



INTEGRASI BLOCPAN DAN VERIFIKASI SPASIAL UNTUK EVALUASI KELAYAKAN ALTERNATIF SITE LAYOUT PROYEK KONSTRUKSI

Budi Utami Ningsih^{1*}, Syahrudin², Lusiana³

^{1,2,3} Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura

¹uutamigsh@gmail.com

Abstract

Automated models for construction site layout planning generally rely on heuristic algorithms to generate proximity-based facility configurations. However, these topological models often ignore physical obstacles, resulting in site layouts that are mathematically optimal but practically unfeasible. This study evaluates the constructability of heuristic outputs through a hybrid framework with AutoCAD-based geometric verification. Applied to the highly congested Phase II Construction Project of the Kharitas Bhakti Hospital Building in Pontianak, the algorithm generated 20 site layout alternatives for 17 facilities based on the ARC matrix. Verification was conducted to detect spatial clashes against site boundaries, collisions with structural elements, and overlaps among facilities. The spatial verification results revealed that 60% of the site layout alternatives (12 out of 20 layouts) were invalid due to geometric discrepancies, primarily caused by the extreme dimensions of the Steel Storage 1 facility (22 meters in length). Verification results indicate that overlapping conflicts constitute the most prevalent type, affecting 9 alternatives (60%), whereas boundary constraints and obstacle constraints were each found in 3 alternatives (20%). The eight alternatives validated as feasible for implementation were then evaluated based on the inherent layout scores generated by BLOCPAN. Alternative 13 was identified as the most optimal layout, successfully achieving the highest score of 0.56 while satisfying all existing physical constraints. These findings emphasize the importance of aligning theoretical algorithmic outputs with practical field implementation.

Keywords: Site Layout, BLOCPAN, Spatial Verification

Article History

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative Commons
Attribution-
NonCommercial 4.0
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**Abstrak**

Model otomasi perencanaan site layout konstruksi umumnya bergantung pada algoritma heuristik untuk membangkitkan konfigurasi fasilitas berbasis kedekatan. Namun, model topologis ini kerap mengabaikan rintangan (obstacle) fisik, sehingga menghasilkan site layout yang optimal secara matematis namun tidak dapat digunakan di lapangan. Penelitian ini mengevaluasi kelayakan konstruksi dari keluaran heuristik melalui kerangka hibrida yang mengintegrasikan algoritma generatif BLOCPLAN dengan memverifikasi geometris berbasis AutoCAD. Dalam penerapannya pada Proyek Pembangunan Tahap II Gedung Rumah Sakit Kharitas Bhakti Pontianak yang sangat padat, algoritma menghasilkan 20 alternatif site layout untuk 17 fasilitas berdasarkan matriks ARC. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui adanya benturan spasial terhadap batas lahan, tabrakan elemen struktural, dan tumpang tindih antar fasilitas. Hasil verifikasi spasial menunjukkan bahwa 60% alternatif site layout (12 dari 20 tata letak) tidak valid karena adanya ketidaksesuaian geometris, yang terutama disebabkan oleh dimensi ekstrem fasilitas Penyimpanan Besi 1 (panjang 22 meter). Hasil verifikasi menunjukkan bahwa konflik overlapping merupakan jenis konflik terbesar yaitu pada 9 alternatif (60%), sedangkan boundary constraint dan obstacle constraint masing-masing ditemukan pada 3 alternatif (20%). Delapan alternatif yang telah dinyatakan valid dan dianggap layak untuk diaplikasikan kemudian dievaluasi berdasarkan layout score yang diberikan BLOCPLAN. Alternatif 13 diidentifikasi sebagai tata letak paling optimal, berhasil memperoleh skor tertinggi 0,56 dengan tetap memenuhi semua batasan fisik yang ada. Temuan ini menegaskan pentingnya menyesuaikan output algoritma teoritis dan penerapannya di lapangan.

Kata Kunci: Site Layout, BLOCPLAN, Verifikasi Spasial

1. PENDAHULUAN

Construction site layout planning (CSLP) atau perencanaan tata letak tapak konstruksi merupakan salah satu tahapan manajerial terpenting yang menentukan kesuksesan operasional [1]. Proses ini melibatkan penentuan jenis, ukuran, serta alokasi penempatan fasilitas sementara (gudang, direksi *keet*, area penyimpanan, area fabrikasi) di lokasi proyek [2],[3],[4]. CSLP juga menjadi tantangan dalam manajemen proyek konstruksi. Kontraktor dituntut untuk menempatkan berbagai fasilitas dalam lahan yang terbatas. Tata letak yang tidak terencana dengan baik, tidak hanya mengakibatkan peningkatan jarak tempuh dan waktu, tetapi juga memicu peningkatan terhadap potensi insiden keselamatan kerja akibat persilangan jalur logistik dengan zona bahaya fisik [2],[5].

Meskipun krusial, hingga saat ini CSLP di banyak proyek masih bergantung pada intuisi, kebiasaan, dan proses uji coba (*trial and error*) manual menanggapi hal tersebut [2],[4],[5], studi terkait model otomasi CSLP berbasis algoritma heuristik mulai banyak diusulkan, salah satunya adalah BLOCPLAN (*Block Layout Overview with Layout Planning*) [3],[6], [7], [8]. BLOCPLAN merupakan algoritma perancangan generatif yang handal dan transparan dalam



menyusun alternatif penataan blok fasilitas berbasis matriks kedekatan atau *Activity Relationship Chart* (ARC) [9],[10]. BLOCPLAN memiliki keunggulan dalam menghasilkan beberapa alternatif *layout* dalam waktu relatif singkat, terutama ketika jumlah fasilitas dan kemungkinan kombinasi penempatan cukup besar [11]. Dibandingkan dengan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) yang membutuhkan sumber daya komputasi masif dan pemodelan 3D yang sangat kompleks [12],[13], metode heuristik seperti BLOCPLAN memberikan kemudahan komputasi yang tinggi dan mudah diaplikasikan secara cepat oleh perencana lapangan [8].

