, yaitu DDNP (*Diazodinitrophenol*) dan PETN (*Pentaerythritol Tetranitrate*), yang menjadi komponen dasar dalam rangkaian detonator. Kedua produk tersebut memiliki alur proses masing-masing, mulai dari transportasi bahan, tahap dehidrasi, subdivisi, pengeringan, hingga penuangan. Tata letak pada Unit Preparasi ini dipilih sebagai objek penelitian di karenakan terdapat keluhan dari operator mengenai jauhnya perpindahan material antar ruangan, inilah yang menuntut penataan fasilitas yang efektif pada unit preparasi agar dapat meminimalkan kelelahan dan memaksimalkan efisiensi produksi.

Namun kondisi aktual menunjukkan bahwa tata letak fasilitas pada Unit Preparasi belum mendukung terhadap aliran proses produksi. Jarak perpindahan material pada beberapa stasiun kerja masih cukup jauh dengan total jarak perpindahan material dari keseluruhan alur produksi mencapai 1.225 meter, sementara hubungan kedekatan antar aktivitas belum ditata sesuai dengan tingkat keterkaitan proses. Ketidakefisienan ini juga berpengaruh pada meningkatnya biaya penanganan bahan atau ongkos *material handling* yang seharusnya dapat ditekan apabila tata letak dirancang secara sistematis. Adapun gambaran untuk kondisi aktual pada Unit Preparasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi aktual unit preparasi

Kondisi Aktual Unit Preparasi		
Jarak Tempuh Produksi Operator	Cycle Time <i>Material Handling</i>	Ongkos <i>Material Handling</i> /Bulan
1225 Meter	2525 Detik	Rp15.505.556

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tata letak dan aliran material pada Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana dengan mempertimbangkan hubungan kedekatan aktivitas dan jarak perpindahan material. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dimulai dari Peta Proses Operasi (PPO) untuk mengidentifikasi alur produksi, Perhitungan Rectilinear untuk mengetahui jarak perpindahan, Ongkos *Material Handling* (OMH) untuk biaya penanganan bahan, dan juga *Activity Relationship Chart* (ARC), *Total Closeness Rating* (TCR) untuk

menganalisis hubungan antar aktivitas. Hasil evaluasi dibandingkan dengan rancangan tata letak usulan guna mengidentifikasi ketidakefisienan dan potensi perbaikan menuju tata letak yang lebih efisien dan optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji dalam penelitian ini, yaitu:

- Bagaimana kondisi tata letak dan besaran Ongkos *Material Handling* pada Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana saat ini?
- Bagaimana perancangan model perbaikan tata letak melalui penggunaan *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Total Closeness Rating* (TCR)?
- Bagaimana perubahan Ongkos *Material Handling* yang terjadi apabila tata letak usulan diterapkan dibandingkan dengan kondisi aktual?

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- Mengidentifikasi kondisi tata letak fasilitas serta menghitung besaran Ongkos *Material Handling* pada Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana berdasarkan tata letak aktual.
- Merancang model perbaikan tata letak dengan menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Total Closeness Rating* (TCR) guna menentukan tingkat kedekatan dan hubungan antar aktivitas sebagai dasar penyusunan tata letak yang lebih efektif.
- Mengevaluasi perubahan besaran Ongkos *Material Handling* setelah diterapkannya tata letak usulan sehingga dapat diketahui peningkatan efisiensi dibandingkan tata letak kondisi awal.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- Bagi Mahasiswa
 - Meningkatkan kemampuan analisis proses produksi dan perancangan tata letak secara lebih mendalam dan terarah.
 - Menguasai penggunaan metode seperti ARC, TCR, dan analisis jarak dalam studi nyata di lapangan.
 - Menambah pengalaman praktis dalam menyelesaikan masalah industri secara profesional langsung dan efektif.
- Bagi Perusahaan
 - Memberikan informasi yang komprehensif mengenai efektivitas tata letak fasilitas pada Unit Preparasi, sehingga perusahaan dapat mengetahui area yang menyebabkan ketidakefisienan aliran material.
 - Memberikan alternatif usulan tata letak yang dapat meningkatkan aliran proses dan berpotensi menurunkan ongkos *material handling*.
- Bagi Perguruan Tinggi
 - Memberikan gambaran mengenai sejauh mana mahasiswa mampu mengaplikasikan pengetahuan akademik dalam lingkungan kerja.
 - Menjadi referensi tambahan bagi kampus terkait penerapan manajemen pemeliharaan mesin di industri.
 - Mendukung terjalinnya kolaborasi yang berkelanjutan antara institusi pendidikan dan perusahaan.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peta Proses Operasi (PPO)

Peta Proses Operasi (PPO) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menggambarkan urutan aktivitas dalam suatu proses produksi. Proses Operasi juga dijelaskan sebagai diagram yang menampilkan rangkaian tahapan yang dilalui material dalam proses produksi, termasuk urutan kegiatan operasi dan pemeriksaan (Siregar dan Yasid 2018). Melalui diagram tersebut, seluruh aktivitas yang terjadi selama proses produksi dapat divisualisasikan secara sistematis sehingga aliran proses menjadi lebih mudah dipahami. PPO tidak hanya menunjukkan perpindahan material dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya, tetapi juga memberikan gambaran mengenai keterkaitan antarproses yang membentuk suatu sistem produksi secara keseluruhan. Dengan adanya penyajian urutan aktivitas secara jelas, perusahaan dapat memahami bagaimana material diproses sejak bahan baku hingga menjadi produk akhir. Selain itu, PPO juga memudahkan proses identifikasi terhadap aktivitas yang memberikan nilai tambah maupun aktivitas yang berpotensi menimbulkan pemborosan sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi dan pengendalian proses produksi.

Siregar dan Yasid (2018) menjelaskan juga bahwa Peta Proses Operasi juga memuat informasi mengenai deskripsi setiap elemen kerja, waktu penyelesaian masing-masing elemen kerja, serta peralatan yang diperlukan dalam penyelesaian pekerjaan. Informasi tersebut memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai pelaksanaan setiap tahapan proses produksi sehingga memudahkan perusahaan dalam melakukan analisis terhadap kinerja proses. Data waktu penyelesaian pada setiap aktivitas dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tahapan yang membutuhkan waktu paling lama, mengidentifikasi potensi terjadinya bottleneck, serta mengevaluasi aktivitas yang belum berjalan secara efisien. Selain itu, informasi mengenai peralatan yang digunakan pada setiap proses juga dapat menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan fasilitas produksi serta memastikan kesesuaian penggunaan alat dengan aktivitas yang dilakukan. Oleh karena itu, PPO tidak hanya berfungsi sebagai alat dokumentasi proses, tetapi juga menjadi dasar dalam pengukuran waktu kerja, analisis metode kerja, serta penyusunan usulan perbaikan proses produksi.

Peta Proses Operasi adalah alat yang digunakan untuk membantu operator dalam menjalankan aktivitas atau langkah pada suatu proses produksi maupun proses lainnya (Rahmawan *et al.* 2021). Dalam penerapannya, PPO berfungsi sebagai pedoman kerja yang memberikan gambaran mengenai urutan aktivitas yang harus dilakukan sehingga operator dapat melaksanakan pekerjaan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Penyajian proses secara sistematis mampu meningkatkan pemahaman operator terhadap alur produksi sekaligus mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan kerja akibat urutan aktivitas yang tidak sesuai. Selain itu, PPO juga mendukung terciptanya konsistensi pelaksanaan pekerjaan antaroperator karena setiap tahapan proses telah dijelaskan secara jelas dan terstruktur. Dengan demikian, penggunaan PPO dapat membantu perusahaan dalam menjaga standar operasional, meningkatkan kelancaran proses produksi, serta mendukung tercapainya efektivitas dan efisiensi kerja.

Rahmawan *et al.* (2021) juga menjelaskan bahwa Peta Proses Operasi juga memiliki beberapa manfaat, di antaranya untuk mengetahui kebutuhan bahan baku,

mengetahui total waktu yang diperlukan dalam suatu proses, serta menjadi bahan referensi dalam menentukan tata letak area kerja atau pabrik. Informasi yang diperoleh dari PPO dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam melakukan evaluasi terhadap proses produksi secara menyeluruh. Melalui data mengenai kebutuhan material dan waktu proses, perusahaan dapat mengidentifikasi aktivitas yang kurang efisien, memperkirakan kebutuhan sumber daya, serta menyusun alternatif perbaikan terhadap metode kerja yang digunakan. Selain itu, PPO juga memberikan informasi yang mendukung perancangan maupun evaluasi tata letak fasilitas produksi sehingga perpindahan material dapat dilakukan dengan lebih efektif dan biaya penanganan bahan dapat diminimalkan. Berdasarkan kedua pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa Peta Proses Operasi merupakan alat visual yang menggambarkan urutan aktivitas operasi dan pemeriksaan secara sistematis serta memberikan informasi mengenai elemen kerja, waktu proses, dan penggunaan peralatan yang bermanfaat sebagai dasar dalam analisis, evaluasi, dan perbaikan proses produksi maupun perancangan tata letak fasilitas.

2.2 Tata Letak

Tata letak pabrik atau fasilitas produksi adalah proses pengaturan posisi setiap fasilitas dengan mempertimbangkan aliran perpindahan material, kebutuhan ruang, dan faktor terkait lainnya. Tata letak yang dirancang dengan baik akan menciptakan kondisi kerja yang lebih efektif dan efisien, seperti peningkatan pemanfaatan ruang, peralatan, dan tenaga kerja, kelancaran aliran barang, informasi, maupun orang; peningkatan motivasi karyawan serta keamanan lingkungan kerja; interaksi yang lebih baik dengan pelanggan; serta fleksibilitas dalam melakukan perubahan tata letak untuk menghadapi perkembangan industri. Dengan demikian, tata letak menjadi salah satu fungsi operasional penting dalam perusahaan yang berpengaruh terhadap efisiensi dan efektivitas kegiatan operasional (Arianty 2013). Perancangan tata letak yang tepat juga mampu mengurangi aktivitas perpindahan material yang tidak diperlukan sehingga waktu proses dapat dipersingkat. Selain itu, pengaturan fasilitas yang baik akan memudahkan koordinasi antarbagian produksi karena setiap area kerja tersusun sesuai dengan kebutuhan proses. Oleh sebab itu, tata letak yang efektif menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan produktivitas perusahaan sekaligus mendukung tercapainya target produksi secara optimal.

Terdapat beberapa jenis tata letak yang umum digunakan dalam pengaturan fasilitas produksi. Jenis pertama yaitu *Product Layout*, ini adalah salah satu tipe pengaturan tata letak yang dipakai apabila perusahaan memproduksi suatu macam produk dengan volume yang besar dan waktu produksi yang lama, sehingga tipe ini biasanya digunakan untuk perusahaan yang melakukan produksi massal (*mass production*). Sementara itu yang kedua adalah *Process Layout*, ini merupakan tipe tata letak di mana mesin dengan fungsi yang sama ditempatkan dalam satu departemen atau kelompok tertentu, sehingga memungkinkan adanya fleksibilitas dalam pergantian produk yang diproduksi (Setiawan *et al.* 2016). Pemilihan jenis tata letak harus mempertimbangkan karakteristik produk, kapasitas produksi, serta pola aliran material yang diterapkan perusahaan. Setiap jenis tata letak memiliki kelebihan dan keterbatasan sehingga penggunaannya perlu disesuaikan dengan tujuan operasional yang ingin dicapai. Dengan menentukan jenis tata letak yang sesuai, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya,

memperlancar proses produksi, serta meminimalkan hambatan yang terjadi selama kegiatan operasional berlangsung.

Berdasarkan pendapat Arianty (2013) serta Setiawan *et al.* (2016), tata letak fasilitas merupakan aspek penting dalam sistem produksi yang tidak hanya berfungsi untuk mengatur posisi fasilitas kerja, tetapi juga mendukung kelancaran aliran material, pemanfaatan ruang, serta efektivitas pelaksanaan proses produksi. Perancangan tata letak yang baik harus mempertimbangkan karakteristik produk, jenis proses produksi, serta pola aliran material agar aktivitas operasional dapat berlangsung secara efisien. Selain itu, pemilihan jenis tata letak yang tepat akan mempermudah koordinasi antarbagian, mengurangi perpindahan material yang tidak diperlukan, serta meningkatkan produktivitas dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, perancangan tata letak tidak hanya berorientasi pada penempatan fasilitas, tetapi juga menjadi salah satu upaya perusahaan dalam meningkatkan kinerja operasional secara menyeluruh. Dengan tata letak yang dirancang secara optimal, perusahaan dapat meminimalkan pemborosan, mempercepat aliran proses produksi, serta mendukung tercapainya target produksi secara efektif dan efisien.

2.3 Penanganan Bahan (*Material Handling*)

Proses pemindahan bahan baku maupun barang jadi dikenal sebagai *Material Handling* atau penanganan bahan. Secara garis besar, aktivitas ini meliputi pemindahan, perlindungan, penyimpanan, serta pengendalian bahan dan produk selama proses manufaktur, pergudangan, distribusi, penggunaan, hingga pembuangan (Kurniawan dan Pramesti 2019). Penanganan bahan sangat penting untuk memastikan material tiba pada tujuan dengan aman dan tetap terjaga kualitasnya. Proses ini memanfaatkan berbagai peralatan, baik manual, semiotomatis, maupun otomatis, yang terhubung dengan sistem pendukung untuk menjaga kelancaran rantai pasok dan logistik. Walaupun tidak menambah nilai langsung pada produk, *Material Handling* justru menimbulkan biaya tambahan yang dapat meningkatkan biaya operasional produksi sehingga perlu dikelola secara efektif. Oleh karena itu, sistem penanganan bahan harus dirancang secara terencana agar proses perpindahan material berlangsung dengan lancar tanpa menimbulkan pemborosan waktu maupun biaya. Penanganan bahan yang baik juga mampu mengurangi risiko kerusakan material selama proses produksi sehingga kualitas produk tetap terjaga hingga ke tangan konsumen. Selain itu, pengelolaan *Material Handling* yang tepat akan mendukung kelancaran aliran material antarstasiun kerja, meningkatkan efisiensi proses produksi, serta membantu perusahaan dalam mencapai produktivitas yang lebih optimal.

Kurniawan dan Pramesti (2019) menjelaskan bahwa tujuan utama *Material Handling* dalam manajemen operasi dan produksi adalah meminimalkan biaya penanganan bahan, menjamin kelancaran penyediaan material, meningkatkan produktivitas fasilitas produksi, menjaga keamanan proses penanganan, mencegah kerusakan material, serta menekan biaya yang berkaitan dengan persediaan. Tujuan-tujuan tersebut menunjukkan bahwa *Material Handling* tidak hanya berfokus pada kegiatan memindahkan material, tetapi juga berperan dalam mendukung efektivitas keseluruhan sistem produksi. Penerapan sistem penanganan bahan yang baik akan membantu perusahaan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, memperlancar aliran material, serta mengurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Dengan demikian, perusahaan dapat meningkatkan

efisiensi operasional, menjaga kontinuitas proses produksi, serta meminimalkan kerugian yang disebabkan oleh keterlambatan, kerusakan material, maupun tingginya biaya operasional. Tujuan dari *Material Handling* dalam manajemen operasi dan produksi menurut Kurniawan dan Pramesti (2019) meliputi:

1. Mengurangi biaya yang timbul dari proses penanganan bahan melalui pengelolaan perpindahan material yang lebih efisien.
2. Menghindari gangguan atau penundaan dengan memastikan material tersedia pada waktu, jumlah, dan lokasi yang dibutuhkan.
3. Meningkatkan kapasitas produktif fasilitas melalui pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien sehingga produktivitas dapat ditingkatkan.
4. Menjamin keamanan selama proses penanganan bahan melalui penerapan metode kerja yang lebih baik dan aman.
5. Mencegah potensi kerusakan pada bahan selama proses penanganan sehingga kualitas material tetap terjaga.
6. Menekan biaya yang berkaitan dengan pengelolaan persediaan melalui pengendalian aliran material yang lebih efektif.

