

Optimasasi Tata Letak Fasilitas Workshop Mesin dengan Metode Activity Relationship Chart (Arc) untuk Efisiensi Operasional

AH Saptomo^{1*}

¹Universitas Dharma Andalas

*Corresponding email: aishahafizasaptomo@gmail.com

Abstrak: Keterbatasan luas area serta tingginya tingkat risiko operasional di workshop mesin memerlukan penataan fasilitas yang efisien, ergonomis, dan mengutamakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan tata letak fasilitas pada laboratorium Teknik Mesin berukuran 96 m² (8m × 12m) menggunakan metode Activity Relationship Chart (ARC). Analisis dilakukan terhadap keterkaitan kualitatif antar 5 fasilitas utama yang menampung 16 unit peralatan laboratorium. Hasil perhitungan awal dengan menerapkan nilai allowance 150%–200% menghasilkan total kebutuhan luas area sebesar 122,76 m², yang melebihi kapasitas fisik lahan yang tersedia. Untuk mengatasi kendala spasial tersebut, dilakukan iterasi penyesuaian allowance dengan tetap mempertahankan kelonggaran area praktikum sebesar 150%–200% (71,56 m²) demi kriteria keselamatan kerja dan sirkulasi mesin, serta mengefisienkan allowance fasilitas administrasi dan diskusi. Sebagai solusi spasial, Area Material Bahan (6,40 m²) dialihkan untuk memanfaatkan area teras workshop, sehingga mereduksi kebutuhan area indoor menjadi 94,54 m² (di bawah batas 96 m²). Transformasi rancangan ke dalam Activity Allocation Diagram (AAD) menghasilkan tata letak fasilitas yang presisi, aman, dan efisien untuk mendukung kelancaran operasional laboratorium.

Kata kunci: Tata Letak Fasilitas, Activity Relationship Chart (ARC), Activity Allocation Diagram (AAD), Efisiensi Spasial

Abstract: Spatial constraints and high operational risks in a machine workshop necessitate an efficient, ergonomic facility layout that prioritizes Occupational Health and Safety (OHS). This study aims to optimize the facility layout of a Mechanical Engineering laboratory measuring 96 m² (8m × 12m) using the Activity Relationship Chart (ARC) method. The research analyzes qualitative relationships among 5 main facility zones accommodating 16 primary laboratory equipment items. Initial spatial calculations applying a 150%–200% allowance yielded a total required area of 122.76 m², exceeding the available physical capacity. To resolve this spatial constraint, an allowance readjustment iteration was conducted. The allowance for the practicum area was maintained at 150%–200% (71.56 m²) to uphold machine safety standards and operator circulation, while allowances for administrative and discussion areas were streamlined. As a final spatial solution, the Raw Material Area (6.40 m²) was relocated to utilize the workshop terrace, successfully reducing the indoor space requirement to 94.54 m² (below the 96 m² limit). Transforming the final design into an Activity Allocation Diagram (AAD) provided a precise, safe, and optimal facility layout to support operational efficiency.

Keywords: Facility Layout, Activity Relationship Chart (ARC), Activity Allocation Diagram (AAD), Spatial Efficiency

PENDAHULUAN

Integrasi sistem operasional yang andal, efisien, dan aman di lingkungan manufaktur maupun edukasi memerlukan konfigurasi perancangan tata letak fasilitas yang sesuai dengan kriteria teknis standar [1]. Seiring dengan berkembangnya sistem manufaktur modern, paradigma penataan fasilitas telah mengalami pergeseran signifikan; fokus yang sebelumnya hanya berorientasi pada kelancaran alur fisik kini berkembang menjadi sistem terintegrasi yang memadukan keandalan operasional, Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan (K3L), efisiensi energi, serta keberlanjutan lingkungan [2]. Penerapan sistem fasilitas terintegrasi ini menjadi sangat krusial untuk diimplementasikan pada area produktif, baik di rantai produksi industri maupun pada laboratorium perguruan tinggi—khususnya pada program studi Teknik Mesin yang memiliki intensitas operasional tinggi.

Sebagai fasilitas dengan tingkat risiko kerja yang tinggi (*high-risk environment*), laboratorium Teknik Mesin memerlukan pendekatan penataan berbasis keselamatan yang tidak hanya mengedepankan aspek fungsionalitas ruang, tetapi juga mengintegrasikan faktor perlindungan kerja secara ketat [3, 4]. Proses pembelajaran pada program studi ini mencakup kegiatan teori ilmiah hingga aplikasi praktis yang kompleks, seperti proses pembentukan, pemotongan logam, perlakuan panas (*heat treatment*), penyambungan/pengelasan, serta

manufaktur peralatan mesin [5]. Kompleksitas ini semakin meningkat oleh tingginya interaksi serentak antara operator mesin dan kelompok mahasiswa pengamat (*observers*) dalam ruang terbatas. Tanpa ketersediaan area bebas (*clearance zone*) dan alokasi ruang akademis yang terstruktur, kepadatan di area kerja berpotensi memicu bahaya ergonomi serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja secara signifikan.

Pengaturan tata letak ruang yang efektif harus mampu menyelaraskan penempatan mesin-mesin berat seperti mesin bubut berukuran besar dan mesin frais dengan batas-batas area keselamatan yang telah ditetapkan guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja [6]. Di sisi lain, kedekatan posisi antara meja kerja operator dan area perakitan (*assembly area*) memegang peranan penting dalam mengurangi waktu tunggu logistik internal serta menjaga kelancaran alur kerja (*smooth workflow*) [7]. Guna menjamin standar keselamatan yang tinggi, penataan lantai laboratorium wajib mengadopsi standar internasional seperti ISO 45001 tentang Sistem Manajemen K3 dan ISO 12100 tentang Keselamatan Mesin [8], [9]. Secara khusus, operasional mesin bubut yang menghasilkan gaya dinamis tinggi memerlukan integrasi pondasi cor beton (*concrete rigid foundation*) untuk meredam getaran, menjaga tingkat presisi pemesinan, serta mencegah kerusakan struktural pada lantai laboratorium [10].