Algoritma heuristik sangat efisien dalam mencari solusi optimasi, tetapi kelemahan mendasar dari keluaran BLOCPLAN konvensional adalah bentuknya yang masih berupa blok skematis tanpa mempertimbangkan rintangan fisik nyata (*obstacle*) [8], [14]. Tata letak yang diklaim “optimal” oleh perangkat lunak sering kali mustahil diterapkan di lapangan karena mengabaikan geometri aktual lahan, menabrak elemen struktural permanen seperti kolom bangunan, atau tumpang tindih akibat dimensi yang ekstrem [14], [15]. Oleh karena itu, alternatif yang dihasilkan oleh perangkat lunak tetap perlu diperiksa terhadap kondisi fisik aktual karena proses pembangkitan *layout* tidak selalu merepresentasikan seluruh batasan geometris yang terdapat di lapangan. Kesenjangan antara solusi matematis algoritma dan kelayakan konstruksi fisik inilah yang menjadi dasar tidak dapat diterapkannya banyak model optimasi di lapangan.

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk menghubungkan proses generasi *layout* berbasis heuristik dengan proses verifikasi spasial. Generasi *layout* digunakan untuk memperoleh berbagai kemungkinan konfigurasi fasilitas, sedangkan verifikasi spasial digunakan untuk menentukan apakah konfigurasi tersebut memenuhi batasan fisik dan geometris proyek [2]. Dalam penelitian ini, verifikasi spasial dilakukan dengan menggambar kembali alternatif *layout* hasil BLOCPLAN menggunakan *AutoCAD* berdasarkan dimensi fasilitas aktual di proyek. Selanjutnya, setiap alternatif diperiksa terhadap potensi tumpang tindih antar fasilitas, batas area, keberadaan elemen struktur (kolom, lift), serta ketersediaan ruang untuk pergerakan. Pendekatan tersebut penting, terutama pada proyek dengan lahan terbatas karena alternatif *layout* yang secara komputasional memenuhi hubungan kedekatan fasilitas belum tentu dapat diterapkan secara fisik di lapangan.

Studi kasus dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Tahap II Gedung Rumah Sakit Kharitas Bhakti Pontianak yang memiliki lahan terbatas dan berdampingan langsung dengan Gedung Tahap I setinggi 12 lantai yang telah beroperasi sebagai rumah sakit aktif. Tujuan penelitian ini yaitu, menghasilkan alternatif *site layout* menggunakan BLOCPLAN berdasarkan hubungan kedekatan fasilitas, mengidentifikasi ketidaksesuaian spasial pada alternatif yang dihasilkan BLOCPLAN menggunakan *AutoCAD*, dan mengevaluasi kelayakan alternatif *site layout* berdasarkan kondisi fisik aktual proyek. Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan pentingnya verifikasi spasial sebagai tahap lanjutan dalam penggunaan pendekatan heuristik untuk perencanaan *site layout* proyek konstruksi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Tahap II Gedung Rumah Sakit Kharitas Bhakti Pontianak, yang berlokasi di Jalan Siam No.153, Benua Melayu Darat, Kecamatan Pontianak Selatan, Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Proyek merupakan pembangunan gedung setinggi 12 lantai yang dilaksanakan bersebelahan dengan Gedung Tahap I yang telah selesai dan beroperasi sebagai rumah sakit aktif. Kondisi tersebut menyebabkan area yang tersedia untuk fasilitas konstruksi menjadi terbatas dan menjadi salah satu pertimbangan utama dalam penataan *site layout*. Adapun lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah *penataan* fasilitas sementara pada area *site* proyek dengan kondisi pekerjaan struktur lantai 6 sebagai kondisi acuan penelitian. Pekerjaan yang menjadi fokus meliputi pembesian dan bekisting, sedangkan pekerjaan pengecoran tidak termasuk dalam lingkup penelitian. Pemilihan lantai 6 didasarkan pada kondisi pekerjaan aktual saat pengumpulan data yaitu Februari 2026, ketika aktivitas pembesian dan bekisting berlangsung serta pergerakan pekerja dan material antar fasilitas cukup intensif.

2.2 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung melalui pengukuran, observasi, dan kuesioner di lokasi proyek. Sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen dan sumber pendukung lain, data sekunder yang mendukung pada penelitian ini meliputi gambar *site plan* dan gambar denah lantai, serta karya ilmiah dan literatur terdahulu yang relevan dengan *site layout*, BLOCPLAN, dan verifikasi spasial. Rincian jenis dan teknik pengumpulan data disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Jenis Data	Teknik	Instrumen	Output
Dimensi fasilitas	Pengukuran langsung di lapangan	Meteran	Panjang dan lebar setiap fasilitas (m)
Hubungan kedekatan fasilitas (ARC)	Kuesioner kepada pelaksana lapangan	Form ARC	Kode kedekatan A/E/I/O/U/X
Kondisi fisik dan geometrik tata letak	Observasi di lapangan dan dokumen gambar denah	Pengamatan visual & gambar denah	Gambar <i>site layout</i> kondisi eksisting

Data *Activity Relationship Chart* (ARC) diisi oleh pelaksana lapangan di proyek sebagai *key informant*, yaitu pihak yang memiliki kewenangan langsung dan pemahaman paling menyeluruh atas pengorganisasian tata letak di lapangan. Pemilihan responden dilakukan secara *purposive* (*purposive sampling*) dan bukan secara acak, karena informasi yang dibutuhkan bersifat spesifik-teknis dan hanya dapat diberikan secara valid oleh pihak yang terlibat langsung dalam pengelolaan proyek [16]. Pendekatan *key-informant* tunggal ini lazim digunakan dalam penerapan *Systematic Layout Planning* dan BLOCPLAN pada studi kasus proyek tunggal, dimana



ARC umumnya disusun bersama tim manajemen proyek yang bertanggung jawab atas perencanaan tapak.