2.4 Perhitungan *Rectilinear*

Dalam pengukuran jarak perpindahan material antar fasilitas, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu jarak *Euclidean*, jarak *Rectilinear*, dan jarak *Square Euclidean*. Jarak *Euclidean* mengukur jarak secara garis lurus antara dua titik fasilitas, sedangkan jarak *Rectilinear* mengukur jarak berdasarkan lintasan horizontal dan vertikal mengikuti jalur perpindahan material. Adapun jarak *Square Euclidean* merupakan pengembangan dari jarak *Euclidean* dengan menggunakan kuadrat nilai jarak yang umumnya diterapkan pada permasalahan tertentu, seperti penentuan lokasi fasilitas (Pratiwi *et al.* 2012). Setiap metode pengukuran memiliki karakteristik yang berbeda sehingga penggunaannya perlu disesuaikan dengan kondisi dan tujuan analisis yang dilakukan. Pemilihan metode yang tepat akan menghasilkan pengukuran jarak perpindahan material yang lebih representatif terhadap kondisi aktual di lapangan. Pengukuran jarak yang akurat juga memberikan informasi yang lebih andal sebagai dasar dalam melakukan analisis efisiensi aliran material pada suatu tata letak fasilitas. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik masing-masing metode menjadi penting agar hasil analisis dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perancangan maupun evaluasi tata letak fasilitas.

Jarak *Rectilinear*, yang juga dikenal sebagai Jarak Manhattan, merupakan metode pengukuran jarak yang dihitung berdasarkan lintasan tegak lurus mengikuti arah horizontal dan vertikal (Hartari dan Herwanto 2021). Pendekatan ini menjadi salah satu metode yang paling umum digunakan karena proses perhitungannya sederhana, mudah dipahami, serta relevan dengan berbagai permasalahan dalam kondisi nyata, khususnya pada pergerakan material dalam sistem dengan jalur lurus dan berbelok. Secara matematis, jarak *rectilinear* dihitung dengan menjumlahkan selisih absolut koordinat horizontal dan vertikal dari kedua titik tersebut, sehingga hasil perhitungannya mencerminkan jarak tempuh aktual yang dilalui operator maupun alat *material handling* pada saat proses produksi. Karakteristik tersebut menjadikan metode *Rectilinear* lebih sesuai diterapkan pada lingkungan manufaktur yang memiliki pola perpindahan material mengikuti lorong atau jalur produksi. Selain memberikan hasil pengukuran yang mendekati kondisi

sebenarnya, metode ini juga memudahkan proses analisis terhadap efisiensi perpindahan material antar fasilitas produksi. Dengan demikian, penggunaan metode *Rectilinear* dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi peluang perbaikan tata letak untuk mengurangi jarak perpindahan dan meningkatkan efisiensi operasional.

Berdasarkan pendapat Pratiwi *et al.* (2012) serta Hartari dan Herwanto (2021), metode pengukuran jarak memiliki peranan penting dalam analisis tata letak fasilitas karena setiap metode memiliki karakteristik dan penerapan yang berbeda sesuai dengan kondisi permasalahan yang dihadapi. Di antara berbagai metode tersebut, jarak *Rectilinear* merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam lingkungan manufaktur karena mampu menggambarkan jarak perpindahan material berdasarkan lintasan aktual yang dilalui melalui arah horizontal dan vertikal. Informasi mengenai jarak perpindahan yang diperoleh dari metode ini dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi efisiensi aliran material, membandingkan alternatif tata letak fasilitas, serta mengidentifikasi peluang perbaikan terhadap proses perpindahan material. Selain itu, hasil pengukuran jarak *Rectilinear* juga dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam perhitungan ongkos *material handling* sehingga pengaruh perubahan tata letak terhadap biaya operasional dapat dianalisis secara lebih akurat. Oleh karena itu, pengukuran jarak menggunakan metode *Rectilinear* menjadi salah satu dasar yang penting dalam perancangan maupun evaluasi tata letak fasilitas guna mengurangi jarak perpindahan, menekan biaya *material handling*, serta meningkatkan efisiensi proses produksi secara keseluruhan.

2.5 Activity Relationship Chart (ARC)

Peta hubungan aktivitas atau *Activity Relationship Chart* (ARC) merupakan suatu metode yang digunakan dalam perencanaan tata letak fasilitas atau departemen dengan mempertimbangkan tingkat keterkaitan antar aktivitas (Jamalludin dan Ramadhan 2020). ARC disusun berdasarkan identifikasi hubungan antar mesin atau fasilitas melalui proses diskusi dan wawancara dengan operator terkait untuk memperoleh informasi mengenai kebutuhan hubungan antar aktivitas. Hubungan tersebut diinterpretasikan sebagai kebutuhan kedekatan antar fasilitas, di mana dua mesin atau fasilitas yang memiliki tingkat keterkaitan tinggi perlu ditempatkan berdekatan, sedangkan fasilitas dengan keterkaitan rendah dapat diposisikan lebih jauh sesuai dengan kebutuhan proses produksi. Melalui identifikasi hubungan tersebut, perusahaan dapat mengetahui fasilitas mana yang sebaiknya ditempatkan saling berdekatan agar aliran proses produksi menjadi lebih efektif. Selain itu, ARC membantu mengurangi perpindahan material yang tidak diperlukan sehingga waktu proses dan biaya penanganan bahan dapat diminimalkan serta meningkatkan kelancaran aliran material antar fasilitas. Dengan demikian, penerapan ARC menjadi salah satu dasar dalam merancang tata letak fasilitas yang mampu meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung kelancaran produksi.

Melalui ARC, tingkat kedekatan antar aktivitas dapat diidentifikasi sehingga menjadi dasar dalam penyusunan tata letak fasilitas yang lebih efisien. Penentuan tingkat kedekatan dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan operasional, kelancaran aliran material, kemudahan koordinasi, serta faktor keselamatan kerja. Hasil identifikasi tersebut menunjukkan prioritas hubungan antar aktivitas yang menjadi acuan dalam penempatan fasilitas agar proses produksi dapat berlangsung

secara optimal. Setiap tingkat kedekatan menggambarkan tingkat kepentingan hubungan antar fasilitas sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas penempatan pada usulan tata letak. Semakin tinggi tingkat kedekatan antar aktivitas, maka semakin besar pula kebutuhan untuk menempatkan kedua fasilitas tersebut dalam posisi yang saling berdekatan guna mendukung kelancaran proses produksi. Sebaliknya, aktivitas yang memiliki tingkat keterkaitan rendah tidak memerlukan kedekatan lokasi sehingga penempatannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan ruang dan kondisi tata letak yang tersedia. Tingkat kedekatan dalam ARC dinyatakan dengan beberapa kategori sebagai berikut (Amelia *et al.* 2024):

- A : Mutlak diperlukan untuk ditempatkan berdekatan.
- E : Sangat penting untuk berada berdekatan.
- I : Penting untuk ditempatkan berdampingan.
- O : Biasa, lokasi penempatan dapat fleksibel.
- U : Tidak memerlukan kedekatan geografis apapun.
- X : Tidak diinginkan untuk ditempatkan berdekatan.

2.6 Total Closeness Rating (TCR)

Total Closeness Rating (TCR) merupakan suatu metode yang menekankan pada evaluasi tingkat kedekatan antar departemen yang tercantum dalam *Activity Relationship Chart* (ARC). Penilaian *Total Closeness Rating* dilakukan dengan menghitung skor kedekatan berdasarkan simbol dan nilai bobot yang telah ditetapkan (Arawinda *et al.* 2024). Setiap kategori kedekatan diberi nilai tertentu sehingga hubungan antar ruang atau fasilitas dapat diukur secara kuantitatif. Nilai bobot tersebut umumnya ditetapkan berdasarkan tingkat kepentingan hubungan antar ruang, mulai dari hubungan yang mutlak perlu berdekatan hingga hubungan yang tidak diinginkan untuk saling berdekatan. Pemberian bobot pada setiap tingkat kedekatan bertujuan untuk mempermudah proses evaluasi hubungan antar fasilitas secara lebih objektif. Dengan adanya nilai kuantitatif tersebut, tingkat kepentingan setiap fasilitas dapat dibandingkan sehingga memudahkan proses pengambilan keputusan dalam penyusunan tata letak. Selain itu, hasil penilaian TCR dapat digunakan untuk menentukan urutan prioritas fasilitas yang perlu ditempatkan berdekatan sesuai tingkat keterkaitan aktivitasnya. Oleh karena itu, metode TCR menjadi salah satu alat analisis yang mendukung proses perancangan tata letak fasilitas secara lebih sistematis dan terukur.

Melalui perhitungan TCR, dapat diketahui tingkat prioritas setiap ruang atau fasilitas berdasarkan total nilai kedekatan yang dimiliki. Nilai TCR digunakan untuk menentukan prioritas penempatan fasilitas, di mana fasilitas dengan nilai TCR yang lebih tinggi memiliki tingkat kepentingan yang lebih besar untuk ditempatkan berdekatan sehingga dapat mendukung efisiensi operasional (Della *et al.* 2025). Semakin tinggi nilai TCR yang diperoleh, semakin tinggi pula prioritas ruang atau fasilitas tersebut untuk ditempatkan berdekatan dengan aktivitas yang memiliki hubungan erat. Dengan demikian, metode TCR membantu perancang tata letak dalam mengambil keputusan secara lebih objektif dan terstruktur berdasarkan data hubungan antar aktivitas yang telah dianalisis sebelumnya. Selain digunakan untuk menentukan prioritas kedekatan, hasil perhitungan TCR juga dapat dimanfaatkan untuk membandingkan beberapa alternatif tata letak yang diusulkan. Analisis tersebut membantu memastikan bahwa penempatan fasilitas telah mempertimbangkan hubungan aktivitas yang paling penting sehingga aliran

material dapat berlangsung lebih efisien. Dengan demikian, penggunaan metode TCR mampu mendukung penyusunan tata letak fasilitas yang lebih efektif serta meminimalkan potensi pemborosan akibat penempatan fasilitas yang kurang tepat.

Berdasarkan pendapat Arawinda *et al.* (2024) serta Della *et al.* (2025), TCR merupakan metode yang digunakan untuk mengubah tingkat kedekatan antar fasilitas pada ARC menjadi nilai kuantitatif sehingga hubungan antar aktivitas dapat dievaluasi secara lebih objektif. Melalui pemberian bobot pada setiap kategori kedekatan, metode TCR mampu menunjukkan tingkat prioritas masing-masing fasilitas yang menjadi dasar dalam penyusunan tata letak usulan. Hasil perhitungan tersebut membantu perancang dalam menentukan fasilitas yang perlu ditempatkan berdekatan sesuai tingkat kepentingan hubungan aktivitasnya, sehingga aliran material dapat berlangsung lebih efektif dan efisien. Selain itu, nilai TCR juga memberikan dasar yang sistematis dalam mengevaluasi dan membandingkan alternatif tata letak yang dihasilkan sebelum diterapkan pada kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, metode TCR berperan penting sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam perancangan tata letak fasilitas karena mampu meningkatkan objektivitas analisis, mengoptimalkan hubungan antar fasilitas, serta mendukung terciptanya efisiensi operasional perusahaan secara menyeluruh.

2.7 Ongkos *Material Handling* (OMH)

Ongkos *Material Handling* (OMH) merupakan biaya yang timbul dari aktivitas pemindahan material dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya, dengan mempertimbangkan jarak antar stasiun kerja serta frekuensi perpindahan yang terjadi (Supriyadi dan Srikandi 2023). Jika jarak antar stasiun kerja jauh atau frekuensi perpindahan material tinggi, maka biaya OMH akan meningkat. Sebaliknya, penataan fasilitas yang lebih terstruktur dan berdekatan sesuai alur proses produksi dapat menjadi salah satu upaya strategis dalam menekan besarnya OMH yang dikeluarkan perusahaan. Besarnya biaya tersebut dipengaruhi oleh jumlah aktivitas perpindahan material yang terjadi selama proses produksi berlangsung serta sumber daya yang digunakan dalam proses penanganan bahan. Semakin pendek jarak perpindahan dan semakin rendah frekuensi perpindahan material, maka biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan *material handling* cenderung semakin kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perancangan tata letak fasilitas memiliki pengaruh yang besar terhadap besarnya biaya penanganan bahan karena berkaitan langsung dengan pola aliran material di dalam proses produksi. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengelola sistem perpindahan material secara efektif agar biaya operasional dapat diminimalkan tanpa mengurangi kelancaran aktivitas produksi maupun kualitas proses yang berlangsung.

Dalam perancangan tata letak fasilitas, OMH menjadi salah satu indikator yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi perpindahan material. Perancangan tata letak yang baik perlu memperhatikan aspek kedekatan antar fasilitas dan keteraturan aliran proses sehingga jarak perpindahan material dapat diminimalkan. Perhitungan OMH juga mempertimbangkan biaya penggunaan alat *material handling* seperti biaya penyusutan dan biaya perawatan alat yang digunakan dalam proses perpindahan material. Dengan berkurangnya jarak perpindahan material, sehingga biaya Ongkos *Material Handling* (OMH) juga dapat ditekan sehingga produksi menjadi lebih efisien. Perbaikan tata letak yang dirancang berdasarkan hubungan antar aktivitas terbukti mampu mengurangi jarak perpindahan material,

waktu proses, serta Ongkos *Material Handling* (OMH), sehingga efisiensi operasional dapat meningkat (Wahyudi *et al.* 2024). Selain digunakan sebagai dasar dalam menghitung biaya perpindahan material, OMH juga dapat dimanfaatkan untuk membandingkan efisiensi antara tata letak awal dengan tata letak usulan. Hasil perhitungan tersebut memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan tata letak terhadap biaya penanganan bahan sehingga alternatif tata letak yang paling efisien dapat dipilih. Dengan demikian, analisis OMH menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi keberhasilan perbaikan tata letak produksi.

Berdasarkan pendapat Supriyadi dan Srikandi (2023) serta Wahyudi *et al.* (2024), Ongkos *Material Handling* (OMH) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur biaya perpindahan material sekaligus mengevaluasi efisiensi tata letak fasilitas produksi. Besarnya OMH dipengaruhi oleh jarak perpindahan material, frekuensi perpindahan, serta biaya penggunaan alat *material handling* yang terlibat dalam proses produksi. Oleh karena itu, perancangan tata letak yang mampu mengurangi jarak perpindahan material akan memberikan dampak terhadap penurunan biaya penanganan bahan, waktu proses, serta peningkatan efisiensi operasional. Hasil perhitungan OMH juga dapat digunakan sebagai dasar dalam membandingkan kondisi tata letak eksisting dengan tata letak usulan untuk menentukan alternatif yang memberikan biaya perpindahan material paling rendah. Dengan demikian, analisis OMH menjadi salah satu alat evaluasi yang penting dalam perancangan tata letak fasilitas karena mampu menunjukkan hubungan antara pola aliran material, biaya operasional, dan tingkat efisiensi proses produksi secara menyeluruh.

Supriyadi dan Srikandi (2023) serta Wahyudi *et al.* (2024) menjelaskan juga bahwa, analisis Ongkos *Material Handling* (OMH) tidak hanya digunakan untuk mengetahui besarnya biaya perpindahan material, tetapi juga sebagai dasar dalam mengevaluasi efektivitas tata letak fasilitas yang diterapkan perusahaan. Informasi yang diperoleh dari hasil perhitungan OMH dapat membantu mengidentifikasi aktivitas perpindahan material yang kurang efisien serta menentukan area yang memerlukan perbaikan tata letak. Melalui analisis tersebut, perusahaan dapat merancang alternatif tata letak yang mampu memperpendek jarak perpindahan material, mengurangi frekuensi perpindahan yang tidak diperlukan, serta meningkatkan kelancaran aliran proses produksi. Dengan demikian, penerapan analisis OMH berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan perbaikan tata letak sehingga efisiensi operasional dan produktivitas perusahaan dapat terus ditingkatkan.