Kondisi riil yang menjadi objek kajian dalam penelitian ini adalah sebuah fasilitas *workshop* dengan ketersediaan ruang terbatas berukuran 12m × 8m (total luas area 96 m²). Di dalam keterbatasan *footprint* fisik tersebut, fasilitas dituntut untuk mampu mengakomodasi empat fungsi ruangan utama secara fleksibel dan ergonomis.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada tiga ranah utama perancangan tata letak laboratorium Teknik Mesin. Pertama, penelitian ini mengkaji strategi perancangan konfigurasi fasilitas pada area terbatas seluas 96 m² guna mengoptimalkan tingkat keterkaitan fungsional antar-ruang berbasis matriks *Activity Relationship Chart* (ARC). Kedua, formulasi iterasi sistem penataan fasilitas dilakukan dengan mengintegrasikan kebutuhan ruang akademis bagi praktikan dan mahasiswa pengamat (*observers*), penerapan standar keselamatan kerja ISO 45001 dan ISO 12100, serta penyediaan struktur fondasi peredam getaran mesin.

Dengan adanya pemaparan seperti yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan denah usulan penataan laboratorium Teknik Mesin yang mampu mengintegrasikan seluruh peralatan, bahan baku, dan area kerja secara sistematis; meminimalkan potensi bahaya dan kecelakaan kerja melalui penerapan *clearance zone* K3, isolasi getaran mesin berat, serta ketersediaan ruang gerak yang teratur; dan menyusun jalur evakuasi bencana serta tata letak fasilitas keselamatan yang memenuhi standar aksesibilitas cepat dalam kondisi darurat.

Dengan itu, penelitian ini dapat memberikan acuan pengembangan sistem integrasi penataan fasilitas yang memadukan aspek keandalan operasional dan mitigasi bencana di lingkungan pendidikan tinggi, serta menjadi acuan teknis bagi pengelola laboratorium dalam menata ulang fasilitas fisik yang aman, ramah lingkungan, dan tanggap terhadap risiko bencana.

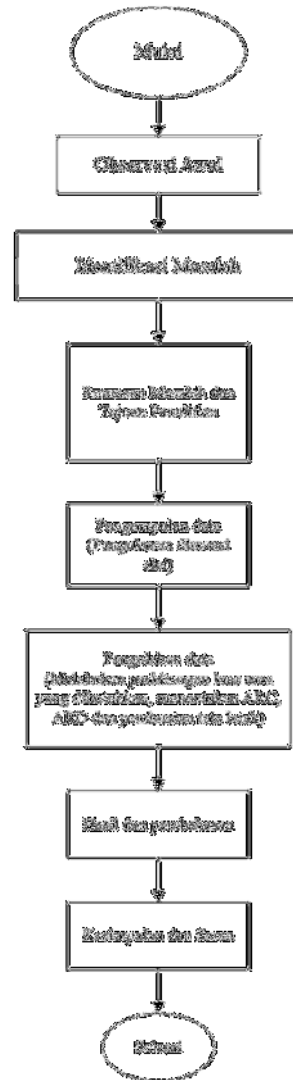
METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode studi pustaka untuk menentukan *gap* penelitian, observasi langsung untuk melihat keadaan pada bengkel, serta metode kuantitatif untuk melakukan pengukuran serta sarana yang terdapat pada bengkel. Penelitian diterapkan dengan merencanakan tata letak untuk meningkatkan produktivitas serta mempermudah alur informasi saat pelaksanaan praktikum.

Prosedur pelaksanaan penelitian mengacu kepada beberapa tahapan teoritis yang perlu dilakukan, yaitu [11]: mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang telah didefinisikan sebagai fasilitas-fasilitas pabrik agar dapat dianalisis menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC); melakukan analisis berdasarkan ARC, di mana pada pembuatan ARC terdapat alasan-alasan

yang dapat dijadikan dasar apakah fasilitas-fasilitas tersebut perlu didekatkan atau harus diletakkan secara berjauhan; memasukkan hasil penilaian yang didapatkan melalui ARC ke dalam *worksheet* yang nantinya menjadi acuan dalam pembuatan *block template* fasilitas yang dirancang tata letaknya; menyusun *Activity Relationship Diagram* (ARD) berdasarkan tingkat hubungannya; menyiapkan area *template* berdasarkan kebutuhan luas lantai setiap fasilitas; dan terakhir, membuat *Area Allocation Diagram* sebagai tata letak akhir dari rancangannya.

Pada penelitian ini, keputusan-keputusan yang diambil dalam menentukan konsep rancangan tata letak terbaik dilakukan berdasarkan tahapan penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya. Alur penelitian dalam penetapan tata letak ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan pengukuran langsung terhadap dimensi fisik seluruh fasilitas serta peralatan utama yang berada di laboratorium. Berdasarkan hasil

inventarisasi yang disajikan pada Tabel 1, diidentifikasi sebanyak 16 jenis peralatan dengan total luas area statis (*footprint*) sebesar 28,25 m² (atau 28,2457 m²).

Tabel 1. Rekapitulasi Inventaris Saat Ini

No	Nama Alat	p (m)	l (m)	A (m ²)
1	Lemari	0,92	0,46	0,4232
2	Mesin Bubut	2,2	1,32	2,904
3	CNC Laser Cutting	1,45	0,97	1,4065
4	Plasma Cutting	2,5	4,5	11,25
5	Mesin Press (Frais)	1,5	1	1,5
6	Rak	1,8	0,6	1,08
7	Rak Panjang	4,1	0,82	3,362
8	Bending Plat	1,2	1	1,2
9	Meja Dapur	0,5	0,5	0,25
10	Meja Dapur	0,5	0,5	0,25
11	Mengupas	1,1	0,5	0,55
12	Alat Ukur	1	1	1
13	Alat Ukur	1	1	1
14	Meja	0,5	0,5	0,25
15	Bending Plat	1	1	1
16	Meja	0,5	0,5	0,25
Total				28,25

Berdasarkan hasil observasi dan pengukuran langsung terhadap 16 item peralatan utama di laboratorium (Tabel 1), total luas statis bersih yang dibutuhkan seluruh inventaris adalah sebesar 28,25 m². Komponen alat dengan *footprint* terbesar terdiri dari *Plasma Cutting* (11,25 m²), Rak Panjang (3,36 m²), dan Mesin Bubut (2,9 m²). Data fisik ini menjadi dasar penentuan batas minimum zona pemesinan/praktik (A_{mesin}) sebelum ditambahkan persentase kelonggaran (*allowance*) untuk pergerakan operator dan ruang aman.