2.3 Penyusunan *Activity Relationship Chart* (ARC)

Hubungan kedekatan antar fasilitas ditentukan menggunakan *Activity Relationship Chart* (ARC). ARC digunakan untuk menggambarkan tingkat kebutuhan kedekatan antar fasilitas berdekatan hubungan aktivitas selama pelaksanaan proyek. Muther dalam [17], menyatakan hubungan ini dalam kode huruf dan angka. Kode huruf menggambarkan nilai hubungan kedekatan antar aktivitas yang ada pada setiap departemen atau fasilitas yang disajikan pada Tabel 2, sedangkan kode angka menggambarkan alasan atau deskripsi yang mendukung hubungan kedekatan antar aktivitas tersebut yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai Hubungan Kedekatan

Kode	Kedekatan	Warna
A	Mutlak perlu berdekatan	Merah
E	Sangat penting berdekatan	Kuning
I	Penting	Hijau
O	Cukup penting	Biru
U	Tidak penting	Putih
X	Tidak diharapkan	Abu-abu

Tabel 3. Alasan Hubungan Kedekatan

Kode	Alasan
1	Menggunakan catatan yang sama
2	Menggunakan tenaga kerja yang sama
3	Menggunakan <i>space</i> area yang sama (berdekatan)
4	Derajat kontak personel sering dilakukan
5	Derajat kontak kertas kerja sering dilakukan
6	Urutan aliran kerja
7	Melaksanakan pekerjaan yang sama
8	Menggunakan peralatan yang sama
9	Bising, bau, kotor, getaran, dan sebagainya

2.4 Pembuatan Alternatif *Site Layout* dengan BLOCPLAN

Block Layout Overview with Layout Planning (BLOCPLAN) merupakan algoritma heuristik perancangan fasilitas yang dikembangkan oleh Donaghey dan Pire pada tahun 1991 untuk menghasilkan alternatif tata letak fasilitas (*site layout*) dalam bentuk blok berdasarkan data *Activity Relationship Chart* (ARC) dan luas fasilitas [17]. Data luas fasilitas dan matriks ARC kemudian diproses menggunakan *software* BPLAN.90 melalui tahapan berikut:

1. *Input* jumlah fasilitas, kode/nama fasilitas, dan luas setiap fasilitas
2. *Input* matriks hubungan kedekatan (*relationship chart*) hasil konversi ARC
3. Verifikasi kode dan skor *default* kedekatan yang secara otomatis memengaruhi skor tiap fasilitas
4. Penentuan rasio panjang-lebar (L/W) tata letak yang diinginkan
5. Penguncian posisi fasilitas *fixed* (*fixed depts*) agar tidak berpindah selama iterasi
6. Menjalankan algoritma pencarian otomatis (*automatic search*) yang menghasilkan sejumlah alternatif *block layout* beserta *layout score* masing-masing

Proses generasi menghasilkan maksimal 20 alternatif *site layout* yang menunjukkan konfigurasi posisi fasilitas berdasarkan hubungan kedekatan yang digunakan sebagai *input*.



2.5 Redrawing dan Verifikasi Spasial

Alternatif yang dihasilkan BLOCPLAN selanjutnya digambar kembali menggunakan *AutoCAD* dengan menggunakan dimensi fasilitas dan kondisi aktual proyek. Proses ini dilakukan agar setiap alternatif dapat diperiksa terhadap batasan fisik yang tidak sepenuhnya direpresentasikan pada proses generasi *layout*. Verifikasi spasial dilakukan dalam dua tahap eliminasi yaitu:

1. Verifikasi konsistensi fasilitas terkunci

Tahap awal ini bertujuan untuk mengeliminasi alternatif *layout* yang tidak memenuhi ketentuan penataan fasilitas bersifat *fixed* dan *stationary*. Meskipun posisi fasilitas tersebut telah dikunci sejak awal dalam BPLAN.90, dilakukan pengecekan ulang pada gambar kerja di *AutoCAD* untuk menjamin kesesuaian visual dengan kondisi aktual di lapangan. Alternatif *layout* yang dinyatakan tidak layak akan dieliminasi pada tahap ini.

2. Verifikasi kelayakan penempatan fasilitas *moveable*

Layout kandidat yang lolos eliminasi tahap pertama selanjutnya diuji kelayakan penataannya terhadap fasilitas *moveable*. Tahap ini berfungsi sebagai pemeriksaan akhir untuk mendeteksi pelanggaran spasial dan konflik fisik pada kondisi lapangan. Suatu alternatif *layout* dinyatakan tidak layak dan dieliminasi apabila memenuhi salah satu kondisi berikut:

a. *Boundary Constraint* (Batasan Lahan)

Fasilitas tidak boleh menjorok keluar atau melebihi garis pagar kepemilikan lahan proyek

b. *Obstacle Constraint* (Batasan Rintang)

Fasilitas tidak boleh diletakkan menabrak atau memotong elemen struktur permanen yang sudah terbangun, seperti kolom dan poros lift (*shaft*).

c. *Overlapping* (Tumpang Tindih)

Dimensi aktual fasilitas harus dapat tertampung di blok yang dialokasikan tanpa saling tumpang tindih (*overlap*) dengan fasilitas lain, serta tidak memblokir untuk jalur sirkulasi pekerja dan evakuasi.

Alternatif site layout yang melanggar sekurang-kurangnya satu dari ketiga batasan spasial di atas langsung dikategorikan sebagai invalid dan dieliminasi.

2.6 Penentuan *Site Layout* Optimal

Hasil alternatif *site layout* yang dinyatakan valid dan lolos verifikasi spasial *AutoCAD* akan dievaluasi lebih lanjut. Penentuan *site layout* terbaik dalam penelitian ini tidak menggunakan kriteria tambahan, melainkan murni pada *layout score* bawaan yang dihitung oleh algoritma BLOCPLAN. Alternatif valid yang memiliki *layout score* BPLAN.90 tertinggi ditetapkan sebagai *site layout* yang paling optimal, efisien secara fungsional, dan terbukti dapat digunakan di lapangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Klasifikasi dan Data Fasilitas

Berdasarkan hasil survei lapangan, teridentifikasi 20 fasilitas fisik di lokasi proyek yang diklasifikasikan menjadi fasilitas *fixed*, *stationary*, dan *moveable*. Fasilitas tetap (*fixed*) adalah fasilitas yang posisinya tetap yang telah ditentukan dalam site, seperti gedung yang akan dibangun [12], [18]. Fasilitas yang tidak dapat bergerak (*stationary*) adalah fasilitas sementara yang mana perencana perlu untuk menentukan posisi fasilitas tersebut hanya sekali seperti *tower crane* dan *batch plant* [12], [19]. Fasilitas ini tidak dianjurkan untuk diubah posisinya di lokasi proyek pada tahap konstruksi karena membutuhkan waktu, biaya dan/atau upaya yang signifikan dalam memindahkan posisinya [19]. Fasilitas yang dapat bergerak (*moveable*) adalah fasilitas konstruksi sementara yang dapat dipindahkan pada awal setiap tahap identifikasi proyek [3], [4], [12], [18]. Adapun data fasilitas disajikan pada Tabel 4.