III METODE

3.1 Lokasi dan Waktu

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di PT Dahana yang beralamat di Jl. Raya Subang - Cikamurang No.Km. 12, Sadawarna, Kec. Cibogo, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41285. Penulis melaksanakan penelitian ini selama 5 bulan yang terhitung mulai dari bulan Agustus 2025 hingga bulan Desember 2025.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari lokasi penelitian melalui pengamatan dan wawancara. Sedangkan data sekunder bersumber dari dokumen, arsip, maupun referensi tertulis yang mendukung penelitian. Adapun metode pengumpulan data dijelaskan sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah informasi yang dikumpulkan secara langsung dari perusahaan. Data ini menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Metode yang digunakan meliputi:

a. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan dengan cara melihat secara langsung proses kerja, alur operasional, serta aktivitas yang relevan di area penelitian.

b. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan beberapa karyawan dan operator untuk memperoleh penjelasan lebih detail terkait proses, kendala, dan kondisi aktual.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi yang diperoleh dari sumber tertulis seperti jurnal, buku, laporan perusahaan, atau referensi lain yang relevan. Data ini berfungsi melengkapi dan memvalidasi data primer.

3.3 Analisis Data

1. Pengamatan Awal Proses Produksi

Tahap ini mencakup pemahaman awal terhadap kondisi operasional perusahaan, karakteristik fasilitas, dan alur proses pada unit Preparasi. Pengamatan dilakukan dengan meninjau rangkaian DDNP dan PETN untuk memperoleh informasi mengenai pola aktivitas, aliran material, serta jarak perpindahan antar stasiun kerja. Data ini menjadi dasar untuk mengenali potensi ketidakefisienan pada tata letak dan penanganan bahan.

2. Observasi Permasalahan Utama dan Menetapkan Pendekatan Analisis

Temuan hasil observasi dianalisis untuk mengidentifikasi isu terkait tata letak fasilitas, kedekatan hubungan antar aktivitas, serta biaya perpindahan material. Berdasarkan identifikasi tersebut, metode analisis yang akan digunakan dalam penelitian, meliputi Perhitungan Jarak *Rectilinear*, penyusunan *Activity Relationship Chart* (ARC), *Total Closeness Rating* (TCR), serta mengevaluasi Ongkos *Material Handling* (OMH).

3. Mengidentifikasi Kegiatan Produksi

Identifikasi proses produksi dilakukan menggunakan PPO (Peta Proses Operasi) untuk menggambarkan urutan aktivitas dan aliran material pada setiap tahapan produksi. Melalui PPO, dapat diketahui aktivitas operasi,

transportasi, penyimpanan, serta proses lainnya yang terjadi mulai dari bahan baku hingga menjadi produk akhir. Hal tersebut digunakan sebagai dasar untuk memahami hubungan antar proses dan mendukung analisis tata letak fasilitas terkait kelancaran aliran material.

4. Pengamatan Terhadap Tata Letak dan Kondisi Operasional *Existing*

Pengamatan dilakukan untuk memetakan alur produksi pada setiap ruang, memahami aktivitas yang berlangsung, mengetahui nama setiap ruangan yang digunakan saat proses produksi, serta mencatat ukuran ruang aktual tersebut sebagai dasar analisis tata letak.

5. Identifikasi Jarak dan Aktivitas *Existing*

Menghitung jarak antar ruang menggunakan Perhitungan *Rectilinear* pada tata letak *existing* dengan memanfaatkan aplikasi AutoCAD melalui fitur *region* dan *massprop* untuk memperoleh jarak perpindahan material yang akurat. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan titik pusat (*centroid*) masing-masing ruang sehingga dapat menggambarkan jarak perpindahan antar ruang yang terjadi pada kondisi aktual. Secara matematis, perhitungan rectilinear dirumuskan sebagai berikut (Saffanah *et al.* 2023):

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

Keterangan:

x_i : Koordinat x pada pusat fasilitas i

y_i : Koordinat y pada pusat fasilitas i

x_j : Koordinat x pada pusat fasilitas j

y_j : Koordinat y pada pusat fasilitas j

d_{ij} : Jarak antara pusat fasilitas i dan j

6. Mengidentifikasi Biaya Alat Penanganan Bahan *Existing*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya yang meliputi harga pembelian alat, umur ekonomis, biaya pemeliharaan, biaya penyusutan, total jarak tempuh alat dalam satu kali produksi, serta jumlah kebutuhan alat. Selain itu, diperhitungkan juga gaji operator yang terlibat dalam proses *material handling* dalam proses produksi.

7. Ongkos *Material Handling* (OMH) *Existing*.

Menghitung Ongkos *Material Handling* (OMH) pada tata letak *existing* berdasarkan frekuensi penggunaan alat, jarak antar ruang, serta total jarak yang ditempuh. Nilai OMH diperoleh dengan menggabungkan data jarak dan biaya alat *material handling existing*.

8. *Activity Relationship Chart* (ARC)

ARC digunakan untuk menentukan tingkat kedekatan antar ruangan atau aktivitas berdasarkan intensitas interaksi dan kebutuhan hubungan operasional. Penyusunan ARC dilakukan dengan mempertimbangkan keterkaitan aliran proses produksi, frekuensi perpindahan material, penggunaan peralatan yang sama, serta aspek keselamatan kerja. Hasil ARC selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas kedekatan antar ruangan aktivitas produksi dan penyusunan tata letak usulan.

9. *Total Closeness Rating* (TCR)

TCR dihitung untuk mengukur prioritas kedekatan antar aktivitas secara kuantitatif. Nilai ini menjadi acuan dalam menyusun tata letak yang lebih optimal. Semakin tinggi nilai TCR suatu area, maka semakin tinggi pula prioritas area tersebut untuk ditempatkan dekat dengan area yang memiliki

keterkaitan tinggi. Perhitungan *Total Closeness Rating* menggunakan formula sebagai berikut (Andya *et al.* 2024):

$$TCR = (A*81) + (E*27) + (I*9) + (O*3) + (U*1) + (X*0) = \dots$$

Keterangan:

A : 81

E : 27

I : 9

O : 3

U : 1

X : 0

10. Perancangan Tata Letak Usulan

Tata letak usulan disusun berdasarkan hasil perhitungan ARC dan TCR sehingga menghasilkan rancangan yang efisien dan mendukung kelancaran material. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kedekatan antar aktivitas, urutan proses produksi, serta kebutuhan ruang pada setiap area. Hasil perancangan ini diharapkan mampu mengurangi jarak perpindahan material dan meningkatkan efisiensi operasional.

11. Identifikasi Jarak dan Aktivitas Usulan

Menghitung jarak antar ruang pada tata letak usulan juga sama menggunakan perhitungan *rectilinear* dengan memanfaatkan aplikasi AutoCAD seperti pada bagian *existing* sebelumnya. Hasil perhitungan ini digunakan untuk membandingkan perubahan jarak perpindahan material antara tata letak *existing* dengan jarak perpindahan tata letak usulan sebagai dasar evaluasi efisiensi perbaikan tata letak.

12. Ongkos *Material Handling* (OMH) Usulan.

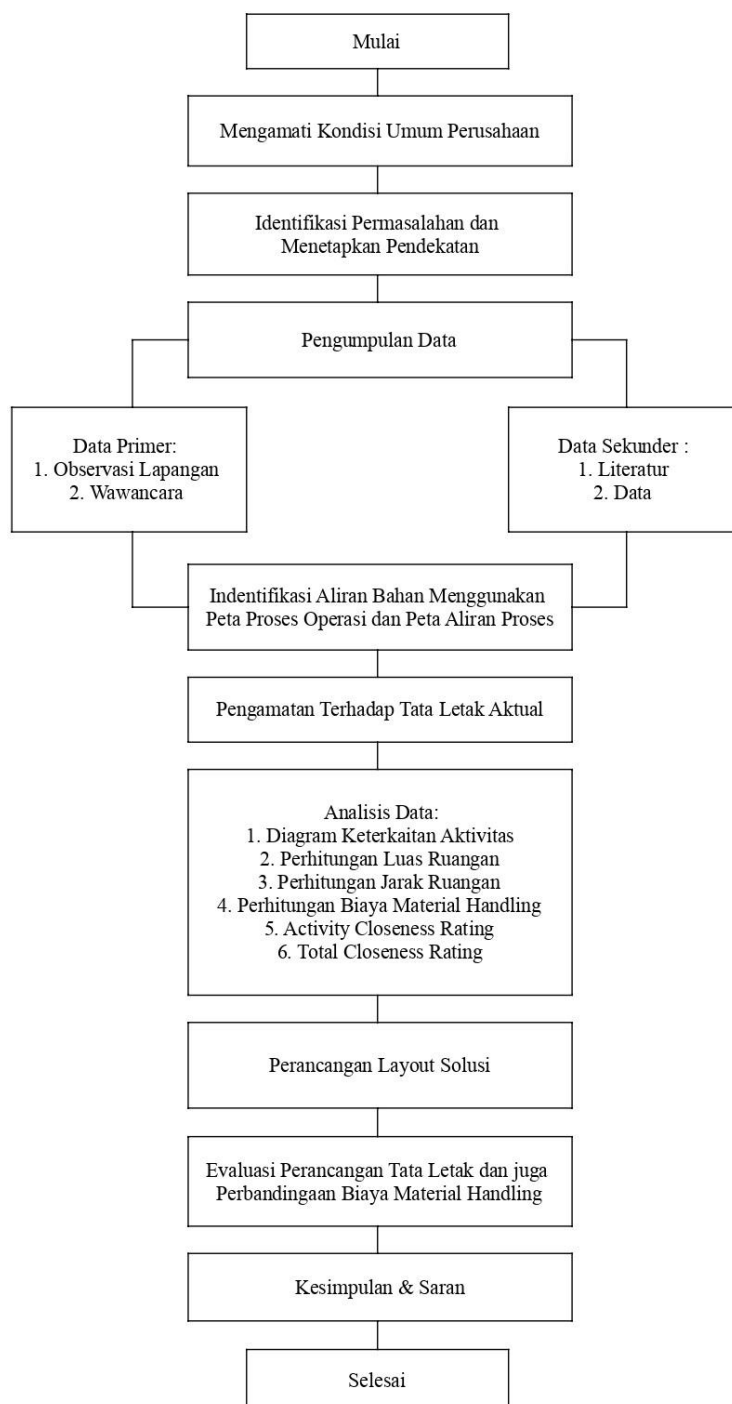
OMH usulan dihitung berdasarkan jarak tempuh dan jumlah perpindahan material pada tata letak usulan untuk menilai tingkat efisiensi biaya yang dihasilkan. Perubahan nilai OMH terjadi akibat perubahan jarak tempuh alat *material handling* pada tata letak usulan. Berdasarkan jarak tempuh baru tersebut, kondisi ini mempengaruhi perubahan umur pakai alat dan biaya pemeliharaan sebagai indikator efisiensi dari perbaikan tata letak. Semakin pendek jarak tempuh operasional suatu alat, semakin rendah intensitas penggunaannya, sehingga akumulasi beban mekanis yang diterima komponen alat tersebut juga berkurang. Kondisi ini berdampak pada bertambahnya estimasi masa efektif alat serta menurunnya biaya pemeliharaan bulanan secara proporsional.

13. Evaluasi Perbandingan Tata Letak *Existing* dan Tata Letak Solusi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pada tata letak *existing* dan tata letak usulan. Aspek yang dibandingkan meliputi jarak tempuh produksi, *cycle time material handling*, frekuensi produksi, kebutuhan operator, biaya operator, dan ongkos *material handling*. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk menilai tingkat efisiensi yang diperoleh dari perbaikan tata letak dan sebagai dasar rekomendasi bagi perusahaan.

3.4 Prosedur Kerja

Untuk memastikan penelitian ini berjalan secara sistematis dan terarah, diperlukan suatu prosedur kerja yang menggambarkan alur kegiatan mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan perbaikan. Prosedur kerja penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir guna memberikan gambaran menyeluruh mengenai tahapan analisis tata letak dan penanganan bahan yang dilakukan pada unit Preparasi pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana. Adapun prosedur kerja penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Prosedur kerja penelitian

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Perusahaan

PT Dahana (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang bahan berenergi tinggi (*energetic materials*). Perusahaan ini menyediakan layanan bahan peledak terpadu untuk sektor pertambangan umum, kuari dan konstruksi, minyak dan gas, serta pertahanan nasional. Didirikan pada tahun 1966 melalui “Proyek Menang” yang diprakarsai oleh Angkatan Udara Republik Indonesia (AURI), PT Dahana kini menjadi bagian dari Holding Industri Pertahanan DEFEND ID bersama PT LEN Industri (induk holding), PT Pindad, PT Dirgantara Indonesia, dan PT PAL Indonesia.

Dengan pengalaman lebih dari 50 tahun, PT Dahana terus mendukung kemandirian industri pertahanan dan pembangunan nasional melalui produksi bahan peledak berkualitas tinggi, jasa pengeboran dan peledakan, serta layanan terkait lainnya. Perusahaan berlokasi di Energetic Material Center, Jl. Raya Subang - Cikamurang Km. 12, Cibogo, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Fasilitas produksi modern dan komitmen terhadap inovasi, keselamatan, serta ramah lingkungan menjadikan PT Dahana sebagai salah satu perusahaan strategis di Indonesia.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi PT Dahana adalah menjadi industri nasional yang terunggul dalam bidang bahan berenergi tinggi dengan menghasilkan barang dan jasa yang berdaya saing tinggi dan ramah lingkungan. Lalu Misi perusahaan yaitu:

1. Memenuhi kebutuhan bahan peledak komersial serta jasa-jasanya untuk dunia pertambangan dan konstruksi.
2. Mendorong kemampuan penguasaan teknologi dan kemandirian melalui pengembangan kualitas SDM dan kemitraan strategis dengan pelanggan maupun pemasok.
3. Melaksanakan program pemerintah yang sesuai dengan bidang usaha dan tujuan perusahaan.

4.1.2 Hasil Produksi Perusahaan

PT Dahana memproduksi berbagai jenis bahan peledak dan produk terkait untuk keperluan komersial maupun pertahanan. Perusahaan memiliki empat pabrik utama, yaitu Pabrik *Elemented Detonator*, Pabrik *Non-Electric Detonator*, Pabrik *Cartridge Emulsion*, dan Pabrik *Danfo*. Kemudian produk utama PT Dahana mencakup emulsi bahan peledak (seperti *Dayagel series* dan *Dabex*), bahan peledak khusus (*Danfo*, *Dawagel*, *Pentolite Booster*), serta produk untuk sektor minyak dan gas (*Oilwell Shaped Charges*). Selain itu, perusahaan juga memproduksi bahan peledak militer seperti *Dayagel Military*, Bom P-100 L dan juga berbagai jenis bom lainnya.

Pabrik *Elemented Detonator* merupakan salah satu fasilitas produksi utama PT Dahana yang memfokuskan diri pada pembuatan komponen *detonator*. Produk akhir dari pabrik ini adalah *Detonator* yang digunakan sebagai komponen pemicu ledakan pada rangkaian *Shock Tube non-electric*. Pada pabrik *Elemented Detonator* ini terdapat empat unit untuk proses produksinya, yang pertama yaitu unit Preparasi, yang kedua unit *Delay Powder*, lalu yang ketiga unit *Wecom*, dan yang keempat yaitu unit *Blasting*.

Cap. Unit Preparasi memegang peran awal dalam menghasilkan dua jenis produk utama, yaitu DDNP dan PETN. Produk DDNP (*Diazodinitrophenol*) merupakan senyawa organik sensitif yang berfungsi sebagai bahan inisiator dalam rangkaian *detonator*, berperan untuk memicu ledakan awal pada rangkaian *detonator*. Sementara itu, PETN (*Pentaerythritol Tetranitrate*) adalah bahan peledak sekunder berbentuk serbuk putih yang digunakan sebagai pengisi utama dalam detonator dan berfungsi meneruskan energi ledakan dari inisiator ke muatan utama. Dengan demikian, Unit Preparasi menjadi fondasi penting dalam rantai produksi *detonator* di PT Dahana karena kualitas DDNP dan PETN sangat menentukan keberhasilan dan keamanan produk akhir *detonator*.