B. Penyusunan Activity Relationship Chart (ARC) Fasilitas Laboratorium

Dalam merancang tata letak (*layout*) fasilitas laboratorium yang efisien dan ergonomis, penentuan posisi antarruangan tidak dapat dilakukan secara acak. Perencanaan tata letak perlu mempertimbangkan tingkat keterkaitan aktivitas, efisiensi aliran kerja, serta kenyamanan dan keselamatan lingkungan kerja. Salah satu metode kualitatif yang digunakan untuk menganalisis dan merencanakan tingkat kedekatan antarfasilitas adalah *Activity Relationship Chart* (ARC) atau Peta Hubungan Kerja.

Penyusunan ARC bertujuan untuk mengevaluasi seberapa penting suatu fasilitas diletakkan berdekatan atau berjauhan dengan fasilitas lainnya. Penilaian ini didasarkan pada dua komponen utama. Pertama, hubungan ditentukan berdasarkan derajat hubungan keterkaitan (kode keterangan) yang menggambarkan tingkat kepentingan kedekatan antarruang, disimbolkan dengan huruf A (*Mutlak Perlu Berdekatan*), E (*Sangat Penting Berdekatan*), I (*Penting Berdekatan*), O (*Tidak Masalah/Biasa*), U (*Perlu Berjauhan*), dan X (*Mutlak Berjauhan*). Kode ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Keterangan Kode Tingkat Kepentingan

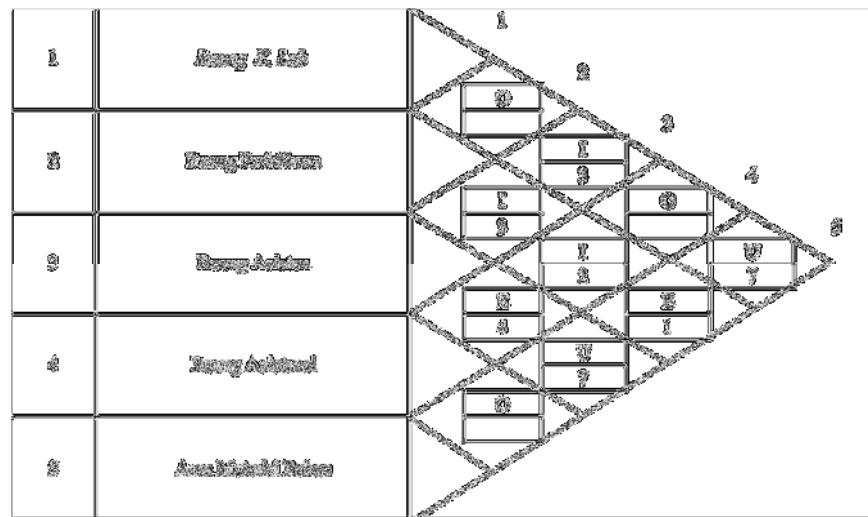
Kode	Keterangan
A	Mutlak Perlu Berdekatan
E	Sangat Penting Berdekatan
I	Penting Berdekatan
O	Tidak Masalah
U	Perlu Berjauhan
X	Mutlak Berjauhan

Selain itu, perlu diketahui alasan penentuan hubungan (kode alasan) yang mengidentifikasi pertimbangan spesifik yang mendasari pemberian kode derajat kedekatan tersebut. Pertimbangan ini mencakup urutan aliran bahan, aliran informasi, kesamaan fungsi/area, intensitas dokumen dan personalia, fasilitas penunjang, hingga faktor lingkungan seperti tingkat kebisingan dan debu. Kode alasan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kode Alasan Penentuan Hubungan Antar Ruang

Kode	Alasan
1	Urutan aliran bahan
2	Mebutuhkan area yang sama
3	Urutan aliran informasi
4	Mebutuhkan area yang sama
5	Intensitas hubungan dokumen dan personalia yang sama
6	Fasilitas Penunjang Kegiatan
7	Debu dan bising

Analisis ini mencakup lima fasilitas utama di laboratorium, yaitu Ruang Kepala Laboratorium, Ruang Praktikum, Ruang Asisten, Ruang Asistensi, dan Area Material Bahan. Melalui pendekatan ARC, setiap pasangan ruang dievaluasi secara komprehensif agar tata letak yang diusulkan kelak mampu meminimalkan jarak perpindahan bahan, memperlancar koordinasi, serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan kondusif.



Gambar 2. Activity Relationship Chart

Dalam perancangannya, terdapat beberapa ruang yang dinilai sangat penting hingga penting untuk berdekatan berdasarkan kombinasi alasan teknis dan operasional. Ruang Asisten dan Ruang Asistensi dikategorikan sangat penting berdekatan (Kode E) karena membutuhkan area yang sama (Alasan 4) untuk menunjang kelancaran alur koordinasi. Pada saat yang sama, Ruang Asistensi diprioritaskan berdekatan dengan Area Material Bahan (Kode E) berlandaskan urutan aliran bahan (Alasan 1) guna mempermudah peragaan materi. Di sisi lain, kelancaran

aliran informasi (Alasan 3) menjadi pertimbangan utama pentingnya kedekatan (Kode I) antara Ruang Kepala Laboratorium dengan Ruang Asisten, serta antara Ruang Praktikum dengan Ruang Asisten. Adapun Ruang Praktikum dan Area Material Bahan juga perlu berdekatan (Kode I) karena efisiensi pergerakan barang serta kebutuhan area yang sama (Alasan 2). Sebaliknya, untuk hubungan antarruang bernilai biasa/tidak masalah (Kode O) seperti Ruang K. Lab dengan Ruang Praktikum maupun Ruang Asistensi, kedekatannya tidak dipengaruhi oleh alasan teknis yang mendesak.