Tabel 4. Data Dimensi, Luas, dan Klasifikasi Fasilitas

No	Kode	Fasilitas	Dimensi P×L (m)	Luas (m ²)	Klasifikasi Fasilitas
1	G	Gedung	26,15 × 18,23	476,58	<i>Fixed</i>
2	F1	Fabrikasi Besi 1	6,00 × 3,50	21,00	<i>Moveable</i>
3	F2	Fabrikasi Besi 2	7,00 × 2,40	16,80	<i>Moveable</i>
4	F3	Fabrikasi Bekisting	10,50 × 4,70	49,35	<i>Stationary</i>
5	F4	Penyimpanan Besi 1	22,00 × 2,00	44,00	<i>Moveable</i>
6	F5	Penyimpanan Besi 2	5,30 × 0,70	3,71	<i>Moveable</i>
7	F6	Penyimpanan Kayu 1	4,00 × 3,50	14,00	<i>Moveable</i>
8	F7	Penyimpanan Kayu 2	2,50 × 1,30	3,25	<i>Moveable</i>
9	F8	Penyimpanan Kayu 3	4,20 × 2,80	11,76	<i>Moveable</i>
10	F9	Penyimpanan Kayu 4	7,80 × 4,20	32,76	<i>Moveable</i>
11	F10	Penyimpanan Kayu 5	8,50 × 1,33	11,26	<i>Moveable</i>
12	F11	Penyimpanan <i>Scaffolding</i> 1	4,00 × 2,40	9,60	<i>Moveable</i>
13	F12	Penyimpanan <i>Scaffolding</i> 2	3,20 × 2,20	7,04	<i>Moveable</i>
14	F13	Lift Material	2,50 × 1,80	4,50	<i>Stationary</i>
15	F14	<i>Loading / Unloading Area</i>	10,00 × 2,00	20,00	<i>Stationary</i>
16	F15	Direksi Keet	3,05 × 1,90	5,80	<i>Fixed</i>
17	F16	Disposal	5,00 × 2,60	13,00	<i>Moveable</i>
18	F17	Parkir	6,50 × 2,00	13,00	<i>Stationary</i>
19	F18	Toilet	2,00 × 1,25	2,50	<i>Fixed</i>
20	F19	Genset	5,20 × 3,00	15,60	<i>Fixed</i>

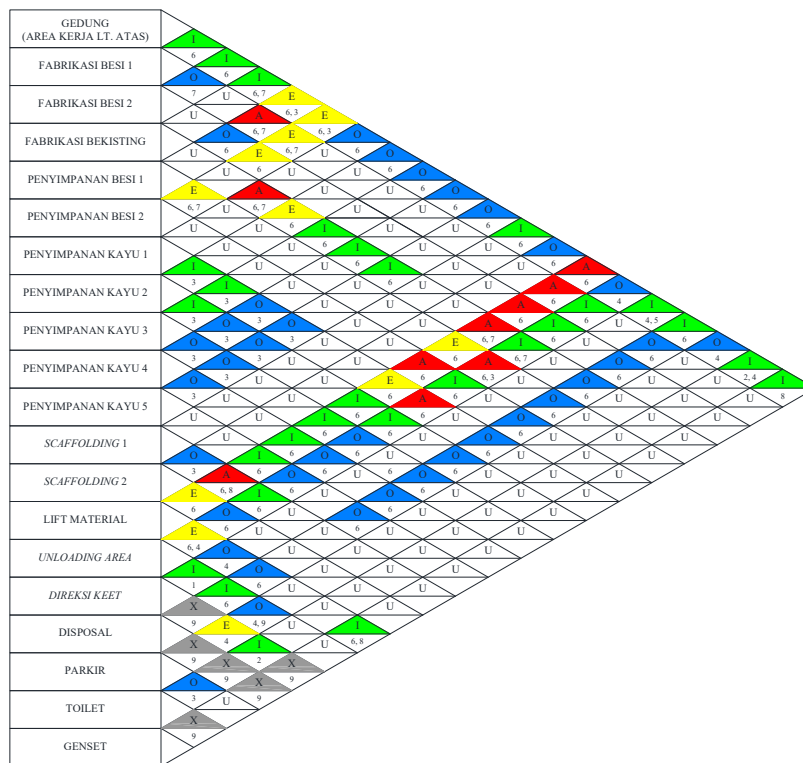
Berdasarkan Tabel 4, total luas seluruh fasilitas yang teridentifikasi di proyek adalah 775,51 m². Fasilitas dengan luas terbesar adalah gedung (G) sebesar 476,58 m² atau setara dengan 61,45% dari total luas fasilitas. Hal ini wajar mengingat gedung merupakan objek utama dalam proyek konstruksi ini. Di luar bangunan utama, fasilitas penunjang dengan luasan terbesar adalah Fabrikasi Bekisting (F3) sebesar 49,35 m², disusul oleh Penyimpanan Besi 1 (F4) sebesar 44,00 m². Sementara itu, fasilitas dengan luas terkecil adalah Toilet (F18) sebesar 2,50 m². Data luas fasilitas ini selanjutnya digunakan sebagai *input* ke dalam *software* BPLAN.90 untuk menghasilkan alternatif-alternatif tata letak. Akan tetapi, terdapat beberapa fasilitas yang harus dikeluarkan dari model BLOCPLAN guna menghindari tumpang tindih (*overlapping*), sehingga penanganannya dilakukan melalui prosedur pada tahap penggambaran ulang di *AutoCAD*.