4.2 Perancangan Tata Letak *Existing*

Pada subbab ini dilakukan identifikasi dan analisis terhadap tata letak fasilitas *existing* pada Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana. Tahapan yang dilakukan meliputi identifikasi proses produksi, pengamatan kondisi aktual, perhitungan jarak perpindahan material, perhitungan Ongkos *Material Handling* (OMH), serta penyusunan *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Total Closeness Rating* (TCR) sebagai dasar evaluasi tata letak.

4.2.1 Identifikasi Proses Produksi

Identifikasi proses produksi pada Unit Preparasi dilakukan menggunakan Peta Proses Operasi (PPO) yang disusun secara terpisah untuk masing-masing produk, yaitu PPO produk DDNP pada Lampiran 1 dan PPO produk PETN pada Lampiran 2. Kedua produk ini memiliki karakteristik yang sangat sensitif terhadap panas, gesekan, dan tekanan, sehingga seluruh proses produksinya harus dilakukan dengan pengendalian yang ketat sesuai standar keselamatan industri bahan peledak. Meskipun keduanya memiliki tahapan proses yang berbeda, namun pola aliran materialnya relatif serupa, yaitu dimulai dari transportasi bahan, dilanjutkan dengan dehidrasi, subdivisi, pengeringan, penuangan, hingga penyimpanan sementara sebelum di distribusikan ke unit produksi berikutnya.

Melalui PPO yang telah disusun, dapat diidentifikasi jalur perpindahan material antar area kerja, seperti dari *Wet Storage* menuju proses dehidrasi, kemudian dilanjutkan ke proses subdivisi, semi *drying*, *pouring*, hingga *drying* dan penyimpanan akhir. Informasi ini menjadi dasar dalam menganalisis efisiensi tata letak, khususnya dalam melihat jarak perpindahan material dan potensi terjadinya pemborosan gerakan. Dengan demikian, hasil identifikasi alur produksi menggunakan PPO ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis kondisi tata letak *existing*, khususnya dalam kesesuaian aliran proses dengan susunan ruang dan hubungan antar area kerja.

4.2.2 Kondisi Tata Letak *Existing*

Berdasarkan gambar tata letak *existing* pada Unit Preparasi pada Lampiran 3, dapat dilihat bahwa tata letak unit preparasi ini termasuk dalam jenis *Process Layout*, karena ruang produksi dikelompokkan berdasarkan fungsi proses serupa seperti *Dehydration Room*, *Drying Room*, dan Ruang *Pouring Room*. Namun, penerapan aliran produksi DDNP dan PETN pada

tata letak saat ini menyebabkan operator cenderung mengalami kelelahan akibat jarak antar ruangan yang cukup jauh antar tahapan produksi.

Pada Unit Preparasi ini terdapat area operasional produksi dan juga area penyimpanan. Pada bagian tengah terdapat area operasional produksi DDNP dan PETN, yang meliputi *Storage Room*, *Dehydration Room*, *Pouring Room*, dan *Cleaning Room* yang saling berkaitan dalam mendukung proses produksi. Selain itu, terdapat *Air Handling Unit* yang berfungsi untuk mengatur dan menjaga kualitas serta kestabilan suhu pada area produksi. Pada bagian kanan dan kiri area produksi terdapat *Drying Room* yang berfungsi untuk mengeringkan produk DDNP dan PETN. Sementara itu, pada bagian bawah terdapat *Temporary Storage Room* yang digunakan untuk menyimpan sekaligus memasok produk yang telah selesai diproses ke unit selanjutnya.

Namun demikian, tata letak fasilitas pada area produksi Unit Preparasi masih belum optimal, karena posisi antar ruang produksi belum tersusun sesuai dengan urutan proses. Hal ini menyebabkan jarak perpindahan material menjadi relatif lebih jauh. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut terhadap luas area dan jarak antar ruang pada tata letak *existing* guna mengidentifikasi tingkat efisiensi perpindahan material.

4.2.3 Luas Area dan Jarak Tata Letak *Existing*

Perhitungan luas area serta jarak antar aktivitas produksi pada Unit Preparasi dilakukan untuk menggambarkan kondisi aktual tata letak *existing*. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam menilai tingkat efisiensi perpindahan material serta sebagai acuan dalam penyusunan tata letak usulan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan titik koordinat pada masing-masing fasilitas di Unit Preparasi. Tabel 2 merupakan perhitungan luas setiap ruangan pada Unit Preparasi.

Tabel 2 Luas area unit preparasi *existing*

No	Kode Area	Area	Dimensi (m)		Luas m^2
			Width	Height	
1	A	Semi Drying DDNP	3	4	12
2	B	Pouring DDNP	4,3	3,5	15,05
3	C	Pouring PETN	4,3	3,5	15,05
4	D	Waste Room	2,3	3,5	8,05
5	E	Wet PETN Storage	2,3	3,5	8,05
6	F	Dehydration PETN	2,3	3,5	8,05
7	G	Dehydration DDNP	2,3	3,5	8,05
8	H	Wet DDNP Storage	2,3	3,5	8,05
9	I	Subdivision DDNP Cleaning Room	3	4	12
10	J	Drying DDNP	4	4	16
11	K	Air Handling Unit	18	4	72
12	L	Drying PETN	4	4	16
13	M	Temporary Storage Room DDNP	2,2	1,3	2,86
14	N	Temporary Storage Room PETN	2,2	1,3	2,86

Penentuan titik koordinat pada masing-masing area Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana dapat dilihat pada Lampiran 4. Titik koordinat tersebut digunakan sebagai acuan dalam menghitung jarak perpindahan material antar area menggunakan metode *rectilinear distance*. Berdasarkan gambar pada Lampiran 4, maka posisi titik koordinat pada masing-masing area dapat dilihat dengan ringkas pada Tabel 3.

Tabel 3 Titik koordinat unit preparasi *existing*

No	Kode Area	Area	Titik Koordinat	
			X	Y
1	A	Semi Drying DDNP	32	31
2	B	Pouring DDNP	36	31
3	C	Pouring PETN	40	31
4	D	Waste Room	44	31
5	E	Wet PETN Storage	46	31
6	F	Dehydration PETN	48	31
7	G	Dehydration DDNP	51	31
8	H	Wet DDNP Storage	53	31
9	I	Subdivision DDNP & Cleaning Room	56	31
10	J	Drying DDNP	17	27
11	K	Air Handling Unit	48	24
12	L	Drying PETN	74	30
13	M	Temporary Storage Room DDNP	7	4
14	N	Temporary Storage Room PETN	33	6

Penentuan titik koordinat pada setiap area dilakukan dengan merepresentasikan tata letak aktual ke dalam sistem koordinat untuk memudahkan analisis posisi antar fasilitas. Koordinat (x, y) masing-masing area ditetapkan berdasarkan letak aktualnya, sehingga diperoleh representasi posisi yang lebih terukur dan akurat.

Berdasarkan hasil pemetaan tersebut, denah tata letak fasilitas produksi digunakan sebagai dasar analisis jarak pada kondisi *existing*. Untuk mempermudah identifikasi dalam perhitungan jarak antar area, setiap area diberikan kode berupa huruf yang ditampilkan pada masing-masing ruangan, sehingga mendukung proses analisis perpindahan material. Pengodean pada area *existing* dapat di lihat pada Lampiran 5.

Kemudian perhitungan jarak antar area pada tata letak *existing* akan dilakukan menggunakan metode *rectilinear distance* atau jarak *Manhattan*. Metode *Rectilinear* ini dipilih karena dapat mencerminkan jarak tempuh aktual operator di Unit Preparasi. Contoh perhitungan jarak dengan metode tersebut disajikan sebagai berikut.

1. Alur proses produksi DDNP

Jarak *Wet DDNP Storage* (H) menuju *Dehydration DDNP* (G)

$$d_{ij} = |x_j - x_i| + |y_j - y_i|$$

$$d_{ij} = |53 - 51| + |31 - 31|$$

$$d_{ij} = 2 + 0$$

$$d_{ij} = 2 \text{ m} = 2.000 \text{ mm}$$

2. Alur proses produksi PETN

Jarak *Wet PETN Storage* (E) menuju *Dehydration PETN* (F)

$$d_{ij} = |x_j - x_i| + |y_j - y_i|$$

$$d_{ij} = |46 - 48| + |31 - 31|$$

$$d_{ij} = 2 + 0$$

$$d_{ij} = 2 \text{ m} = 2.000 \text{ mm}$$

Agar hasil perhitungan mudah dipahami dan lebih praktis, maka hasil perhitungan yang mencakup seluruh jarak perpindahan material antar area pada tata letak *existing* akan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan *rectilinear* tata letak *existing*

Ke/Dari	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	0	4	8	12	14	16	19	21	24	19	23	43	52	26
B	4	0	4	8	10	12	15	17	20	23	19	39	56	28
C	8	4	0	4	6	8	11	13	16	27	15	35	60	32
D	12	8	4	0	2	4	7	9	12	31	11	31	64	36
E	14	10	6	2	0	2	5	7	10	33	9	29	66	38
F	16	12	8	4	2	0	3	5	8	35	7	27	68	40
G	19	15	11	7	5	3	0	2	5	38	10	24	71	43
H	21	17	13	9	7	5	2	0	3	40	12	22	73	45
I	24	20	16	12	10	8	5	3	0	43	15	19	76	48
J	19	23	27	31	33	35	38	40	43	0	34	60	33	37
K	23	19	15	11	9	7	10	12	15	34	0	32	61	33
L	43	39	35	31	29	27	24	22	19	60	32	0	93	65
M	52	56	60	64	66	68	71	73	76	33	61	93	0	28
N	26	28	32	36	38	40	43	45	48	37	33	65	28	0

Keterangan:

 : Alur proses produksi DDNP

 : Alur proses produksi PETN

Berdasarkan titik koordinat pusat dari setiap ruangan, diperoleh perhitungan jarak antar ruangan pada Unit Preparasi. Perhitungan jarak antar fasilitas dilakukan dengan mengacu pada posisi masing-masing area dalam sistem koordinat, di mana setiap fasilitas direpresentasikan sebagai titik dengan nilai koordinat x dan y tertentu. Berdasarkan koordinat tersebut, jarak dihitung menggunakan nilai koordinat yang telah ditetapkan.

Dalam perhitungan ini, terdapat dua alur proses produksi yang dianalisis. Alur pertama yaitu produksi DDNP yang dimulai dari *Wet DDNP Storage* menuju *Dehydration DDNP*, kemudian dilanjutkan ke *Subdivision DDNP & Cleaning Room*, hingga berakhir pada *DDNP Temporary Storage Room*. Alur kedua adalah proses produksi PETN yang diawali dari *Wet PETN Storage* menuju *Dehydration PETN*, kemudian dilanjutkan ke *Drying PETN*, dan berakhir di *PETN Temporary Storage Room*.

4.2.4 Alur Proses Produk Operator *Existing*

Perhitungan jarak berdasarkan titik koordinat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi perpindahan material pada fasilitas Unit Preparasi. Dengan merepresentasikan setiap area dalam bentuk koordinat, jarak dan hubungan antar area dapat dianalisis secara terukur. Hasil perhitungan ini menjadi parameter dalam menilai apakah alur perpindahan material telah optimal atau masih terdapat pemborosan waktu, tenaga, maupun biaya.

Selain itu, perhitungan jarak juga digunakan untuk mengidentifikasi area yang memiliki keterkaitan proses namun terletak berjauhan, sehingga berpotensi menghambat kelancaran aliran produksi. Kondisi tersebut menunjukkan adanya peluang perbaikan tata letak guna meningkatkan efisiensi perpindahan material. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai alur perpindahan material yang terjadi, alur utama aktivitas produksi pada Unit Preparasi ditunjukkan pada Lampiran 6.

Lampiran 6 menunjukkan alur proses produksi DDNP dan PETN pada tata letak *existing* di Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator*. Pola aliran material ditunjukkan dengan garis berwarna oranye untuk DDNP dan kuning

untuk PETN. Jalur tersebut disusun berdasarkan urutan proses produksi, sehingga mencerminkan aliran kerja aktual di lapangan. Setiap perubahan arah mengikuti posisi relatif antar area yang telah dipetakan dalam sistem koordinat, dengan titik acuan berupa titik pusat masing-masing area. Dengan demikian, jalur yang ditampilkan tidak hanya bersifat visual, tetapi juga merepresentasikan hubungan spasial antar fasilitas secara kuantitatif.

Berdasarkan urutan proses, alur produksi DDNP dimulai dari *Wet DDNP Storage* (53,31), menuju *Dehydration DDNP* (51,31), *Subdivision DDNP & Cleaning Room* (56,31), *Semi Drying DDNP* (32,31), *Pouring DDNP* (36,31), *Drying DDNP* (17,27), hingga berakhir di *DDNP Temporary Storage Room* (7,4). Sementara itu, alur produksi PETN dimulai dari *Wet PETN Storage* (46,31), menuju *Dehydration PETN* (48,31), *Drying PETN* (74,30), selanjutnya ke *Pouring PETN* (40,31), dan berakhir di *PETN Temporary Storage Room* (33,6).

Kedua alur tersebut menunjukkan bahwa pola pergerakan material masih menempuh lintasan yang relatif panjang dan berulang, sehingga mengindikasikan potensi ketidakefisienan pada tata letak *existing*, terutama dari sisi jarak perpindahan antar area. Selanjutnya, dilakukan perhitungan frekuensi perpindahan, waktu siklus (*cycle time*), serta jarak tempuh operator. Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Lampiran 7.

Berdasarkan Lampiran 7 tersebut, total frekuensi perpindahan material pada proses produksi sebanyak 70 kali per hari dengan total jarak tempuh operator sebesar 1.225 meter dengan total *cycle time* selama 42 menit 5 detik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aktivitas perpindahan material pada tata letak *existing* masih memerlukan jarak tempuh yang cukup besar sehingga berpotensi meningkatkan waktu perpindahan dan Ongkos *Material Handling* (OMH). Oleh karena itu, tata letak *existing* ini masih bisa untuk dioptimalkan melalui perancangan tata letak usulan untuk mengurangi jarak perpindahan material, menekan waktu perpindahan, serta efisiensi proses produksi.

Berdasarkan perhitungan rincian jarak dan waktu tempuh operator, dapat ditentukan kebutuhan jumlah operator serta biaya yang diperlukan dalam menjalankan proses produksi. Perhitungan biaya operator dilakukan berdasarkan jumlah operator yang dibutuhkan pada setiap alur proses dengan asumsi 22 hari kerja dalam satu bulannya. Rincian kebutuhan operator pada proses produksi di Unit Preparasi sebanyak 4 orang, yang terdiri atas 2 operator pada alur proses produksi DDNP dan 2 operator pada alur proses produksi PETN. Dengan biaya operator sebesar Rp.250.000 per orang per hari dan asumsi 22 hari kerja dalam satu bulan, maka diperoleh total biaya keseluruhan operator sebesar Rp.1.000.000 per hari atau Rp.22.000.000 per bulannya. Nilai tersebut menjadi salah satu komponen biaya yang digunakan dalam perhitungan Ongkos *Material Handling* (OMH) pada tata letak *existing*. Perhitungan ini menunjukkan bahwa kebutuhan dan biaya tenaga kerja telah optimal dan efisien sesuai dengan beban kerja aktual yang ada pada Unit Preparasi.

Setelah diketahui kebutuhan operator dan biaya yang diperlukan dalam proses produksi, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi alat *material handling* yang digunakan pada setiap aktivitas perpindahan material. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui jenis alat yang digunakan pada

masing-masing alur beserta jarak perpindahan material yang ditempuh. Perhitungan ini mencakup berbagai alat khusus seperti *trolley*, *vessel*, dan juga *tray* yang disesuaikan dengan bahan sensitif DDNP dan PETN. Penggunaan alat tersebut juga mempertimbangkan aspek keselamatan kerja agar tidak menimbulkan risiko ledakan atau kerusakan kualitas selama proses pemindahan. Hal ini penting untuk menjaga keamanan operasional sekaligus mendukung kelancaran produksi secara keseluruhan. Rincian kebutuhan operator dan biaya operator *existing* dapat dilihat pada Lampiran 8.