Sementara itu, untuk hubungan antarruang yang perlu dijauhkan (Kode U), pertimbangan dasarnya tidak hanya berpatokan pada satu faktor melainkan kombinasi dari beberapa alasan kenyamanan dan keselamatan lingkungan kerja. Penempatan Ruang Kepala Laboratorium terhadap Area Material Bahan perlu dijauhkan (Kode U) guna menghindari paparan debu dan bising (Alasan 7) akibat aktivitas penyiapan material, sekaligus menjaga intensitas hubungan dokumen dan personalia (Alasan 5) agar kegiatan administratif Kepala Lab tetap berjalan tenang tanpa gangguan lalu lalang material. Hal serupa berlaku pada hubungan antara Ruang Praktikum dan Ruang Asistensi yang dikategorikan perlu dijauhkan (Kode U); keputusan ini didasari oleh potensi gangguan debu dan bising (Alasan 7) dari proses praktikum, pertimbangan pemisahan fasilitas penunjang kegiatan (Alasan 6), serta upaya menjaga intensitas hubungan dokumen dan personalia (Alasan 5) agar proses diskusi pembelajaran di ruang asistensi tidak terdistraksi oleh aktivitas fisik di ruang praktikum. Detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Worksheet Terisi

No	Fasilitas	Tingkat Hubungan					
		A	E	I	O	U	X
1	Ruang Kepala Lab			1	2,4	5	
2	Ruang Praktikum		3	1,4	1		
3	Ruang Asisten			1,2,4		5	
4	Ruang Asistensi			2,3	1,3		
5	Area Material Bahan		2		4	1,3	

Seluruh pertimbangan naratif ini menjadi acuan dasar dalam merancang tata letak usulan (*layout*) laboratorium yang ergonomis, efisien, dan aman. Matriks derajat keterkaitan hubungan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan *block template* untuk penataan tata letak usulan (*layout*) fasilitas laboratorium yang optimal.

C. Pembuatan Block Template

Pembuatan *Block Template* dilakukan untuk merealisasikan hasil pemetaan hubungan keterkaitan antarfasilitas laboratorium ke dalam bentuk tata letak ruang awal. Setiap blok mewakili satu ruangan yang memuat informasi nomor kode, nama fasilitas, serta rekapitulasi tingkat hubungan kedekatan (A, E, I, O, U, X) dan nomor fasilitas penunjang yang mendasari hubungan tersebut.

Berdasarkan struktur *Block Template* yang dirancang, Ruang Kepala Laboratorium (Blok 1) ditempatkan di posisi atas untuk menjamin ketenangan aktivitas administratif. Ruang ini memiliki hubungan biasa (Kode O) terhadap fasilitas 2 dan 4 yang didasari pertimbangan alasan 2 dan 4, hubungan yang perlu dijauhkan (Kode U) terhadap fasilitas 5 dengan alasan 5 terkait intensitas dokumen dan personalia, serta hubungan penting (Kode I) terhadap fasilitas 3 berlandaskan alasan 3 tentang aliran informasi. Berdampingan di bagian atas, Ruang Praktikum (Blok 2) memiliki hubungan biasa (Kode O) terhadap fasilitas 1 berdasarkan alasan 1 mengenai aliran bahan, hubungan yang perlu dijauhkan (Kode U) terhadap fasilitas 5, serta hubungan penting (Kode I) terhadap fasilitas 3 dan 4 yang didasari alasan 3 dan 4.

Selanjutnya pada posisi tengah, Ruang Asisten (Blok 3) diletakkan secara strategis untuk mempermudah aksesibilitas. Ruang ini memiliki hubungan sangat penting (Kode E) terhadap

fasilitas 5, hubungan biasa (Kode O) terhadap fasilitas 4 berdasarkan alasan 4, hubungan yang perlu dijauhkan (Kode U) terhadap fasilitas 5 dengan alasan 5, serta hubungan penting (Kode I) terhadap fasilitas 1, 2, dan 4 berdasarkan pertimbangan alasan 1, 2, dan 4. Berada tepat di sebelah Ruang Asisten, Ruang Asistensi (Blok 4) memiliki hubungan sangat penting (Kode E) terhadap fasilitas 5, hubungan biasa (Kode O) terhadap fasilitas 1 dan 5 berlandaskan alasan 1 dan 5, serta hubungan penting (Kode I) terhadap fasilitas 2 dan 3 yang didasari pertimbangan alasan 2 dan 3.

Terakhir, Area Material Bahan (Blok 5) diposisikan di bagian bawah guna menunjang penerimaan dan pengolahan material secara efisien. Area ini memiliki tingkat hubungan sangat penting (Kode E) terhadap fasilitas 2 berlandaskan alasan 2 mengenai kebutuhan area yang sama, hubungan biasa (Kode O) terhadap fasilitas 4 berdasarkan alasan 4, serta hubungan yang perlu dijauhkan (Kode U) terhadap fasilitas 1 dan 3 berdasarkan pertimbangan alasan 1 dan 3. Visualisasi *Block Template* ini memastikan seluruh batasan alur kerja, kebutuhan koordinasi, dan kenyamanan lingkungan kerja telah terintegrasi secara proporsional sebelum melangkah ke tahap perancangan tata letak selanjutnya, yaitu pembuatan *Activity Relationship Diagram* (ARD) berdasarkan *block layout*.