Total fasilitas yang dimasukkan ke dalam *software* BPLAN.90 adalah sebanyak 17 fasilitas. Jumlah tersebut merupakan gabungan dari 12 fasilitas berkategori *moveable* (dioptimasi) dan 5 fasilitas berkategori *fixed* atau *stationary* (posisi terkunci). Sementara itu, 3 fasilitas sisanya dikeluarkan dari pemodelan BLOCPLAN. Tiga fasilitas tersebut yaitu Fabrikasi Bekisting (F3), Direksi Keet (F15), dan Toilet (F18). Fabrikasi Bekisting (F3) membutuhkan luas area yang besar sehingga tidak tersedia lahan untuk ditempatkan di *ground level* akibat keterbatasan lahan, sehingga ditempatkan di lantai 3 gedung yang sudah dapat dimanfaatkan. Dikarenakan BLOCPLAN bekerja dalam format dua dimensi (2D), maka memasukkan F3 ke dalam program akan menyebabkan *overlapping* dengan area Gedung (G) sehingga F3 tidak dimasukkan sebagai *input* BPLAN.90. Direksi Keet (F15) dan Toilet (F18) memanfaatkan ruangan pada bangunan eksisting RS Tahap I yang telah beroperasi, sehingga posisinya tidak dapat dipindahkan. Mengingat Gedung Tahap I ditetapkan sebagai area non-alokasi (*obstacle*) di luar lingkup lahan proyek Tahap II, maka fasilitas yang berada di dalamnya tidak perlu diinput sebagai variabel dalam pemodelan BLOCPLAN. Keputusan ini didasarkan pada kondisi fisik kedua fasilitas tersebut yang berada di

dalam bangunan permanen, sehingga tidak termasuk dalam area *ground level* yang menjadi objek optimasi tata letak.

3.2 Data Activity Relationship Chart (ARC)

Kuesioner *Activity Relationship Chart* (ARC) yang diberikan kepada responden digunakan untuk menilai hubungan kedekatan antar fasilitas, menghasilkan 190 pasangan penilaian untuk 20 fasilitas. Penilaian ARC dinyatakan dalam kode huruf sebagaimana Tabel 2, disertai kode angka 1-9 yang menjelaskan alasan sebagaimana tabel 3. Setelah mengeluarkan F3, F15, dan F18 dari pemodelan karena posisinya, hasil penilaian ARC 17 fasilitas kemudian digambarkan dalam *lower triangular matrix* sebagai *input* BPLAN.90. Adapun data ARC disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Activity Relationship Chart 20 Fasilitas

3.3 Pembuatan Alternatif *Site Layout* dengan BLOCPLAN

Data luas fasilitas dan matriks ARC di-*input* ke dalam *software* BPLAN.90. Adapun tahapannya disajikan pada Gambar 3.

(a) *Input* nama dan luas fasilitas

DOSBox 0.74-3, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: BPLAN90

DEPARTMENT	AREA
1 G	477
2 F1	21
3 F2	17
4 F4	44
5 F5	4
6 F6	14
7 F7	3
8 F8	12
9 F9	33
10 F10	11
11 F11	10
12 F12	7
13 F13	5
14 F14	29
15 F16	13
16 F17	13
17 F19	16

TOTAL AREA 717.86
 AVG. AREA = 42.2 STD. DEV. = 109.1
 DO YOU WANT TO CHANGE DEPARTMENT INFORMATION ? _

(b) *Input* kode relationship chart

DOSBox 0.74-3, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: BPLAN90

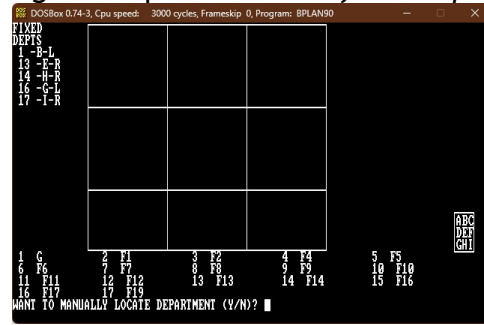
RELATIONSHIP CHART	
1 G	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
2 F1	1 1 E 0 0 0 0 1 0 A 0 1 0 1
3 F2	0 0 A E U U U U U U A 1 0 0 0
4 F4	0 0 0 0 E U U U U U U U A 0 0 0
5 F5	0 0 0 0 0 0 U U U U U U A 1 0 0
6 F6	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 U U U U 0 0
7 F7	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
8 F8	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
9 F9	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
10 F10	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
11 F11	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
12 F12	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
13 F13	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
14 F14	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
15 F16	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
16 F17	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
17 F19	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

WANT TO CHANGE RELATIONSHIP CHART (Y/N) ?

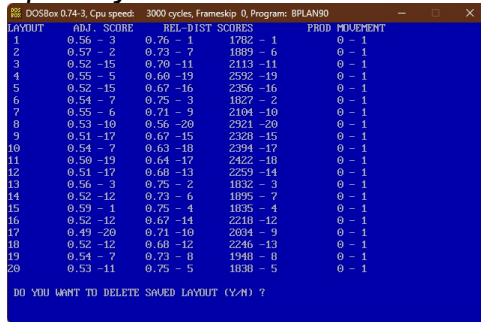
(c) Input rasio panjang dan lebar



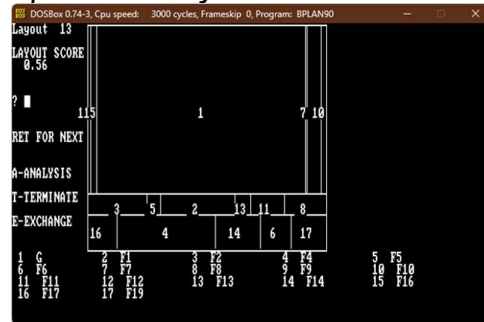
(d) Penguncian posisi fasilitas *fixed depts*



(e) Output Layout Score



(f) Output Block Layout



Gambar 3. Tahapan Pembuatan Alternatif *Site Layout* dengan BLOCPLAN

BPLAN.90 menghasilkan 20 alternatif tata letak yang berbentuk blok dengan dimensi random, karena BPLAN.90 hanya menerima *input* luas fasilitas bukan dimensi aktual berupa panjang dan lebar. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian untuk diterapkan di lapangan dengan melakukan penggambaran ulang menggunakan dimensi aktual dari fasilitas.