Proses perpindahan material pada unit Preparasi menggunakan beberapa jenis alat *material handling*, yaitu *tray*, *trolley*, dan *vessel*, yang disesuaikan dengan karakteristik material pada setiap tahapan proses produksi. Kemudian pada alur produksi DDNP, proses dimulai dari *Wet DDNP Storage* menuju *Dehydration DDNP*, di mana bahan baku berupa 1 drum dipindahkan dalam satu kali angkut. Selanjutnya, dari *Dehydration DDNP* menuju *Dehydration DDNP & Cleaning Room*, material hasil dehidrasi kembali dipindahkan dalam satu kali angkut. Pada tahap berikutnya, dari *Dehydration DDNP & Cleaning Room* ke *Semi Drying DDNP*, material yang telah terbagi menjadi 24 *tray* dipindahkan secara manual oleh 2 operator tanpa alat bantu, dengan cara satu per satu untuk menjaga keamanan bahan. Selanjutnya, dari *Semi Drying DDNP* ke *Pouring DDNP*, 24 *tray* dipindahkan oleh 1 operator dalam 24 kali angkut tanpa alat bantu. Pada tahap berikutnya, dari *Pouring DDNP* ke *Drying DDNP*, material yang telah dimasukkan ke dalam 24 *vessel* diangkut menggunakan *trolley* khusus DDNP dengan kapasitas 6 *vessel*, sehingga diperlukan 4 kali angkut. Tahap terakhir yaitu dari *Drying DDNP* ke *DDNP Temporary Storage Room* menggunakan *trolley* yang sama dengan frekuensi perpindahan yang serupa.

Kemudian pada alur produksi PETN, proses dimulai dari *Wet PETN Storage* menuju *Dehydration PETN* dengan pemindahan 1 drum dalam satu kali angkut. Selanjutnya, dari *Dehydration PETN* ke *Drying PETN*, material dipindahkan ke dalam 20 *tray* menggunakan *trolley drying* PETN khusus berkapasitas 20 *tray*. Selama proses pengeringan, dilakukan pengadukan setiap satu jam selama 6 jam oleh operator. Tahap berikutnya yaitu dari *Drying PETN* ke *Pouring PETN*, di mana 20 *tray* material dipindahkan untuk dimasukkan ke dalam 20 *vessel*. Tahap terakhir adalah dari *Pouring PETN* ke *PETN Temporary Storage Room* menggunakan *trolley* khusus PETN berkapasitas 6 *vessel*, dengan frekuensi perpindahan sebanyak 3 kali. Berbagai jenis alat *material handling* tersebut disesuaikan dengan karakteristik bahan sensitif sehingga menjamin keamanan dan kelancaran proses pemindahan. Penggunaan alat khusus ini juga memastikan bahwa bahan tetap terjaga kualitasnya selama proses transportasi. Dengan demikian, prosedur penanganan material pada tata letak *existing* ini telah sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku di industri bahan peledak. Hasil identifikasi alat dan juga alur *material handling existing* disajikan pada Lampiran 9.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Lampiran 9 tata letak *existing* tersebut, diketahui bahwa daya angkut dan frekuensi perpindahan pada setiap aktivitas bervariasi sesuai dengan karakteristik proses dan prosedur operasional. Target produksi menunjukkan bahwa alur DDNP mencapai X kg/24 *vessel*, sedangkan PETN sebesar Q kg/20 *vessel*. Perhitungan ini



selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan Ongkos *Material Handling* (OMH), yang mencakup seluruh aktivitas perpindahan material antar proses. Rincian perhitungan Ongkos *Material Handling* pada taadisajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Ongkos *material handling* (OMH) *existing*

Keterangan	Alur Proses Produksi DDNP			Alur Proses Produksi PETN			
Nama Alat	<i>Trolley</i> DDNP	<i>Vessel</i> DDNP	<i>Tray</i> DDNP	<i>Trolley</i> PETN	<i>Trolley Drying</i> PETN	<i>Vessel</i> PETN	<i>Tray</i> PETN
Harga Alat	Rp7.000.000	Rp20.000.000	Rp1.000.000	Rp5.000.000	Rp15.000.000	Rp20.000.000	Rp1.000.000
Masa Efektif (Bulan)	84	240	60	72	120	240	60
Frekuensi/Hari	8 Kali	8 Kali	48 Kali	3 Kali	8 Kali	3 Kali	8 Kali
Total Jarak Tempuh/Hari	224 Meter	224 Meter	672 Meter	96 Meter	224 Meter	96 Meter	224 Meter
Biaya Penyusutan /Bulan	Rp83.333	Rp83.333	Rp16.667	Rp69.444	Rp125.000	Rp83.333	Rp16.667
Biaya Maintenance /Bulan	Rp50.000	Rp5.000	Rp5.000	Rp50.000	Rp75.000	Rp5.000	Rp5.000
Kebutuhan Alat	1	100	24	2	2	56	20
Jumlah	Rp133.333	Rp8.833.333	Rp520.000	Rp238.889	Rp400.000	Rp4.946.667	Rp433.333
Total /Bulan	Rp15.505.556						

Dapat dilihat pada Tabel 5, alat yang digunakan pada alur produksi DDNP meliputi *trolley* DDNP, *vessel* DDNP, dan *tray* DDNP dengan harga masing-masing Rp7.000.000, Rp20.000.000, dan Rp1.000.000. Masa efektif penggunaan alat adalah 84 bulan, 240 bulan, dan 60 bulan, sehingga diperoleh biaya penyusutan bulanan sebesar Rp83.333, Rp83.333, dan Rp16.667. Biaya pemeliharaan bulanan masing-masing sebesar Rp50.000 untuk *trolley* serta Rp5.000 untuk *vessel* dan *tray*. Perhitungan biaya dilakukan dengan menjumlahkan biaya penyusutan dan biaya pemeliharaan setiap alat sesuai dengan jumlah kebutuhan unit pada masing-masing alur produksi. Dengan kebutuhan alat sebanyak 1 unit *trolley*, 100 untuk unit *vessel*, dan 24 untuk unit *tray*, diperoleh total biaya bulanan sebesar Rp133.333, Rp8.833.333, dan Rp520.000 untuk setiap peralatannya.

Pada alur produksi PETN, alat yang digunakan meliputi *trolley* PETN, *trolley drying* PETN, *vessel* PETN, dan *tray* PETN dengan harga masing-masing Rp5.000.000, Rp15.000.000, Rp20.000.000, dan Rp1.000.000. Masa efektif penggunaan alat adalah 72 bulan, 120 bulan, 240 bulan, dan 60 bulan, sehingga menghasilkan biaya penyusutan bulanan sebesar Rp69.444, Rp125.000, Rp83.333, dan Rp16.667. Biaya pemeliharaan bulanan sebesar Rp50.000 untuk *trolley* PETN, Rp75.000 untuk *trolley drying*, serta Rp5.000 untuk *vessel* dan *tray*. Dengan kebutuhan alat sebanyak 2 untuk unit *trolley* PETN, 2 untuk unit *trolley drying* PETN, 56 untuk unit *vessel*, dan 20 untuk unit *tray*, kemudian diperoleh total biaya bulanan sebesar Rp238.889, Rp400.000, Rp4.946.667, dan Rp433.333. Secara keseluruhan, akumulasi biaya operasional ongkos *material handling* untuk kedua alur produksi mencapai Rp15.505.556 per bulan. Biaya operasional tersebut menjadi salah satu komponen yang digunakan dalam perhitungan ongkos *material handling* pada tata letak *existing*.

Tabel 6 Total perhitungan biaya tata letak *existing*

Biaya <i>Material Handling</i> /Bulan	Biaya Operator/Bulan	Total/Bulan
Rp15.505.556	Rp22.000.000	Rp37.505.556

Secara keseluruhan, hasil perhitungan pada Tabel 6 menunjukkan kondisi tata letak *existing* yang masih memiliki potensi perbaikan. Oleh karena itu, diperlukan perancangan tata letak usulan guna meningkatkan efisiensi aliran material area produksi Unit Preparasi.

4.3 Proses Perancangan Tata Letak Usulan

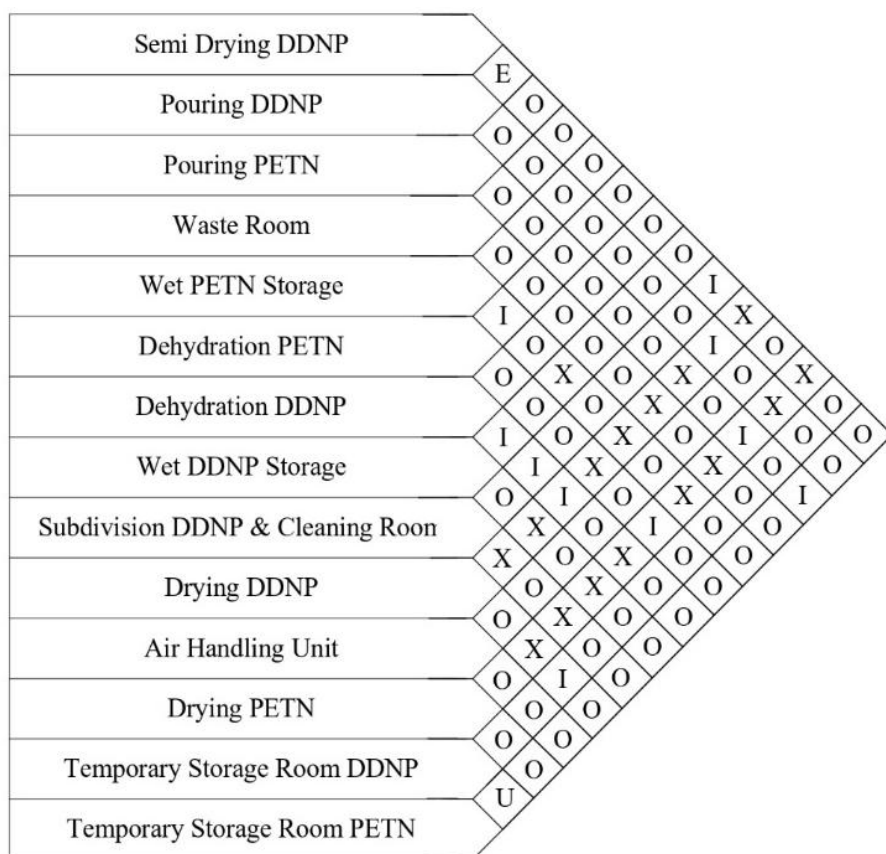
Proses penyusunan tata letak usulan pada Unit Preparasi ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan analisis. Tahapan ini dimulai dengan pemetaan hubungan antar area ruangan menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC), yang kemudian hasil nilainya diperkuat dengan perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) untuk menentukan prioritas kedekatan berdasarkan kebutuhan interaksi. Selanjutnya, area kerja diatur menggunakan metode *Placement Sequence* kemudian akan difinalisasi dengan teknik *Western Edge* untuk meningkatkan pemanfaatan ruangan. Implementasi metode ini bertujuan meningkatkan efisiensi operasional, meminimalkan perpindahan material, dan meningkatkan produktivitas. Seluruh tahapan tersebut dilakukan dengan tetap mempertimbangkan aspek keselamatan dan standar operasional industri bahan peledak.

4.3.1 *Activity Relationship Chart* (ARC)

Penyusunan *Activity Relationship Chart* (ARC) dilakukan pada Unit Preparasi untuk menggambarkan hubungan antar area produksi. Pengisian ARC dilakukan berdasarkan hasil wawancara bersama dengan 4 operator yang terlibat langsung dalam aktivitas produksi di Unit Preparasi dan juga hasil diskusi bersama Supervisor Pabrik *Elemented Detonator*, sehingga hasil observasi ini mencerminkan kondisi operasional aktual di lapangan. Pendekatan tersebut dilakukan agar penilaian tingkat kedekatan antar area sesuai dengan kebutuhan proses produksi yang sebenarnya. Melalui ARC, tingkat kedekatan antar area dapat diidentifikasi secara sistematis untuk mendukung penyusunan tata letak yang lebih optimal.

Setiap hubungan kedekatan antar area kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori tertentu sesuai dengan tingkat kepentingan interaksi yang terjadi selama proses produksi di lapangan. Penentuan kategori tersebut mempertimbangkan frekuensi perpindahan material, keterkaitan urutan proses produksi, penggunaan fasilitas secara bersama, serta aspek keselamatan kerja. Dengan adanya klasifikasi tersebut, area yang memiliki hubungan sangat penting dapat ditempatkan berdekatan, sedangkan area yang tidak memerlukan hubungan langsung dapat diposisikan lebih berjauhan.

Selain memberikan gambaran mengenai hubungan antar area, ARC juga menjadi dasar dalam tahap perancangan tata letak usulan. Informasi mengenai tingkat kedekatan tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penyusunan *placement sequence* dan proses penyusunan alternatif tata letak, sehingga rancangan yang dihasilkan diharapkan mampu mengurangi jarak perpindahan material serta meningkatkan efisiensi aliran produksi. Hasil penyusunan *Activity Relationship Chart* (ARC) tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Activity relationship chart (ARC) unit preparasi

Penentuan derajat kedekatan dalam *Activity Relationship Chart* (ARC) dilakukan dengan mengkategorikan tingkat urgensi hubungan antar aktivitas, mulai dari Mutlak Perlu (A) hingga yang Tidak Diinginkan (X). Penentuan ini dilakukan berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan operator langsung. Klasifikasi ini mempertimbangkan faktor keterkaitan aliran produksi, frekuensi perpindahan material, penggunaan peralatan yang sama, serta aspek keselamatan dan prosedur kerja yang berlaku. Penentuan derajat kedekatan ini menjadi dasar penting dalam menyusun tata letak yang lebih efisien dan aman. Kategori derajat kedekatan dan juga penjelasannya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Derajat kedekatan ARC

Kode	Derajat Kedekatan
A	Mutlak, perlu berdekatan
E	Sangat penting berdekatan
I	Penting berdekatan
O	Biasa, tidak masalah dimanapun
U	Tidak perlu berdekatan
X	Tidak diharapkan berdekatan

Klasifikasi ini mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain keterkaitan aliran produksi untuk meminimalkan waktu perpindahan, penggunaan material atau peralatan yang sama, serta aspek keselamatan dan prosedur kerja yang berlaku. Setiap hubungan kedekatan yang telah ditentukan kemudian dilengkapi dengan kode alasan (*reason code*) sebagai dasar pemberian tingkat kedekatan antar area. Kode alasan tersebut berfungsi

untuk menjelaskan pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan hubungan antar fasilitas sehingga proses penyusunan ARC menjadi lebih objektif dan sesuai dengan kondisi operasional di Unit Preparasi. Kode alasan kedekatan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Tabel kode alasan kedekatan

Kode	Alasan
1	Urutan aliran pekerjaan
2	Menggunakan Peralatan yang sama
3	Menggunakan tenaga kerja yang sama
4	Penggunaan ruangan yang sama
5	Prosedur keselamatan
6	Pembuangan limbah
7	Ruangan atau alat pendukung
8	Tidak ada hubungan

Berdasarkan kode alasan tersebut, selanjutnya dilakukan penyusunan hubungan kedekatan untuk setiap ruangan pada Unit Preparasi. Hubungan kedekatan ditentukan dengan mengombinasikan derajat kedekatan (A, E, I, O, U, dan X) beserta kode alasan kedekatan (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8) yang mendasari penetapan hubungan tersebut. Hasil hubungan kedekatan antar area menjadi dasar dalam penyusunan ARC dan akan digunakan sebagai acuan pada tahap perhitungan *Total Closeness Rating*. Data hubungan dan alasan kedekatan pada Unit Preparasi disajikan pada Tabel 9 hingga Tabel 21. Hubungan area Semi *Drying* DDNP disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Data hubungan ruangan semi *drying* DDNP

Hubungan Semi <i>Drying</i> DDNP dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Pouring</i> DDNP	E	1,2,3
2	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Pouring</i> PETN	O	8
3	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Waste Room</i>	O	6,7
4	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Wet</i> PETN <i>Storage</i>	O	8
5	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Dehydration</i> PETN	O	8
6	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Dehydration</i> DDNP	O	3,7
7	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Wet</i> DDNP <i>Storage</i>	O	3,7
8	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Subdivision</i> DDNP & <i>Cleaning Room</i>	I	1,2,3
9	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Drying</i> DDNP	X	3,5
10	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
11	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Drying</i> PETN	X	8
12	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP	O	3,7
13	Semi <i>Drying</i> DDNP dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	O	8

Selanjutnya, hubungan kedekatan area *Pouring* DDNP dengan area lainnya disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Data hubungan ruangan *pouring* DDNP

Hubungan <i>Pouring</i> DDNP dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Pouring</i> PETN	O	8
2	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Waste Room</i>	O	6,7
3	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Wet</i> PETN <i>Storage</i>	O	8

Tabel 11 Data hubungan ruangan *pouring* DDNP (lanjutan)

Hubungan <i>Pouring</i> DDNP dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
4	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Dehydration</i> PETN	O	8
5	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Dehydration</i> DDNP	O	3,7
6	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Wet</i> DDNP <i>Storage</i>	O	3,7
7	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Subdivision</i> DDNP & <i>Cleaning Room</i>	O	3,7
8	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Drying</i> DDNP	I	1,2,3
9	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
10	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Drying</i> PETN	X	8
11	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP	O	3,7
12	<i>Pouring</i> DDNP dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	O	8

Kemudian, hubungan kedekatan area *Pouring* PETN dengan area lainnya. Hasil hubungan kedekatan tersebut disajikan pada Tabel 11.