A-	O- 2, 4	X-	A-	O- 1	X-
1 Ruang K. Lab			2 Ruang praktikum		
E-	U- 5	I- 3	E- 5	U-	I- 3, 4
A-	O-	X-	A-	O- 1, 5	X-
3 Ruang Asisten			4 Ruang Asistensi		
E-	U- 5	I- 1, 2, 4	E-	U-	I- 2, 3
A-	O- 4	X-			
5 Area Material & bahan					
E- 2	U- 1,3	I-			

Gambar 3. Pembuatan Block Template

D. Penyusunan Block Layout Berdasarkan ARD

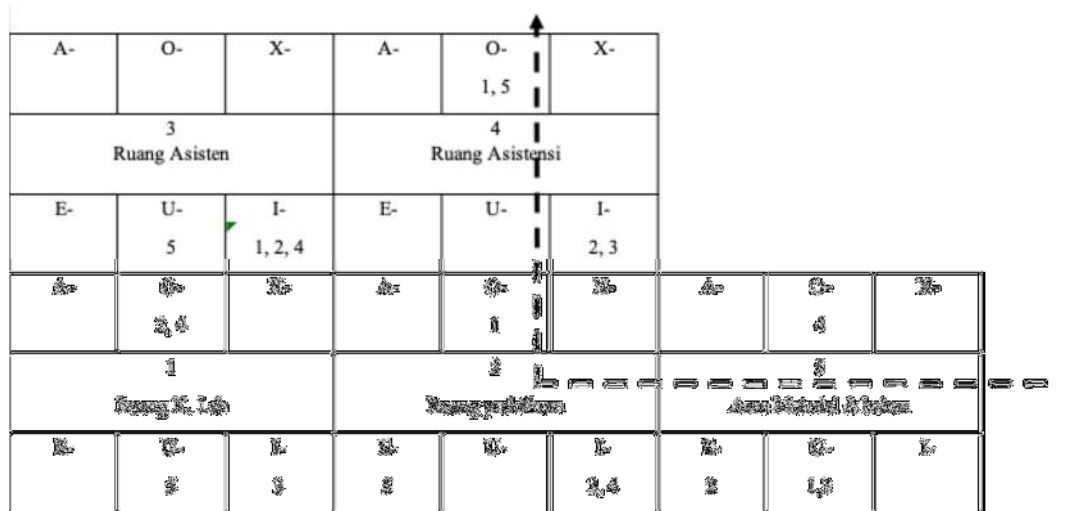
Tahap selanjutnya adalah penyusunan *Block Layout* berdasarkan *Activity Relationship Diagram* (ARD) untuk menyesuaikan tata letak fasilitas sesuai keterkaitan alur kerja dan tingkat kedekatan optimal. Berbeda dengan *block template* awal, pada susunan *block layout* ini dilakukan penyesuaian posisi relatif fasilitas dengan menyertakan alur perpindahan utama (ditunjukkan oleh garis putus-putus berarah).

Berdasarkan rancangan *Block Layout* pada Gambar 4, posisi fasilitas disesuaikan menjadi dua tingkatan utama:

1. Baris Atas (Area Administratif & Diskusi): Menempatkan Ruang Asisten (Blok 3) dan Ruang Asistensi (Blok 4) secara berdampingan untuk mendukung efisiensi koordinasi dan aliran informasi antar-personil.

2. Baris Bawah (Area Operasional & Material): Menempatkan Ruang K. Lab (Blok 1), Ruang Praktikum (Blok 2), serta Area Material & Bahan (Blok 5) secara sejajar. Posisi Area Material & Bahan (Blok 5) diletakkan di sisi paling luar untuk mempermudah akses masuk-keluar bahan serta meminimalkan gangguan debu dan bising terhadap Ruang K. Lab (Blok 1) maupun Ruang Asisten (Blok 3).

Garis panah putus-putus menggambarkan alur pergerakan utama dari Area Material & Bahan (Blok 5) menuju Ruang Praktikum (Blok 2), yang kemudian berlanjut ke area Ruang Asistensi (Blok 4). Penataan ini memastikan aliran kerja berlangsung searah, meminimalkan jarak perpindahan, serta menjaga kenyamanan aktivitas di setiap ruangan.



Gambar 4. Block Layout Menggunakan ARD

E. Menentukan Luas Ruangan yang Diperlukan

Penentuan total luas area yang dibutuhkan dalam perancangan tata letak laboratorium dilakukan dengan mempertimbangkan luas statis fasilitas serta persentase kelonggaran (*allowance*). Dalam perhitungan awal, kelonggaran yang diterapkan berkisar antara 150%–200%. Besaran *allowance* ini dipilih dengan pertimbangan utama untuk memberikan ruang gerak yang sangat leluasa guna mendukung fleksibilitas, kenyamanan, serta kelancaran seluruh aktivitas studi dan praktikum di dalam laboratorium. Untuk perhitungan luas lantai digunakan persamaan berikut:

$$A = (p \times allowance) \times (l \times allowance)$$

Tabel 5. Perhitungan Kebutuhan Luas Ruang K. Lab

Ruang K. Lab									
No	Fasilitas	Ukuran			Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas Lantai
		p(m)	l(m)	t(m)			p(m)	l(m)	
1	Meja Kerja	1,5	0,70	0,75	1	150%	2,250	1,050	2,363
2	Kursi Kerja	0,46	0,57	1,1	1	150%	0,690	0,855	0,590
3	Lemari	0,457	0,183	0,915	1	150%	0,686	0,275	0,188
4	Tong Sampah	0,3	0,3	0,4	1	150%	0,450	0,450	0,203
Total Luas Lantai		2,717	1,75	3,17					3,34

Tabel 6. Perhitungan Kebutuhan Luas Ruang Asistensi

Ruang Asistensi									
No	Fasilitas	Ukuran			Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas
		p(m)	l(m)	t(m)			p(m)	l(m)	
1	Kursi belajar	0,43	0,73	0,77	25	150%	0,645	1,095	17,66
2	Papan Tulis	2,4	0,10	1,2	1	150%	3,600	0,150	0,54
3	Tong Sampah	0,3	0,3	0,4	1	150%	0,450	0,450	0,20
Total Luas Lantai		3,13	1,13	2,37	27				18,40