3.4 Redrawing dan Verifikasi Spasial dengan AutoCAD

Setiap alternatif tata letak selanjutnya digambar ulang (*redrawing*) ke AutoCAD menggunakan dimensi riil atau aktual fasilitas, kemudian diverifikasi secara spasial dalam dua tahap. Adapun hasil evaluasi verifikasi dua tahap dijabarkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Verifikasi Dua Tahap dengan AutoCAD

Kode Layout	Verifikasi fasilitas terkunci (<i>fixed depts</i>)	Verifikasi penempatan fasilitas <i>moveable</i>			Keterangan	Status
		<i>Boundary Constraint</i>	<i>Obstacle Constraint</i>	<i>Overlapping</i>		
L1	✓	X	✓	X	F4 mencuat dan blokir akses	Invalid
L2	✓	✓	X	✓	F9 menabrak kolom	Invalid
L3	✓	✓	X	X	F9 menabrak kolom dan F4 <i>overlapping</i> F9	Invalid
L4	✓	✓	✓	X	F4 <i>overlapping</i>	Invalid
L5	✓	X	✓	X	F4 <i>overlapping</i>	Invalid
L6	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L7	✓	✓	✓	X	Memblokir akses	Invalid
L8	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L9	✓	✓	✓	X	F4 <i>overlapping</i> F10	Invalid



L10	✓	✓	✓	X	Memblokir akses	Invalid
L11	✓	✓	✓	X	F4 overlapping F9	Invalid
L12	✓	✓	✓	X	F4 overlapping F1	Invalid
L13	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L14	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L15	✓	X	✓	X	F4 mencuat dan overlapping	Invalid
L16	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L17	✓	✓	X	✓	F6 menabrak area lift	Invalid
L18	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L19	✓	✓	✓	✓	-	Valid
L20	✓	✓	✓	✓	-	Valid

Berdasarkan hasil verifikasi dua tahap yang disajikan pada Tabel 5, dari 20 *layout* yang dihasilkan BPLAN.90 diperoleh 8 *layout* yang dinyatakan valid, yaitu L6, L8, L13, L14, L16, L18, L19, dan L20. Sementara itu 12 dari 20 *layout* (60%) di-generate oleh BPLAN.90 ternyata gagal secara geometris dan tidak dapat diimplementasikan di lapangan. Tingginya angka kegagalan ini memvalidasi teori *obstacle blindness* pada model optimasi. Berdasarkan verifikasi dua tahap yang dilakukan, adapun penjabarannya dijelaskan sebagai berikut:

1. *Boundary Constraint*

Pelanggaran pada *boundary constraint* ditemukan pada L1, L5, dan L15. Penempatan fasilitas *moveable* yang terjadi pada *layout* tersebut menabrak batas area lahan proyek.

2. *Obstacle Constraint*

Pelanggaran *obstacle constraint* terjadi pada L2, L3, dan L17, dimana penempatan fasilitas diposisikan secara paksa menabrak kolom eksisting dan menutup pintu akses lift.

3. *Overlapping*

Pelanggaran *overlapping* terjadi pada 9 *layout* yaitu L1, L3, L4, L5, L7, L9, L10, L11, L12, dan L15. Algoritma BPLAN.90 menempatkan fasilitas, khususnya Fasilitas Fabrikasi Penyimpanan Besi 1 (F4) yang memiliki dimensi sepanjang 22 meter berada di tengah zona konstruksi atau bangunan, sehingga menyebabkan area tersebut bertindihan secara fisik dengan fasilitas lainnya dan memblokir jalur sirkulasi pekerja dan evakuasi.

Berdasarkan hasil verifikasi, beberapa alternatif mengalami konflik atau pelanggaran dengan kondisi fisik proyek. Konflik yang ditemukan dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Persentase Jenis Konflik Spasial

Jenis Konflik	Jumlah Alternatif	Persentase
<i>Fixed Depts</i>	0	0%
<i>Boundary Constraint</i>	3	20%
<i>Obstacle Constraint</i>	3	20%
<i>Overlapping</i>	9	60%

Tabel 6 menunjukkan rekapitulasi jenis konflik yang ditemukan berdasarkan hasil verifikasi spasial dua tahap terhadap alternatif *site layout*. konflik yang paling dominan adalah *overlapping*, yang ditemukan pada 9 alternatif atau sebesar 60%. Selanjutnya, *boundary constraint* dan *obstacle constraint* masing-masing ditemukan pada 3 alternatif atau sebesar 20%. Sementara itu, tidak ditemukan alternatif yang mengalami *fixed depts* pada tahap verifikasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tumpang tindih antar fasilitas (*overlapping*) menjadi kendala spasial yang paling sering muncul pada alternatif *layout* yang dihasilkan BLOCPLAN.