Tabel 12 Data hubungan ruangan *pouring* PETN

Hubungan <i>Pouring</i> PETN dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Waste Room</i>	O	6,7
2	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Wet</i> PETN <i>Storage</i>	O	3,7
3	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Dehydration</i> PETN	O	3,7
4	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Dehydration</i> DDNP	O	8
5	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Wet</i> DDNP <i>Storage</i>	O	8
6	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Subdivision</i> DDNP & <i>Cleaning Room</i>	O	8
7	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Drying</i> DDNP	X	5,8
8	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
9	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Drying</i> PETN	O	3,7
10	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP	O	8
11	<i>Pouring</i> PETN dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	I	1,2,3

Selanjutnya, hubungan kedekatan area *Waste Room* dengan area lainnya. Hasilnya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 13 Data hubungan ruangan *waste room*

Hubungan <i>Waste Room</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Waste Room</i> dengan <i>Wet</i> PETN <i>Storage</i>	O	6
2	<i>Waste Room</i> dengan <i>Dehydration</i> PETN	O	6
3	<i>Waste Room</i> dengan <i>Dehydration</i> DDNP	O	6
4	<i>Waste Room</i> dengan <i>Wet</i> DDNP <i>Storage</i>	O	6
5	<i>Waste Room</i> dengan <i>Subdivision</i> DDNP & <i>Cleaning Room</i>	O	6,7
6	<i>Waste Room</i> dengan <i>Drying</i> DDNP	X	5,8
7	<i>Waste Room</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
8	<i>Waste Room</i> dengan <i>Drying</i> PETN	X	5,8
9	<i>Waste Room</i> dengan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP	O	8
10	<i>Waste Room</i> dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	O	8

Setelah itu, hubungan kedekatan area *Wet PETN Storage* dengan area lainnya yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 14 Data hubungan ruangan *wet PETN storage*

Hubungan <i>Wet PETN Storage</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Dehydration PETN</i>	I	1,3
2	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Dehydration DDNP</i>	O	8
3	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Wet DDNP Storage</i>	X	8
4	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i>	O	8
5	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Drying DDNP</i>	X	5,8
6	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
7	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Drying PETN</i>	X	3,5
8	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	O	8
9	<i>Wet PETN Storage</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	3,7

Berikutnya yaitu hubungan kedekatan antar area *Dehydration PETN* yang disajikan pada Tabel 14.

Tabel 15 Data hubungan ruangan *dehydration PETN*

Hubungan <i>Dehydration PETN</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Dehydration DDNP</i>	O	8
2	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Wet DDNP Storage</i>	O	8
3	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i>	O	8
4	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Drying DDNP</i>	X	5,8
5	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
6	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Drying PETN</i>	I	1,2,3
7	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	O	8
8	<i>Dehydration PETN</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	2,3,7

Tahapan selanjutnya adalah hubungan kedekatan area *Dehydration DDNP* yang disajikan pada Tabel 15.

Tabel 16 Data hubungan ruangan *dehydration DDNP*

Hubungan <i>Dehydration DDNP</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Wet DDNP Storage</i>	I	1,3
2	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i>	I	1,3
3	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Drying DDNP</i>	I	3,7
4	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
5	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Drying PETN</i>	X	5,8
6	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	O	3,7
7	<i>Dehydration DDNP</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	8

Berikutnya, hubungan kedekatan area *Wet DDNP Storage* dengan area lainnya disajikan pada Tabel 16.

Tabel 17 Data hubungan ruangan *wet DDNP storage*

Hubungan <i>Wet DDNP Storage</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i>	O	3,7
2	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Drying DDNP</i>	X	3,5
3	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
4	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Drying PETN</i>	X	5,8
5	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	O	3,7
6	<i>Wet DDNP Storage</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	8

Setelah itu, hubungan kedekatan pada area *Subdivision DDNP & Cleaning Room* dengan area lainnya dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 18 Data hubungan ruangan *subdivision DDNP & cleaning Room*

Hubungan <i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan <i>Drying DDNP</i>	X	3,5
2	<i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
3	<i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan <i>Drying PETN</i>	X	8
4	<i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	X	5,8
5	<i>Subdivision DDNP & Cleaning Room</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	3,7

Selanjutnya, hubungan kedekatan area *Drying DDNP* dengan area lainnya disajikan pada Tabel 18.

Tabel 19 Data hubungan ruangan *drying DDNP*

Hubungan <i>Drying DDNP</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Drying DDNP</i> dengan <i>Air Handling Unit</i>	O	7
2	<i>Drying DDNP</i> dengan <i>Drying PETN</i>	X	5
3	<i>Drying DDNP</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	I	1,2,3
4	<i>Drying DDNP</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	8

Kemudian, hubungan kedekatan area *Air Handling Unit* dengan area lainnya disajikan pada Tabel 19.

Tabel 20 Data hubungan ruangan *air handling unit*

Hubungan <i>Air Handling Unit</i> dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alaan Kedekatan
1	<i>Air Handling Unit</i> dengan <i>Drying PETN</i>	O	7
2	<i>Air Handling Unit</i> dengan <i>Temporary Storage Room DDNP</i>	O	7
3	<i>Air Handling Unit</i> dengan <i>Temporary Storage Room PETN</i>	O	7

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Selanjutnya, hubungan kedekatan area *Drying* PETN dengan area lainnya disajikan pada Tabel 20.

Tabel 21 Data hubungan ruangan *drying* PETN

Hubungan <i>Drying</i> PETN dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Drying</i> PETN dengan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP	O	8
2	<i>Drying</i> PETN dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	O	3,7

Kemudian, hubungan kedekatan area *Temporary Storage Room* DDNP disajikan pada Tabel 21.

Tabel 22 Data hubungan ruangan *temporary storage room* DDNP

Hubungan <i>Temporary Storage Room</i> DDNP dengan Area Lainnya			
No	Hubungan Antar Area	Derajat Kedekatan	Alasan Kedekatan
1	<i>Temporary Storage Room</i> DDNP dengan <i>Temporary Storage Room</i> PETN	U	5

Berdasarkan hasil hubungan kedekatan pada Tabel 9 hingga Tabel 21, setiap area di Unit Preparasi telah memiliki derajat kedekatan beserta kode alasan yang menjadi dasar penentuan hubungan antar fasilitas. Seluruh data hubungan kedekatan tersebut kemudian digunakan sebagai masukan dalam perhitungan *Total Closeness Rating* untuk menentukan tingkat prioritas kedekatan setiap area. Hasil perhitungan TCR selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penyusunan urutan penempatan fasilitas pada tata letak usulan.

4.3.2 *Total Closeness Rating* (TCR)

Perhitungan *Total Closeness Rating* (TCR) dilakukan berdasarkan nilai derajat kedekatan antar aktivitas yang telah ditentukan pada *Activity Relationship Chart* (ARC). Nilai tersebut kemudian diolah untuk memperoleh tingkat prioritas kedekatan antar area sebagai dasar dalam perancangan tata letak. Berdasarkan hasil perhitungan TCR, diketahui bahwa *Pouring* DDNP (B) memiliki nilai TCR tertinggi sebesar 66, diikuti oleh *Semi Drying* DDNP (A) dengan nilai 63. Hal ini menunjukkan bahwa kedua area tersebut memiliki tingkat keterkaitan yang tinggi dengan area lainnya, sehingga perlu diprioritaskan dalam penempatan tata letak. Sebaliknya, area seperti *Drying* PETN (L) memiliki nilai TCR yang relatif lebih rendah, yaitu sebesar 21, yang menunjukkan tingkat keterkaitan yang lebih kecil dibandingkan area lainnya.

Nilai *Total Closeness Rating* tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan urutan prioritas penempatan area, sebagaimana ditunjukkan pada kolom *Placement Sequence*. Area dengan nilai TCR yang lebih tinggi akan ditempatkan terlebih dahulu guna mendukung kedekatan antar aktivitas dan meningkatkan efisiensi aliran proses produksi. Prioritas penempatan ini juga mempertimbangkan aspek keselamatan dan teknis operasional agar tidak menimbulkan risiko pada bahan peledak sensitif. Metode ini memastikan bahwa area-area dengan interaksi tinggi ditempatkan berdekatan sehingga meminimalkan risiko kesalahan penanganan material. Perhitungan TCR pada Unit Preparasi tersebut dapat dilihat pada Lambran 10.

4.3.3 Pengalokasian Tata Letak Usulan

Optimalisasi tata letak usulan dilakukan dengan menerjemahkan keterkaitan antar aktivitas yang ditunjukkan oleh nilai TCR pada Lampiran 10 ke dalam pengaturan tata ruang yang lebih sistematis. Dalam proses perancangan ini, alokasi ruang diasumsikan menggunakan sistem blok yang distandarisasi berdasarkan ukuran dan luas masing-masing area yang telah ditentukan sebelumnya.

Penempatan blok aktivitas dilakukan menggunakan metode *Western Edge*, yaitu dengan mengalokasikan fasilitas berdasarkan nilai *placement sequence*, di mana area dengan nilai prioritas lebih tinggi ditempatkan terlebih dahulu. Proses pengalokasian dilakukan secara bertahap dengan memulai dari tata letak yang masih kosong, kemudian setiap fasilitas disusun satu per satu mengikuti urutan prioritas yang telah ditentukan (Wibawanto *et al.* 2014). Tabel 22 menyajikan pembagian blok aktivitas ke dalam matriks *Western Edge* berdasarkan urutan prioritas penempatan.

Tabel 23 Alokasi blok pada matriks *western edge*

No	Kode Area	Area	Dimensi (m)		Luas m ³	TCR	Placement Sequence	Alokasi Blok
			Width	Height				
1	A	Semi Drying DDNP	3	4	12	63	2	12
2	B	Pouring DDNP	4,3	3,5	15,05	66	1	15
3	C	Pouring PETN	4,3	3,5	15,05	42	8	15
4	D	Waste Room	2,3	3,5	8,05	33	12	8
5	E	Wet PETN Storage	2,3	3,5	8,05	36	10	8
6	F	Dehydration PETN	2,3	3,5	8,05	48	4	8
7	G	Dehydration DDNP	2,3	3,5	8,05	54	3	8
8	H	Wet DDNP Storage	2,3	3,5	8,05	36	11	8
9	I	Subdivision DDNP & Cleaning Room	3	4	12	45	5	12
10	J	Drying DDNP	4	4	16	33	13	16
11	K	Air Handling Unit	18	4	72	39	9	72
12	L	Drying PETN	4	4	16	21	14	16
13	M	Temporary Storage Room DDNP	2,2	1,3	2,86	45	6	3
14	N	Temporary Storage Room PETN	2,2	1,3	2,86	45	7	3

Penempatan blok yang akan menentukan gambaran tata letak usulan nanti berdasarkan tahapan matriks *Western Edge* sebelumnya dapat dilihat pada Lampiran 11. *Western Edge* dipilih karena sederhana dan efektif dalam mengurutkan penempatan blok berdasarkan prioritas TCR. Alokasi blok dalam rancangan tata letak ini ditetapkan dengan mengacu pada luas area setiap ruangan serta fungsinya pada tata letak *existing* sebelumnya. Selain itu, proses penataannya juga mempertimbangkan hubungan kedekatan antar ruang kerja serta berdasarkan wawancara langsung dengan operator.

Melalui susunan tersebut, tata letak usulan diharapkan menghasilkan pengaturan ruang yang lebih terstruktur dan mendukung kelancaran alur proses produksi pada Unit Preparasi. Visualisasi tata letak menggunakan software AutoCAD menghasilkan gambar yang akurat dan terukur. Penerapan metode *Western Edge* menempatkan area berprioritas TCR tinggi secara strategis sehingga menghasilkan tata letak yang lebih efisien, aman, dan selaras dengan karakteristik operasional industri bahan peledak.

4.4 Desain Tata Letak Usulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tata letak *existing*, tahap selanjutnya adalah penyusunan tata letak usulan sebagai alternatif perbaikan. Penyusunan tata letak usulan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi aliran material, mengurangi jarak perpindahan, serta meminimalkan waktu siklus perpindahan material pada tata letak *existing* Unit Preparasi. Dengan demikian, tata letak usulan diharapkan mampu memberikan peningkatan kinerja proses operasional serta mendukung kelancaran aktivitas produksi secara keseluruhan.

4.4.1 Perancangan Tata Letak Usulan

Rancangan tata letak usulan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak AutoCAD untuk menghasilkan desain yang lebih terperinci dan terstruktur. Dalam perancangan ini, terdapat beberapa ruangan yang tidak mengalami perubahan posisi, yaitu Ruang *Drying* DDNP (J) dan *Drying* PETN (L) karena memerlukan jarak pemisah dari bangunan lain guna meminimalkan risiko kecelakaan atau ledakan. Selain itu juga, keberadaan tanggul di sekitar kedua ruangan tersebut berfungsi untuk mengarahkan dampak ledakan serta melindungi area sekitarnya.

Selanjutnya, Ruang *Air Handling Unit* (K) juga tidak mengalami perubahan posisi karena berperan dalam mengatur sirkulasi udara dan suhu pada seluruh area Unit Preparasi, serta telah berada pada lokasi yang strategis. Ruang *Temporary Storage Room* DDNP (M) dan *Temporary Storage Room* PETN (N) juga dipertahankan posisinya karena terletak di bagian Unit *Blasting Cap* sebagai tujuan distribusi produk akhir itu sendiri. Sementara itu, beberapa ruangan lainnya mengalami penyesuaian posisi berdasarkan pertimbangan jarak aliran produksi dan peningkatan efisiensi operasional. Rancangan tata letak usulan yang dihasilkan ditunjukkan pada Lampiran 12.

4.4.2 Luas Area dan Jarak Tata Letak Usulan

Luas area menjadi pertimbangan utama dalam penyusunan tata letak usulan dengan tetap mempertahankan ukuran ruangan sesuai kondisi *existing*. Hal ini didasarkan pada kesesuaian kebutuhan ruang sehingga tidak memerlukan perubahan pada struktur bangunan utama. Rincian luas area tata letak usulan Unit Preparasi disajikan pada Tabel 23.

Tabel 24 Luas area unit preparasi usulan

No	Kode Area	Area	Dimensi (m)		Luas m ²
			Width	Height	
1	A	Semi <i>Drying</i> DDNP	3	4	12
2	B	<i>Pouring</i> DDNP	4,3	3,5	15,05
3	C	<i>Pouring</i> PETN	4,3	3,5	15,05
4	D	<i>Waste Room</i>	2,3	3,5	8,05
5	E	<i>Wet</i> PETN <i>Storage</i>	2,3	3,5	8,05
6	F	<i>Dehydration</i> PETN	2,3	3,5	8,05
7	G	<i>Dehydration</i> DDNP	2,3	3,5	8,05
8	H	<i>Wet</i> DDNP <i>Storage</i>	2,3	3,5	8,05
9	I	<i>Subdivision</i> DDNP & <i>Cleaning Room</i>	3	4	12
10	J	<i>Drying</i> DDNP	4	4	16
11	K	<i>Air Handling Unit</i>	18	4	72
12	L	<i>Drying</i> PETN	4	4	16
13	M	<i>Temporary Storage Room</i> DDNP	2,2	1,3	2,86
14	N	<i>Temporary Storage Room</i> PETN	2,2	1,3	2,86

Berdasarkan luas area yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan penentuan titik koordinat pada masing-masing area sebagai dasar dalam perhitungan jarak pada tata letak usulan. Hasil penentuan titik koordinat tersebut ditunjukkan pada Lampiran 13.