Tabel 7. Perhitungan Kebutuhan Luas Ruang Praktikum

Ruangan Praktikum									
No	Fasilitas	Ukuran			Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas
		p(m)	l(m)	t(m)			p(m)	l(m)	
1	Mesin Bubut	2,2	1,32	-	1	200%	4,4	2,64	11,616
2	CNC Laser Cutting	1,45	0,97	-	1	150%	2,175	1,455	3,16463
3	Plasma Cutting	2,5	4,5	-	1	170%	4,25	7,65	32,5125
4	Mesin Press (Frais)	1,5	1	-	1	200%	3	2	6
5	Bending Plat	1,2	1	-	1	200%	2,4	2	4,8
6	Gerinda Duduk	0,5	0,5	-	1	170%	0,85	0,85	0,7225
7	Bor duduk	0,5	0,5	-	1	180%	0,9	0,9	0,81
8	Kompresor	1,1	0,8	-	1	150%	1,65	1,2	1,98
9	Alat uji Impak	1	1	-	1	170%	1,7	1,7	2,89
10	Alat uji Heat treatment	1	1	-	1	200%	2	2	4
11	Tungku	0,5	0,5	-	1	180%	0,9	0,9	0,81
12	Bending Pipa	1	1	-	1	150%	1,5	1,5	2,25
Total Luas Lantai		14,45	14,09	0	12				71,56

Tabel 8. Perhitungan Kebutuhan Luas Ruang Asisten

Ruang Asisten									
No	Fasilitas	Ukuran			Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas
		p(m)	l(m)	t(m)			p(m)	l(m)	
1	Meja	2,5	1,00	0,75	5	150%	3,750	1,500	28,125
2	Kursi	0,7	0,6	1,2	10	150%	1,050	0,900	0,945
3	Lemari	0,457	0,183	0,915	1	150%	0,686	0,275	0,188
4	Tong Sampah	0,3	0,3	0,4	1	150%	0,450	0,450	0,203
Total Luas Lantai		3,957	2,08	3,26					29,46

Tabel 9. Perhitungan Kebutuhan Luas Area Material Bahan

Area Material Bahan									
No	Fasilitas	Ukuran			Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas
		p(m)	l(m)	t(m)			p(m)	l(m)	
1	Rak	1,8	0,6	-	1	150%	2,7	0,9	2,43
2	Rak Penyimpan	4,1	0,82	-	1	150%	6,15	1,23	7,5645
Total Luas Lantai		4,1	0,82	0,00					9,99

Berdasarkan hasil perhitungan luas area (Tabel 5 hingga Tabel 9) dengan menerapkan persentase *allowance* sebesar 150%–200%, diperoleh total kebutuhan luas lantai untuk masing-masing ruangan sebagai berikut:

1. Ruang K. Lab: membutuhkan total luas lantai sebesar 3,34 m² yang mencakup fasilitas meja kerja, kursi kerja, lemari, dan tong sampah dengan *allowance* seragam sebesar 150%.
2. Ruang Asistensi: membutuhkan total luas lantai sebesar 18,40 m² untuk menampung 25 unit kursi belajar, papan tulis, serta tong sampah dengan *allowance* 150%.
3. Ruangan Praktikum: membutuhkan total luas lantai terbesar, yaitu 71,56 m² untuk 12 unit peralatan/mesin utama dengan variasi *allowance* antara 150%–200% sesuai kebutuhan area kerja dan aspek keselamatan mesin.

4. Ruang Asisten: membutuhkan total luas lantai sebesar 29,46 m² untuk menampung meja, kursi, lemari, dan tong sampah dengan *allowance* sebesar 150%.

Akumulasi kebutuhan luas area dari seluruh ruangan tersebut menghasilkan total kebutuhan area laboratorium sebesar 122,76 m² (3,34 m² + 18,40 m² + 71,56 m² + 29,46 m²). Namun, kebutuhan luas area ini ternyata melebihi kapasitas total ruang fisik laboratorium yang tersedia secara aktual. Kondisi keterbatasan lahan tersebut menyebabkan usulan tata letak tidak memungkinkan untuk diterapkan secara langsung. Oleh karena itu, tingkat kelonggaran (*allowance*) yang digunakan perlu ditinjau dan disesuaikan kembali (*readjustment*). Evaluasi ulang persentase *allowance* dilakukan agar didapatkan alokasi luas ruangan yang lebih realistis dan efisien, tanpa mengabaikan faktor keselamatan kerja (*safety*) serta kelancaran sirkulasi pergerakan operator maupun praktikan di dalam laboratorium.

F. Penyesuaian Allowance dan Alokasi Luas Area

Proses penyesuaian *allowance* (kelonggaran area) dilakukan sebagai langkah rasionalisasi untuk menyelaraskan antara kebutuhan luas fasilitas dengan kapasitas fisik lahan yang tersedia secara aktual, yaitu sebesar 96 m² (8m × 12m). Pada perhitungan awal dengan nilai *allowance* berkisar 150%–200%, total area yang dibutuhkan mencapai 122,76 m², sehingga melebihi batas lahan yang ada. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan ulang (iterasi) dengan meninjau kembali persentase kelonggaran pada beberapa fasilitas berdasarkan tingkat risiko keselamatan kerja dan intensitas pergerakan aktivitasnya. Secara teknis, penyesuaian kelonggaran area ini didasarkan pada pertimbangan kriteria keselamatan kerja (*safety principle*), ergonomi, serta karakteristik operasional masing-masing ruang:

1. Ruang Praktikum (dipertahankan pada 150%–200%): nilai *allowance* pada area praktikum tidak mengalami pengurangan dan tetap dipertahankan pada kisaran 150%–200% (menghasilkan total luas 71,56 m²). Penetapan kelonggaran yang tinggi pada area ini bersifat krusial untuk mengakomodasi ruang pemeliharaan mesin, jalur evakuasi keselamatan, ruang gerak bebas operator, serta meminimalkan risiko kecelakaan kerja akibat jarak antarruang mesin yang terlalu rapat.