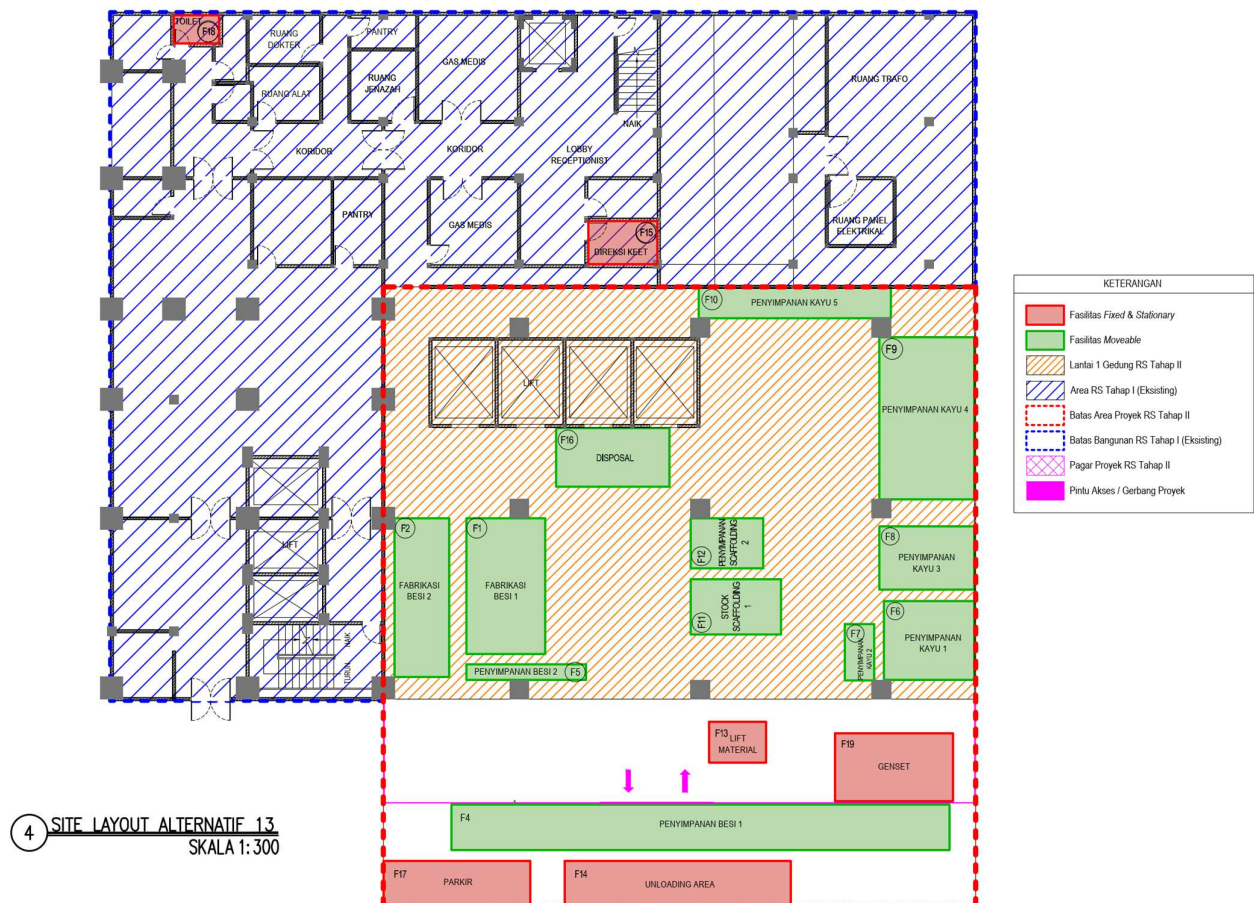
3.5 Penentuan *Site Layout* Optimal

Setelah alternatif yang *invalid* dieliminasi, skor BPLAN.90 dari alternatif yang tersisa dibandingkan. Pemilihan tidak dilakukan terhadap seluruh 20 alternatif, tetapi hanya terhadap alternatif yang telah memenuhi persyaratan spasial. Adapun skor alternatif *site layout* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi *Layout Score* Alternatif *Site Layout* Valid

No	Kode <i>Layout</i>	<i>Layout Score</i>	Peringkat
1	L6	0,54	2
2	L8	0,53	4
3	L13	0,56	1
4	L14	0,52	6
5	L16	0,52	7
6	L18	0,52	8
7	L19	0,54	3
8	L20	0,53	5

Berdasarkan Tabel 7, Alternatif *Site Layout* 13 (L13) memiliki skor BLOCPLAN tertinggi di antara alternatif yang telah dinyatakan layak dan valid secara spasial. Oleh karena itu, L13 ditetapkan sebagai alternatif *site layout* optimal dalam penelitian ini. Adapun denah alternatif *site layout* 13 (L13) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alternatif *Site Layout* 13 (L13) Sebagai *Layout* Optimal



Pemilihan tersebut menunjukkan bahwa skor BLOCPLAN dan verifikasi spasial memiliki fungsi yang berbeda namun saling melengkapi. BLOCPLAN digunakan untuk menghasilkan dan memberikan peringkat terhadap alternatif berdasarkan hubungan kedekatan fasilitas, sedangkan verifikasi spasial digunakan untuk memastikan bahwa alternatif tersebut memenuhi kondisi fisik dan geometris lokasi proyek.

Dengan demikian, alternatif dengan skor BLOCPLAN tertinggi secara keseluruhan belum tentu menjadi *layout* optimal apabila alternatif tersebut tidak memenuhi persyaratan spasial. Proses penyaringan terlebih dahulu melalui verifikasi spasial menghasilkan keputusan yang lebih sesuai dengan kondisi aktual proyek.

3.6 Integrasi BLOCPLAN dan Verifikasi Spasial

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan alternatif menggunakan pendekatan heuristik dengan BLOCPLAN dan verifikasi spasial dengan *AutoCAD* memiliki peran yang berbeda dalam proses perencanaan dan penataan *site layout*. BLOCPLAN efektif digunakan untuk menghasilkan berbagai konfigurasi berdasarkan hubungan kedekatan fasilitas. Namun, konfigurasi tersebut masih perlu diperiksa terhadap batasan fisik yang terdapat pada lokasi proyek.

Pada proyek dengan keterbatasan lahan, hubungan kedekatan bukan satu-satunya pertimbangan dalam menentukan posisi fasilitas. Fasilitas dengan hubungan aktivitas yang harus berdekatan dapat mengalami keterbatasan penempatan karena dimensi fasilitas, batas area, atau keberadaan elemen tetap. Hal tersebut terlihat dari ditemukannya *overlapping*, *boundary constraint*, dan *obstacle constraint* pada alternatif hasil BLOCPLAN.

Oleh karena itu, integrasi kedua proses dapat dipandang sebagai mekanisme *generate verify select*. *Generate*, BLOCPLAN menghasilkan alternatif berdasarkan hubungan kedekatan. *Verify*, *AutoCAD* digunakan untuk memeriksa kesesuaian geometris dan kondisi fisik alternatif. *Select*, Alternatif yang valid dibandingkan berdasarkan skor BLOCPLAN dan alternatif dengan skor terbaik terpilih. Pendekatan tersebut memberikan keuntungan karena proses pemilihan tidak hanya didasarkan pada hasil komputasional, tetapi juga mempertimbangkan kelayakan penerapan pada kondisi aktual proyek.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai integrasi BLOCPLAN dan verifikasi spasial dalam evaluasi alternatif *site layout* pada proyek konstruksi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Algoritma heuristik BLOCPLAN sangat efisien sebagai mesin pembangkit (*generative engine*) tata letak tapak, namun keluaran topologisnya mutlak membutuhkan integrasi dengan verifikasi geometri spasial. Pemodelan *AutoCAD* mengonfirmasi bahwa 60% (12 dari 20) tata letak yang dihasilkan algoritma tidak layak secara fisik (*invalid*) akibat menabrak batas lahan proyek (*boundary constraint*), menabrak elemen tetap atau struktural (*obstacle constraint*), dan tumpang tindih (*overlapping*). Khususnya dominan akibat Fasilitas Penyimpanan Besi 1 (F4) yang memiliki panjang ekstrem 22 meter.
2. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa konflik *overlapping* merupakan konflik yang paling dominan, yaitu ditemukan pada 9 alternatif atau 60%. *Boundary constraint* dan *obstacle constraint* masing-masing ditemukan pada 3 alternatif atau 20%.
3. Integrasi verifikasi spasial dengan *AutoCAD* terbukti mutlak diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara otomatisasi matematis dengan batasan fisik aktual di lapangan. Kerangka hibrida ini menjadi filter yang mengeliminasi *site layout*, dan berhasil menyeleksi 8 alternatif *site layout* yang sepenuhnya valid dan layak untuk diimplementasikan pada lokasi proyek.
4. Penentuan *site layout* optimal di antara alternatif yang dinyatakan valid, Alternatif *Site Layout* 13 (L13) ditetapkan sebagai *site layout* yang paling optimal. Alternatif ini memiliki skor tertinggi sebesar 0,56 sehingga memastikan kepatuhan tinggi terhadap matriks hubungan