Berdasarkan gambar titik koordinat tata letak usulan pada Lampiran 13 tersebut, dapat diketahui bahwa setiap area memiliki titik koordinat yang menentukan letak pusat tiap ruangan secara jelas, berikut lokasi titik koordinat dari masing-masing area yang disajikan pada Tabel 24.

Tabel 25 Titik koordinat unit preparasi usulan

No	Kode Area	Area	Titik Koordinat	
			X	Y
1	A	Semi Drying DDNP	46	31
2	B	Pouring DDNP	48	31
3	C	Pouring PETN	40	31
4	D	Waste Room	32	31
5	E	Wet PETN Storage	56	31
6	F	Dehydration PETN	53	31
7	G	Dehydration DDNP	51	31
8	H	Wet DDNP Storage	36	31
9	I	Subdivision DDNP & Cleaning Room	44	31
10	J	Drying DDNP	17	26
11	K	Air Handling Unit	48	25
12	L	Drying PETN	74	30
13	M	Temporary Storage Room DDNP	7	4
14	N	Temporary Storage Room PETN	33	6

Untuk mempermudah analisis, setiap area pada tata letak usulan diberi kode huruf sebagaimana ditunjukkan pada Lampiran 14. Berdasarkan pengodean tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antar area menggunakan metode *rectilinear distance* untuk mengetahui perubahan jarak setelah perbaikan tata letak. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 25.

Tabel 26 Perhitungan *rectilinear* tata letak usulan

Ke	Dari	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A		0	2	6	14	10	7	5	10	2	34	8	29	66	38
B		2	0	8	16	8	5	3	12	4	36	6	27	68	40
C		6	8	0	8	16	13	11	4	4	28	14	35	60	32
D		14	16	8	0	24	21	19	4	12	20	22	43	52	26
E		10	8	16	24	0	3	5	20	12	44	14	19	76	48
F		7	5	13	21	3	0	2	17	9	41	11	22	73	45
G		5	3	11	19	5	2	0	15	7	39	9	24	71	43
H		10	12	4	4	20	17	15	0	8	24	18	39	56	28
I		2	4	4	12	12	9	7	8	0	32	10	31	64	36
J		34	36	28	20	44	41	39	24	32	0	32	61	32	36
K		8	6	14	22	14	11	9	18	10	32	0	31	62	34
L		29	27	35	43	19	22	24	39	31	61	31	0	93	65
M		66	68	60	52	76	73	71	56	64	32	62	93	0	28
N		38	40	32	26	48	45	43	28	36	36	34	65	28	0

Keterangan:

- : Alur proses produksi DDNP
- : Alur proses produksi PETN

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 25, selanjutnya dilakukan analisis alur proses produksi untuk melihat perubahan perpindahan material.

4.4.3 Alur Proses Produk Operator Usulan

Peningkatan efisiensi operasional pada Unit Preparasi dilakukan melalui analisis jarak berbasis koordinat. Dengan memanfaatkan data koordinat, perpindahan material antar area dapat dipantau dan dievaluasi sehingga memberikan gambaran mengenai kinerja alur produksi. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam mengidentifikasi peluang optimalisasi tata letak, khususnya dalam menyederhanakan alur perpindahan material guna meminimalkan jarak dan waktu tempuh. Pendekatan ini memungkinkan perancangan tata letak yang lebih rasional dan berorientasi pada efisiensi proses produksi secara keseluruhan.

Berdasarkan tata letak usulan yang telah disusun, terdapat perubahan pola perpindahan material dibandingkan dengan tata letak *existing*. Perubahan ini terlihat dari penataan ulang posisi ruangan yang lebih sesuai dengan urutan proses produksi sehingga alur material menjadi lebih linier. Gambaran alur proses produksi pada tata letak usulan ditunjukkan pada Lampiran 15. Dengan penataan yang baru, jarak tempuh dan waktu siklus produksi berhasil ditekan secara signifikan tanpa mengubah prosedur keselamatan yang berlaku.

Lampiran 15 menunjukkan alur proses produksi DDNP dan PETN pada tata letak usulan di Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator*. Pola aliran material ditunjukkan dengan garis berwarna oranye untuk alur produksi DDNP dan garis berwarna kuning untuk alur produksi PETN. Jalur tersebut disusun berdasarkan urutan proses produksi yang dilalui oleh operator sehingga menggambarkan aliran kerja aktual pada skala 1:100. Visualisasi ini memudahkan pemahaman terhadap perbaikan alur material yang telah dicapai pada tata letak usulan.

Berdasarkan urutan proses, untuk alur produksi DDNP dimulai dari *Wet DDNP Storage* (36,31), menuju *Dehydration DDNP* (51,31), kemudian *Subdivision DDNP & Cleaning Room* (44,31), *Semi Drying DDNP* (46,31), lalu *Pouring DDNP* (48,31), *Drying DDNP* (17,26), dan berakhir di *DDNP Temporary Storage Room* (7,4). Sementara itu, untuk alur produksi PETN dimulai dari *Wet PETN Storage* (56,31), menuju *Dehydration PETN* (53,31), kemudian *Drying PETN* (74,30), lalu *Pouring PETN* (40,31), dan berakhir di *PETN Temporary Storage Room* (33,6). Perhitungan ini menjadi bukti kuantitatif keberhasilan perancangan tata letak usulan.

Kedua alur tersebut menunjukkan bahwa area dengan frekuensi perpindahan tinggi telah tersusun lebih berdekatan, sehingga jarak perpindahan material menjadi lebih pendek dibandingkan dengan tata letak *existing*. Hal ini mengindikasikan adanya perbaikan dalam tata letak usulan, khususnya dalam mengurangi waktu *cycle time material handling* dan juga jarak perpindahan antar area. Tahapan selanjutnya yaitu, dilakukan perhitungan terhadap frekuensi perpindahan produksi, waktu siklus (*cycle time*), serta jarak tempuh operator produksi pada produk DDNP dan PETN di Unit Preparasi.

Pada proses produksi DDNP, alur dimulai dari *Wet DDNP Storage* menuju *Dehydration DDNP* dengan jarak 15 meter dan waktu siklus 37 detik dengan frekuensi 1 kali per hari. Selanjutnya, perpindahan dari *Dehydration DDNP* ke *Subdivision DDNP & Cleaning Room* memiliki jarak 7 meter

dengan waktu siklus 14 detik dengan frekuensi 1 kali per hari. Pada tahap berikutnya, material berpindah dari *Subdivision DDNP & Cleaning Room* ke *Semi Drying DDNP* dengan jarak 2 meter dan waktu siklus 4 detik dengan frekuensi 24 kali per hari. Perpindahan dari *Semi Drying DDNP* ke *Pouring DDNP* juga memiliki jarak 2 meter dengan waktu siklus 8 detik dan frekuensi 24 kali per hari. Selanjutnya, dari *Pouring DDNP* ke *Drying DDNP* memiliki jarak 36 meter dengan waktu siklus 1 menit 10 detik dengan frekuensi 4 kali per hari, kemudian dari *Drying DDNP* menuju *DDNP Temporary Storage Room* memiliki jarak 32 meter dengan waktu siklus 58 detik dengan frekuensi 4 kali per hari. Total jarak tempuh untuk seluruh alur produksi DDNP adalah 390 meter dengan total waktu siklus 14 menit 11 detik. Hasil ini menunjukkan perbaikan yang signifikan dibandingkan kondisi existing.

Kemudian pada proses produksi PETN, alur dimulai dari *Wet PETN Storage* menuju *Dehydration PETN* memiliki jarak 3 meter dan waktu siklus 8 detik dengan frekuensi 1 kali per hari. Perpindahan dari *Dehydration PETN* ke *Drying PETN* memiliki jarak 22 meter dengan waktu siklus 33 detik dengan frekuensi 7 kali per hari. Selanjutnya, dari *Drying PETN* ke *Pouring PETN* memiliki jarak 35 meter dan waktu siklus 1 menit 20 detik dengan frekuensi 1 kali per hari. Kemudian tahap terakhir dari *Pouring PETN* ke *PETN Temporary Storage Room* memiliki jarak 32 meter dengan waktu siklus 55 detik dengan frekuensi 3 kali per hari. Total jarak tempuh untuk seluruh alur produksi PETN adalah 288 meter dengan total waktu siklus 8 menit 4 detik. Secara keseluruhan, total jarak tempuh kedua alur produksi DDNP dan PETN adalah 678 meter dengan total waktu siklus 22 menit 15 detik. Hasil perhitungan frekuensi perpindahan, waktu siklus (*cycle time*), serta jarak tempuh operator tersebut dapat dilihat pada Lampiran 16. Secara keseluruhan, kedua alur produksi tersebut menunjukkan peningkatan efisiensi yang jelas pada tata letak usulan.

Berdasarkan Lampiran 16, terjadi perubahan pada jarak perpindahan material dan waktu siklus proses dibandingkan dengan kondisi *existing*. Perbaikan ini diperoleh dari penataan ulang tata letak fasilitas sehingga aliran proses menjadi lebih efisien. Secara keseluruhan, total frekuensi perpindahan pada kedua produk DDNP dan PETN tersebut adalah frekuensi sebanyak 70 kali per hari, dengan total jarak tempuh sebesar 678 meter dan total waktu siklus sebesar 22 menit 15 detik. Dibandingkan dengan kondisi *existing*, terjadi penurunan pada total jarak tempuh dari 1.225 meter menjadi 678 meter dan juga penurunan pada waktu siklus dari 42 menit 5 detik menjadi 22 menit 15 detik. Penurunan yang terjadi pada tata letak usulan ini mencapai 547 meter untuk jarak tempuh, yang setara dengan efisiensi sebesar 44,65%. Sementara itu, penghematan waktu siklus mencapai 1.190 detik atau sebesar 47,13% dibandingkan dengan tata letak existing.

Penurunan ini menunjukkan bahwa penataan ulang tata letak mampu mengurangi jarak perpindahan dan meningkatkan efisiensi waktu operasional melalui penyusunan area yang lebih sesuai dengan frekuensi alur proses. Dengan demikian, alur produksi menjadi lebih linier dan minim gerakan yang tidak perlu. Perbaikan ini juga meningkatkan kenyamanan dan produktivitas operator, misalnya di Unit Preparasi yang tidak lagi harus menempuh jarak jauh saat memindahkan material antar ruangan sehingga mengurangi

kelelahan fisik. Oleh karena itu, tata letak usulan dinilai lebih efisien dibandingkan kondisi *existing*. Rangkaian selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah operator serta biaya operator pada tata letak usulan.

Alur penanganan bahan produksi DDNP dan PETN pada tata letak usulan tetap mengikuti prosedur *existing* sebagai bagian dari protokol keselamatan penanganan bahan peledak primer yang sensitif terhadap panas, gesekan, dan tekanan. Setiap tahapan, mulai dari pemindahan material hingga distribusi ke unit selanjutnya, mengikuti urutan teknis dan instruksi kerja untuk meminimalkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, perancangan tata letak usulan tetap memperhatikan aspek keselamatan, termasuk pembagian zona dan jarak aman antar bangunan sesuai standar operasional yang berlaku. Penerapan prosedur yang konsisten ini menjadi prioritas utama agar efisiensi tata letak tidak mengorbankan tingkat keamanan operasional. Kemudian hasil perhitungan jumlah dan biaya operator usulan dapat dilihat pada Lampiran 17.

Pada Lampiran 17 selain aspek rangkaian proses atau total frekuensi, terdapat aspek sumber daya manusia mencakup jumlah dan biaya operator yang juga tidak mengalami perubahan pada tata letak usulan. Jumlah tenaga kerja sebanyak empat orang dinilai telah optimal berdasarkan evaluasi beban kerja, sehingga mampu mendukung seluruh aktivitas operasional secara efektif tanpa menimbulkan kelelahan berlebih. Dengan tidak adanya perubahan jumlah operator, perancangan tata letak usulan berhasil meningkatkan produktivitas tanpa menambah beban biaya tenaga kerja. Dengan demikian, biaya operasional untuk upah operator pada tata letak usulan tetap sama dengan kondisi *existing*. Hal tersebut semakin menegaskan bahwa perbaikan tata letak memberikan nilai tambah yang signifikan dari sisi efisiensi operasional.

Perubahan susunan pada tata letak memberikan dampak juga terhadap jarak perpindahan material sehingga menghasilkan alur proses yang lebih efisien dibandingkan kondisi tata letak *existing*. Penurunan jarak ini tidak hanya mengurangi waktu tempuh operator, tetapi juga menurunkan intensitas penggunaan alat material handling. Dengan posisi ruangan yang lebih terintegrasi, perpindahan material antar tahapan menjadi lebih dekat dan efisien, kemudian juga dapat mengurangi kelelahan operator produksi. Langkah selanjutnya yaitu mengidentifikasi perubahan jarak dan penggunaan alat *material handling* pada alur produksi tata letak usulan.

Penggunaan alat *material handling* pada tata letak usulan tidak mengalami perubahan dibandingkan dengan tata letak *existing*, yaitu tetap menggunakan *Tray*, *Trolley*, dan *Vessel*. Hal ini dikarenakan alat-alat tersebut telah dirancang khusus untuk menangani bahan sensitif seperti DDNP dan PETN, dengan material anti statis, roda konduktif, serta desain yang memenuhi standar keselamatan industri bahan peledak. Hal tersebut bertujuan mencegah percikan api, gesekan berlebih, dan risiko ledakan saat produksi. Namun, perubahan susunan tata letak juga berhasil mengurangi jarak tempuh pada beberapa alur perpindahan *material handling* sehingga total jarak tempuh dapat menjadi lebih kecil. Rincian perubahan jarak dan penggunaan alat *material handling* pada tata letak usulan dapat dilihat pada Lampiran 18.



Hasil identifikasi perubahan jarak dan penggunaan alat *material handling* tersebut, selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Ongkos *Material Handling* (OMH) pada tata letak usulan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan Ongkos *Material Handling* (OMH) pada tata letak usulan sebagai biaya yang timbul akibat perbedaannya jarak aktivitas perpindahan material antar area kerja. Rincian perhitungan OMH tersebut disajikan pada Tabel 26.

Tabel 27 Ongkos *material handling* (OMH) usulan

Keterangan	Alur Proses Produksi DDNP				Alur Proses Produksi PETN		
	Trolley DDNP	Vessel DDNP	Tray DDNP	Trolley PETN	Trolley Drying PETN	Vessel PETN	Tray PETN
Nama Alat							
Harga Alat	Rp7.000.000	Rp20.000.000	Rp1.000.000	Rp5.000.000	Rp15.000.000	Rp20.000.000	Rp1.000.000
Masa Efektif (Bulan)	84	240	420	72	142	240	71
Frekuensi/Hari	8 Kali	8 Kali	48 Kali	3 Kali	8 Kali	3 Kali	8 Kali
Total Jarak Tempuh/Hari	272 Meter	272 Meter	96 Meter	96 Meter	189 Meter	96 Meter	189 Meter
Biaya Penyusutan /Bulan	Rp83.333	Rp83.333	Rp2.381	Rp69.444	Rp105.634	Rp83.333	Rp14.085
Biaya Maintenance /Bulan	Rp50.000	Rp5.000	Rp700	Rp50.000	Rp63.000	Rp5.000	Rp4.200
Kebutuhan Alat	1	100	24	2	2	56	20
Jumlah	Rp133.333	Rp8.833.333	Rp73.000	Rp238.889	Rp337.268	Rp4.946.667	Rp365.690
Total /Bulan				Rp14.929.123			

Implementasi tata letak usulan pada Tabel 26 menunjukkan penurunan Ongkos *Material Handling* (OMH) seiring dengan berkurangnya jarak perpindahan material dalam proses produksi. Penurunan ini terlihat pada beberapa komponen biaya alat penanganan bahan, seperti *tray* DDNP yang semula sebesar Rp520.000/bulan pada kondisi *existing* menjadi Rp73.943/bulan pada tata letak usulan. Hal serupa juga terjadi pada *trolley drying* PETN, yang mengalami penurunan biaya dari Rp400.000/bulan menjadi Rp337.268/bulan, kemudian terjadi juga pada *tray* PETN yang sebelumnya Rp433.333/bulan menjadi Rp365.690/bulan. Secara keseluruhan, total Ongkos *Material Handling* (OMH) menurun dari Rp15.505.556/bulan menjadi Rp14.929.123/bulan, sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp576.433/bulan.