2. Ruang K. Lab dan Ruang Asistensi (d disesuaikan menjadi 100%): persentase *allowance* pada kedua ruangan ini disesuaikan menjadi 100%, sehingga menghasilkan kebutuhan luas lantai masing-masing sebesar 1,49 m² dan 8,18 m². Dasar pertimbangan ilmiah penyesuaian ini adalah karakteristik aktivitas pada kedua ruang tersebut yang bersifat statis (penulisan, diskusi, dan administrasi) serta memiliki tingkat risiko kerja yang sangat rendah. Efisiensi dilakukan dengan memanfaatkan tata letak furnitur yang lebih padat tanpa mengganggu kenyamanan interaksi pengguna, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Perhitungan Penyesuaian Ruang K. Lab

Ruang K. Lab								
No	Fasilitas	Ukuran		Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas Lantai (m ²)
		p(m)	l(m)			p(m)	l(m)	
1	Meja Kerja	1,5	0,70	1	100%	1,500	0,700	1,050
2	Kursi Kerja	0,46	0,57	1	100%	0,460	0,570	0,262
3	Lemari	0,457	0,183	1	100%	0,457	0,183	0,084
4	Tong Sampah	0,3	0,3	1	100%	0,300	0,300	0,090
Total Luas Lantai		2,717	1,75					1,49

Tabel 11. Perhitungan Penyesuaian Ruang Asistensi

Ruang Asistensi								
No	Fasilitas	Ukuran		Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas Lantai
		p(m)	l(m)			p(m)	l(m)	
1	Kursi belajar	0,43	0,73	25	100%	0,430	0,730	7,85
2	Papan Tulis	2,4	0,10	1	100%	2,400	0,100	0,24
3	Tong Sampah	0,3	0,3	1	100%	0,300	0,300	0,09
Total Luas Lantai		3,13	1,13	27				8,18

3. Ruang Asisten (disesuaikan menjadi 100%–150%): fasilitas meja dan kursi disesuaikan dengan *allowance* 100%, sedangkan lemari penyimpanan dan fasilitas kebersihan tetap diberikan *allowance* 150%, sehingga membutuhkan total luas sebesar 13,31 m². Kombinasi ini diterapkan karena aktivitas kerja meja asisten tergolong statis, sementara fasilitas penyimpanan memerlukan kelonggaran akses buka-tutup pintu lemari dan penataan dokumen, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan Penyesuaian Ruang Asisten

Ruang Asisten								
No	Fasilitas	Ukuran		Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas Lantai
		p(m)	l(m)			p(m)	l(m)	
1	Meja	2,5	1,00	5	100%	2,500	1,000	12,500
2	Kursi	0,7	0,6	10	100%	0,700	0,600	0,420
3	Lemari	0,457	0,183	1	150%	0,686	0,275	0,188
4	Tong Sampah	0,3	0,3	1	150%	0,450	0,450	0,203
Total Luas Lantai		3,957	2,08					13,31

4. Area Material Bahan (disesuaikan menjadi 120%): persentase *allowance* pada rak dan rak penyimpanan disesuaikan menjadi 120% (menghasilkan total luas 6,40 m²). Pengurangan dari angka awal (150%) menjadi 120% dilakukan karena fasilitas penampung bahan baku umumnya tersusun secara vertikal (rak bertingkat). Angka 120% dinilai sebagai batas optimal yang tetap memberikan ruang gerak memadai untuk pemindahan barang (*material handling*) dan manuver pengangkatan bahan baku tanpa memakan luas lantai secara berlebihan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan Penyesuaian Area Material Bahan

Area Material Bahan								
No	Fasilitas	Ukuran		Jumlah	Allowance	Kebutuhan Luas Lantai		Total Luas Lantai
		p(m)	l(m)			p(m)	l(m)	
1	Rak	1,8	0,6	1	120%	2,16	0,72	1,5552
2	Rak Penyimpan	4,1	0,82	1	120%	4,92	0,984	4,84128
Total Luas Lantai		4,1	0,82					6,40

Berdasarkan hasil iterasi penyesuaian *allowance* tersebut, akumulasi kebutuhan luas lantai laboratorium secara keseluruhan berhasil diefisienkan menjadi 100,94 m² (1,49 m² + 8,18 m² + 71,56 m² + 13,31 m² + 6,40 m²). Meskipun akumulasi luas dalam ruangan utama ini masih sedikit melampaui dimensi baku 96 m², penyesuaian ini telah memangkas selisih luas area secara signifikan.

Apabila dalam integrasi tata letak fisik akhir seluruh ruangan tetap tidak memungkinkan untuk disatukan dalam satu gedung utama, maka sebagai alternatif solusi spasial, Area Material Bahan (6,40 m²) akan dipindahkan dan memanfaatkan area teras *workshop* (luar ruangan utama). Pengalihan area material bahan ke teras *workshop* ini tidak hanya menyelesaikan kendala keterbatasan luas lantai indoor menjadi 94,54 m² (di bawah batas 96 m²), tetapi juga mempermudah proses bongkar-muat bahan baku serta meminimalkan paparan debu material di dalam ruang utama laboratorium.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perancangan tata letak (*layout*) fasilitas laboratorium yang telah dilakukan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan memetakan kebutuhan fisik serta hubungan keterkaitan antarfasilitas secara optimal. Tahap awal inventarisasi mencatat sebanyak 16 unit peralatan utama dengan total luas area statis sebesar 28,25 m². Melalui analisis *Activity Relationship Chart* (ARC) terhadap 5 fasilitas utama, diperoleh pemetaan derajat kedekatan yang menempatkan area kerja berdampingan berdasarkan efisiensi aliran bahan dan informasi, seperti Ruang Asisten dan Ruang Asistensi. Sebaliknya, area administrasi seperti Ruang Kepala Laboratorium dipisahkan dari fasilitas yang berpotensi menimbulkan gangguan kebisingan dan debu, seperti Area Material Bahan.