Berdasarkan perhitungan biaya operator, kebutuhan tenaga kerja pada tata letak usulan tetap dipertahankan sebanyak 4 orang, yang terdiri dari 2 operator untuk alur DDNP dan 2 operator untuk alur PETN. Jumlah ini tidak mengalami perubahan dari kondisi *existing* karena beban kerja dinilai telah optimal dalam mendukung proses produksi. Dengan upah sebesar Rp250.000 per operator per hari, total biaya tenaga kerja bulanan tetap sebesar Rp22.000.000. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi pada tata letak usulan difokuskan pada pengoptimalan alur kerja tanpa mengurangi jumlah tenaga kerja. Komponen biaya tenaga kerja tersebut selanjutnya digabungkan dengan biaya *material handling* untuk memperoleh total biaya operasional pada tata letak usulan.

Tabel 28 Total perhitungan biaya tata letak usulan

Biaya <i>Material Handling</i> /Bulan	Biaya Operator/Bulan	Total/Bulan
Rp14.929.123	Rp22.000.000	Rp36.929.123

Sebagai kesimpulan dari analisis biaya penanganan bahan, disajikan rekapitulasi pada Tabel 27, tabel yang menggabungkan Ongkos *Material Handling* (OMH) dan biaya operator. Pada tata letak usulan, total biaya operasional yang terdiri dari OMH sebesar Rp14.929.123 dan biaya operator sebesar Rp22.000.000 menghasilkan akumulasi biaya sebesar Rp36.929.123 per bulan. Hasil ini menunjukkan bahwa penataan ulang tata letak fasilitas mampu meningkatkan efisiensi operasional, baik dari sisi waktu dan jarak perpindahan material maupun dari aspek biaya operasional secara keseluruhan.

4.5 Perbandingan Efisiensi Tata Letak *Existing* dan Usulan

Pada bagian ini dilakukan analisis perbandingan antara tata letak *existing* dan tata letak usulan berdasarkan parameter efisiensi yang telah ditentukan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat peningkatan efektivitas operasional pada Unit Preparasi, khususnya dalam aspek waktu siklus, jarak tempuh, dan biaya penanganan material. Ketiga parameter tersebut dipilih karena secara langsung mencerminkan kinerja perpindahan material dan efisiensi proses produksi pada Unit Preparasi.

Data pada kondisi *existing* dibandingkan dengan hasil tata letak usulan untuk mengetahui tingkat peningkatan kinerja yang dihasilkan. Hasil perbandingan tersebut menjadi dasar dalam menilai keunggulan tata letak usulan terhadap sistem operasional keseluruhan. Rekapitulasi hasil efisiensi disajikan pada Tabel 28. Melalui hasil perbandingan tersebut, dapat diketahui sejauh mana rancangan tata letak usulan mampu memberikan perbaikan terhadap kondisi operasional sebelumnya. Hasil tersebut juga menjadi dasar dalam efektivitas penerapan tata letak usulan pada Unit Preparasi.

Tabel 29 Hasil perbandingan efisiensi tata letak *existing* dan usulan

Parameter Evaluasi	Satuan	Tata Letak <i>Existing</i>	Tata Letak Usulan	Rumus Perhitungan Efisiensi	Efisiensi (%)
Jarak Tempuh Produksi Operator	Meter	1225	678	$(1225 - 678) / 1225 \times 100$	44,65
<i>Cycle Time</i> <i>Material Handling</i>	Detik	2525	1335	$(2525 - 1335) / 2525 \times 100$	47,13
Frekuensi/Hari	Kali	70	70	$(70 - 70) / 70 \times 100$	0,00
Kebutuhan Operator	Orang	4	4	$(4 - 4) / 4 \times 100$	0,00
Biaya Operator Produksi/Bulan	Rupiah	Rp22.000.000	Rp22.000.000	$(Rp22.000.000 - Rp22.000.000) / Rp22.000.000 \times 100$	0,00
Ongkos <i>Material Handling</i> /Bulan	Rupiah	Rp15.505.556	Rp14.929.123	$(Rp15.505.556 - Rp14.929.123) / Rp15.505.556 \times 100$	3,72

Berdasarkan hasil perbandingan Tabel 28, terlihat adanya peningkatan efisiensi pada beberapa parameter operasional utama. Jarak alur proses operator

secara akumulatif mengalami penurunan dari 1225 m menjadi 678 m, dengan tingkat efisiensi sebesar 44,65%. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa perbaikan tata letak mampu mempersingkat lintasan perpindahan operator sehingga meningkatkan efisiensi aliran proses produksi. Selain itu, pengurangan jarak perpindahan juga berpotensi mengurangi kelelahan operator selama menjalankan aktivitas produksi.

Efisiensi paling menonjol terjadi pada waktu siklus (*cycle time*), yang berhasil ditekan dari 2.525 detik menjadi 1.335 detik, sehingga menghasilkan efisiensi sebesar 47,13%. Penurunan ini menunjukkan bahwa alur perpindahan pada tata letak usulan menjadi lebih efektif dan mampu mengurangi waktu tidak produktif (*idle time*). Hal ini berdampak langsung pada peningkatan produktivitas operator karena waktu yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk kegiatan produksi yang lebih bernilai. Dengan waktu siklus yang lebih singkat, proses produksi juga menjadi lebih lancar dan responsif terhadap kebutuhan operasional.

Sementara itu, parameter frekuensi kerja, jumlah operator, dan biaya operator bulanan tidak mengalami perubahan, dengan nilai efisiensi sebesar 0,00%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan tenaga kerja tetap optimal dan sesuai dengan standar operasional yang berlaku di Unit Preparasi itu sendiri. Di sisi lain, Ongkos *Material Handling* (OMH) mengalami penurunan dari Rp15.505.556 menjadi Rp14.929.123, atau sebesar 3,72%, yang dipengaruhi oleh perbaikan alur perpindahan material sehingga mempersingkat jarak tempuh operator dalam proses produksi. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa tata letak usulan mampu meningkatkan efisiensi operasional, terutama yang paling terlihat pada aspek jarak operasional dan juga waktu perpindahan, sehingga mampu mendukung peningkatan produktivitas pada Unit Preparasi Pabrik *Elemented Detonator*.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai perancangan tata letak fasilitas di Unit Preparasi, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

- a. Kondisi operasional pada tata letak *existing* Unit Preparasi di Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana menunjukkan adanya inefisiensi yang cukup signifikan pada alur perpindahan material. Berdasarkan perhitungan berbasis koordinat yang telah dilakukan, total jarak tempuh operator untuk menyelesaikan satu siklus alur produksi DDNP dan PETN adalah sejauh 1225 meter dengan total waktu siklus (*cycle time*) sebesar 2.525 detik. Selain itu, besarnya Ongkos *Material Handling* (OMH) pada kondisi tata letak *existing* mencapai Rp15.505.556/bulan, yang dipicu oleh pola pergerakan material yang tidak efisien serta tata letak fasilitas yang belum optimal antar stasiun kerja sehingga menyebabkan pemborosan waktu dan tenaga operator.
- b. Rancangan tata letak usulan berhasil disusun dengan mendekatkan departemen atau ruang yang memiliki hubungan aktivitas tinggi guna meminimalkan lintasan perpindahan material antar area. Dalam rancangan ini, alur proses produksi tetap dipertahankan sesuai standar keamanan industri bahan peledak yang berlaku, namun dengan penempatan posisi ruangan yang lebih terintegrasi, optimal, dan sesuai dengan prioritas kedekatan antar aktivitas. Hal ini memungkinkan setiap pergerakan material, mulai dari ruangan *Wet DDNP/PETN Storage* hingga ruangan *DDNP/PETN Temporary Storage*, berjalan lebih linier, efisien, dan terstruktur tanpa mengubah prosedur proses produksi yang sudah ada serta tanpa mengubah jumlah operator yang sudah ideal yaitu sebanyak 4 orang.
- c. Penerapan tata letak usulan terbukti meningkatkan efisiensi operasional produksi secara signifikan pada Unit Preparasi di Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa jarak tempuh berhasil dipangkas drastis menjadi 678 meter (efisiensi 44,65%), kemudian dampak yang paling masif juga terlihat pada waktu siklus (*cycle time*) yang berkurang menjadi 1.335 detik dengan tingkat efisiensi mencapai 47,13%. Dari sisi finansial, optimalisasi ini berhasil menurunkan biaya penanganan material atau OMH menjadi Rp14.929.123/bulan, sehingga perusahaan dapat melakukan penghematan biaya operasional sebesar Rp576.433 atau sama dengan 3,72% tingkat efisiensi setiap bulannya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut saran yang ditujukan kepada Pabrik *Elemented Detonator* PT Dahana sebagai perusahaan tempat penelitian dilaksanakan:

- a. Perusahaan diharapkan dapat mempertimbangkan implementasi rancangan tata letak usulan secara bertahap, dimulai dari ruangan yang paling mudah dipindahkan, guna merealisasikan potensi peningkatan efisiensi waktu produksi sebesar 47,13% atau setara dengan pengurangan *cycle time* dari 2.525 detik menjadi 1.335 detik per siklus produksi. Selain itu, penerapan tata letak usulan juga terbukti mampu mempersingkat jarak tempuh operator sebesar 44,65%

dengan efisiensi pengurangan dari 1.225 meter menjadi 678 meter, sehingga aliran material menjadi lebih efisien dan terstruktur sesuai urutan proses produksi DDNP maupun PETN.

- b. Perusahaan disarankan untuk melakukan evaluasi rutin terhadap kondisi alat *material handling* seperti *trolley*, *vessel*, dan *tray* guna memastikan keamanan operasional sekaligus menjaga efisiensi biaya *maintenance*, mengingat material yang ditangani bersifat sensitif terhadap panas, gesekan, dan tekanan. Berdasarkan hasil penelitian, total Ongkos Material Handling (OMH) pada tata letak usulan berhasil dikurangi menjadi Rp14.929.123/bulan dari yang sebelumnya Rp15.505.556/bulan, sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp576.433 per bulan. Penghematan ini hanya dapat dipertahankan secara berkelanjutan apabila kondisi seluruh alat penanganan bahan tetap terjaga dengan baik melalui pemeliharaan yang konsisten.
- c. Perusahaan disarankan untuk meninjau ulang SOP perpindahan material mengikuti tata letak usulan yang baru, guna memastikan efisiensi yang dirancang apakah dapat berjalan dengan optimal sesuai standar keselamatan yang berlaku. Meskipun prosedur frekuensi perpindahan (70 kali) dan jumlah operator (4 orang) tidak mengalami perubahan, pembaruan SOP diperlukan agar setiap pergerakan material dari ruangan *Wet DDNP/PETN Storage* hingga ruangan DDNP/PETN *Temporary Storage Room* dapat mengikuti alur yang lebih terintegrasi, tanpa mengabaikan protokol keselamatan industri bahan peledak primer yang telah ditetapkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia F, Manurung AH, Anggraeni M, Nasution NM, Husyari KA, Ainun TN. 2024. Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Melalui *Metode Activity Relationship Chart* (ARC) Dan *Activity Relationship Diagram* (ARD) (Studi Kasus UKM Tahu Baso Miwiti). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*. 3(2):171-180. doi:10.55826/tmit.v3i2.315.
- Arawinda AN, Shafwa M, Siallagan TC, Jilani I. 2024. Perancangan Ulang Tata Letak Laris Mart dengan Pendekatan *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Total Closeness Rating* (TCR). *Jurnal Sains Student Research*. 2(3):231–236.
- Arianty N. 2013. Analisis Perbedaan Pasar Modern dan Pasar Tradisional Ditinjau dari Strategi Tata Letak (Lay Out) dan Kualitas Pelayanan untuk Meningkatkan Posisi Tawar Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*. 13(1):18–29.
- Della AR, Khaliza J, Labibah LAA, Maulana HZ, Husyairi KA. 2024. Analisis Tata Letak Fasilitas Gerai Daging PT Berdikari Melalui Metode *Activity Relationship Chart* (ARC) dan *Total Closeness Rating* (TCR). *Master: Jurnal Manajemen Dan Bisnis Terapan*. 4(2):185-194. doi:https://doi.org/10.30595/jmbt.v4i2.24963.
- Hartari E, Herwanto D. 2021. Perancangan Tata Letak Stasiun Kerja dengan Menggunakan Metode *Systematic Layout Planning*. *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*. 5(2):118–125. doi:https://doi.org/10.35194/jmtsi.v5i2.1480.
- Jamalludin, Fauzi A, Ramadhan H. 2020. Metode *Activity Relationship Chart* (ARC) untuk Analisis Perancangan Tata Letak Fasilitas pada Bengkel Nusantara Depok. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*. 1(2):20–22.
- Kurniawan M, Pramesti RN. 2019. Analisis Penanganan Bahan (*Material Handling*) Produk Teh Di Pt Perkebunan Nusantara Xii Kebun Teh Wonosari Dengan Menggunakan *Material Handling General Analysis Procedure*. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*. 14(1):45–52.
- Pratiwi I, Muslimah E, Aqil AW. 2012. Perancangan Tata Letak Fasilitas Di Industri Tahu Menggunakan BLOCPAN. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*. 11(2):102-112. doi:https://doi.org/10.23917/jiti.v11i2.772.
- Rahmawan A, Ma'rifat TN, Azka ABF. 2021. Efisiensi Proses Produksi Melalui Analisis Downtime Pada Proses Packaging (Studi Kasus: Cargill Indonesia Plant). *Agroindustrial Technology Journal*. 4(2):157–166. doi:https://doi.org/10.21111/atj.v4i2.5044.
- Saffanah S, Imran RA, Sibarani AA. 2023. Usulan Perancangan Tata Letak Lantai Produksi dengan Metode SLP Dan Blocplan pada Produk *Cutting Steel Pipe* di CV. ABC di Cileungsi. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*. 8(2):17-27.
- Setiawan HS, Octavia T, Jaya SS. 2016. Perbandingan *Product Layout* dan *Process Layout* dalam Perbaikan Tata Letak PT. Almicos Pratama dengan Metode Simulasi. *Jurnal Tirta*. 4(1):33-38.
- Siregar D, Yasid A. 2018. Analisis Peningkatan Kapasitas Produksi Pada Proses Pembuatan Frame Motor KLX dengan Metode Line Balancing Di PT.KMI. *Jurnal MATRIK*. 19(1):37–48. doi:https://doi.org/10.30587/matrik.v19i1.580.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Supriyadi E, Srikandi SA. 2023. Penerapan Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Terhadap Ongkos *Material Handling* (OMH): *Systematic Literature Review*. *Jurnal Tecnoscienza*. 7(2):237–251. doi:10.51158/tecnoscienza.v7i2.917.

Wahyudi R, Garamba RRN, Nugraha AT. 2024. Evaluasi Tata Letak Fasilitas Menggunakan Metode *Systematic Layout Planning* di PT Lambang Jaya. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering (JIME)*. 8(1):66-77. doi: 10.31289/jime.v8i1.10618.

Wibawanto AAA, Choiri M, Eunike A. 2014. Perancangan Tata Letak Fasilitas Produksi Pestisida II dengan Metode *Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP)* untuk Meminimasi *Material Handling* (Studi Kasus: PT. Petrokimia Kayaku Gresik). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 2(4):871–883.

@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.