Dalam proses evaluasi kebutuhan luas area, perhitungan awal dengan persentase *allowance* 150%–200% menghasilkan total kebutuhan area sebesar 122,76 m², yang ternyata melebihi luas lahan fisik laboratorium yang tersedia secara aktual, yaitu 96 m² (8m × 12m). Untuk mengatasi keterbatasan lahan tersebut, dilakukan iterasi penyesuaian *allowance* secara rasional dan ilmiah. Nilai *allowance* pada Ruangan Praktikum dipertahankan pada kisaran 150%–200% (71,56 m²) guna menjamin kriteria keselamatan kerja (K3), ketersediaan ruang pemeliharaan mesin, serta kemudahan sirkulasi pergerakan operator. Sementara itu, efisiensi dilakukan pada fasilitas dengan sikap kerja statis seperti Ruang K. Lab, Ruang Asistensi, dan Ruang Asisten dengan mengoptimalkan *allowance* pada rentang 100%–150%, serta menyesuaikan (*shrink*) *allowance* Area Material Bahan menjadi 120% (6,40 m²).

Sebagai solusi spasial atas keterbatasan luas bangunan utama, dilakukan keputusan untuk memindahkan Area Material Bahan (6,40 m²) agar memanfaatkan area teras *workshop* di luar bangunan utama. Pengalihan ini berhasil mereduksi akumulasi kebutuhan luas area di dalam gedung utama menjadi 94,54 m², yang secara efektif memenuhi batas maksimal kapasitas lahan yang tersedia (96 m²). Seluruh hasil perancangan ini kemudian ditransformasikan ke dalam *Activity Allocation Diagram* (AAD) sebagai acuan visualisasi tata letak akhir yang efisien, aman, dan kondusif bagi seluruh aktivitas laboratorium.

Berdasarkan hasil perancangan tata letak fasilitas laboratorium yang telah disusun, implementasi fisik di lapangan disarankan untuk melengkapi aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta kedisiplinan operasional. Pengelola laboratorium perlu menandai jalur evakuasi secara jelas pada lantai yang mengarah langsung ke pintu keluar darurat, serta menempatkan fasilitas tanggap darurat seperti Alat Pemadam Api Ringan (APAR) dan kotak P3K pada titik-titik strategis yang mudah dijangkau di sekitar area praktikum dan material. Selain itu, penerapan pengecatan lantai (*floor marking*) berbasis kode warna keselamatan industri disarankan untuk mempertegas batas fungsi area, seperti warna kuning untuk jalur sirkulasi pejalan kaki, hijau untuk area kerja dan penyimpanan aman, merah untuk penempatan peralatan darurat, serta garis penanda bahaya (*hazard*) hitam-kuning di sekeliling mesin berisiko tinggi. Untuk menjaga keberlanjutan kerapian dan kebersihan lingkungan kerja, konsep 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin) hendaknya diterapkan secara konsisten melalui pemilahan peralatan, penataan rak penyimpanan berlabel, pembersihan rutin pascapraktikum, dan penyusunan standar operasional prosedur (SOP) yang wajib dipatuhi oleh seluruh praktikan maupun asisten.

Sementara itu, untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, disarankan agar perancangan tata letak ini dikembangkan menggunakan pendekatan simulasi komputer (seperti perangkat lunak FlexSim, Promodel, atau Arena) guna menguji alur pergerakan bahan dan potensi penumpukan antrean (*bottleneck*) secara dinamis. Penelitian mendatang juga dapat melengkapi analisis dengan perhitungan kuantitatif mengenai Ongkos Angkut Bahan (OAB) atau *Material Handling Cost* untuk mengukur tingkat efisiensi biaya perpindahan material secara lebih presisi. Di samping itu, pengintegrasian evaluasi ergonomi fisik—seperti pencahayaan, tingkat kebisingan aktual, penilaian postur kerja operator (RULA/REBA)—serta studi evaluasi pasca-huni (*post-occupancy evaluation*) setelah tata letak diimplementasikan

secara fisik dinilai sangat perlu dilakukan agar diperoleh rancangan laboratorium yang tidak hanya efisien secara spasial, tetapi juga unggul dalam mendukung performa kerja dan keselamatan pengguna secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- M. P. Stephens, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling* (6th ed.), West Lafayette: Purdue University Press, 2019.
- T. J. A., W. J. A., B. Y. A. dan T. J. M. A., *Facilities Planning*, 4th ed, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2010.
- B. S. de Almeida Calixto dan A. O. Michaloski, "Assessment of Occupational Risk Using Multi-Criteria Fuzzy AHP Methodology in a University Laboratory," *Sustainability*, vol. 17, no. 6, artikel 2715, 2025.
- H. E. Alpha, N. J. Ibeh, E. B. Ochekwu dan T. E. Amakoromo, "A Review on Optimizing Laboratory Layouts for Enhanced Workflow and Safety," *Researchers Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 79–91, 2025.
- D. R. Sule, *Manufacturing Facilities Location, Planning, and Design*, Third Edition, Boca Raton: CRC Press, 2008.
- S. S. Heragu, *Facilities Design* (4th ed.), CRC Press, 2018.
- A. Ekayuliana, F. M. Dewadi, M. N. Mustofa, N. D. Yuningsih dan N. T. Mulyani, "Literature Review: Facility Layout Optimization and Safety Management in Manufacturing Workshop," *Jurnal JADI (Jurnal Teknik Industri)*, vol. 1, no. 3, pp. 82–86, 2025.
- International Organization for Standardization, *Occupational Health and Safety Management Systems — Requirements with Guidance for Use* (ISO Standard No. 45001:2018), 2018.
- International Organization for Standardization, *Safety of Machinery — General Principles for Design — Risk Assessment and Risk Reduction* (ISO Standard No. 12100:2012), 2012.
- Tarwaka, *Ergonomi Industri: Dasar-dasar Ergonomi dan Implementasi di Tempat Kerja*, Harapan Press, 2015.
- H. RA dan H. Setiawan, *Tata Letak Pabrik*, Yogyakarta: Andi Yogyakarta, 2008.
- H. Sakata, P. Dobrovoczki, D. Tsutsumi dan A. Kovács, "Production System Configuration and Layout Planning for Efficient Manufacturing System Design: An Industrial Case Study," *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 66, pp. 56–69, 2026.
- F. Febriani, "Systematic Layout Planning to Improve Facility Layout in Small and Medium Food Enterprise," *Southeast Asian Business Review*, vol. 2, no. 2, 2024.