kedekatan, sekaligus menjamin tata letak dapat diimplementasikan di proyek tanpa risiko adanya batasan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Jin, M. Zhang, and Y. Yuan, "Analytic network process-based multi-criteria decision approach and sensitivity analysis for temporary facility layout planning in construction projects," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 8, no. 12, 2018, [doi: 10.3390/APP8122434](https://doi.org/10.3390/APP8122434).
- [2] M. Kim, H. G. Ryu, and T. W. Kim, "A typology model of temporary facility constraints for automated construction site layout planning," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 3, pp. 1-21, 2021, [doi: 10.3390/app11031027](https://doi.org/10.3390/app11031027).
- [3] O. A. Ismail, A. M. Nagy, H. Sanad, and H. S. Elbehairy, "4D-BIM based dynamic construction site layout planning," *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*, vol. 16, no. 4, pp. 1499-1518, 2025, [doi: 10.1007/s43995-025-00191-4](https://doi.org/10.1007/s43995-025-00191-4).
- [4] S. Hansen, "Lessons Learned from Construction Site Layout Planning Practices," *Ingenieria e Investigacion*, vol. 44, no. 1, pp. 1-11, 2024, [doi: 10.15446/ing.investig.107160](https://doi.org/10.15446/ing.investig.107160).
- [5] M. L. A. E. Borges, A. D. Granja, and A. Monteiro, "A Hybrid Framework for Multi-Objective Construction Site Layout Optimization," *Buildings*, vol. 14, no. 12, 2024, [doi: 10.3390/buildings14123790](https://doi.org/10.3390/buildings14123790).
- [6] G. Albayrak, "Solving Construction Site Layout Planning as a Quadratic Assignment Problem Using the Advanced Jaya Algorithm," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 15, no. 18, pp. 1-16, 2025, [doi: 10.3390/app151810295](https://doi.org/10.3390/app151810295).
- [7] A. Kaveh, A. A. S. Javid, and Y. Vazirinia, "Physics-inspired Metaheuristics for Construction Site Layout Planning Problem," *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, vol. 68, no. 1, pp. 68-87, 2024, [doi: 10.3311/PPci.22902](https://doi.org/10.3311/PPci.22902).
- [8] I. Pamungkas, Abdiel Khaleil Akmal, and Heri Tri Irawan, "Blocplan Algorithm for Facility Layout Design in Various Industry in Indonesia," *Jurnal Inotera*, vol. 9, no. 1, 2024, [doi: 10.31572/inotera.vol9.iss1.2024.id327](https://doi.org/10.31572/inotera.vol9.iss1.2024.id327).
- [9] M. H. Bisri and A. S. Cahyana, "Production Facility Layout Redesign Using Systematic Layout Planning And Blocplan Methods," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 3, 2023, [doi: 10.21070/pels.v3i0.1349](https://doi.org/10.21070/pels.v3i0.1349).
- [10] H. Meiliati, N. Nazaruddin, M. Ihsan Hamdy, M. Nur, and S. Suherman, "Facility Layout Design at 'MIRASA' Crackers SMEs Using Systematic Layout Planning Method and Blocplan Algorithm," *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 8, no. 1, pp. 80-88, 2025, [doi: 10.31539/intecom.v8i1.14239](https://doi.org/10.31539/intecom.v8i1.14239).
- [11] T. T. Baladraf, "Application of Blocplan and Aldep Algorithms for Optimizing Production Layout at Meatball Factory," *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, vol. 11, no. 1, p. 151, 2025, [doi: 10.24014/jti.v11i1.30421](https://doi.org/10.24014/jti.v11i1.30421).
- [12] M. Salah, I. Motawa, and M. T. Elnabwy, "Enhancing construction site layout planning using hybrid Ant Colony and simulated annealing algorithms," *Construction Management and Economics*, vol. 44, no. 5, pp. 381-396, 2026, [doi: 10.1080/01446193.2026.2643612](https://doi.org/10.1080/01446193.2026.2643612).
- [13] K. Kaisar, P. Farmakis, P. Tsikas, and A. Chassiakos, "Evolutionary Algorithms for Construction Site Layout Planning," no. June, pp. 280-285, 2023, [doi: 10.3311/cc2023-038](https://doi.org/10.3311/cc2023-038).
- [14] K. A. S. Wardhana and W. N. Cahyo, "Re-Layout Shopfloor Department at Retail Company to Optimize the Initial Layout, Material Handling REduction, and Transportation Waste Minimization Using Blocplan Algorithm," *Journal of Industrial Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 108-146, 2024, [doi: 10.24176/jointech.v5i1.13992](https://doi.org/10.24176/jointech.v5i1.13992).



- [15] A. Nanik, B. Hariono, and D. Hermanuadi, "Designing the Production Facility Layout Using the BLOCPLAN Method (Case Study: PT Sehat Sejahtera Bersama, Jember)," *International Journal of Technology, Food and Agriculture*, vol. 2, no. 3, pp. 166-175, 2025, [doi: 10.25047/tefa.v2i3.5960](https://doi.org/10.25047/tefa.v2i3.5960).
 - [16] M. D. C. Tongco, "the Capital Structure Practices of Listed Firms in South Africa Stephen Jason Kasozi November 2009," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 5, no. February, pp. 14-17, 2018, [doi: https://doi.org/10.17348/era.5.0.147-158](https://doi.org/10.17348/era.5.0.147-158).
 - [17] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer, and J. M. A. Tanchoco, *Facilities planning - 4th edition*, vol. 49, no. 24. 2011.
 - [18] M. Salah, R. Khallaf, E. Elbeltagi, and H. Wefki, "Construction Site Layout Planning: A Social Network Analysis," 2023. [doi: 10.3390/buildings13102637](https://doi.org/10.3390/buildings13102637).
 - [19] S. Kolarić, M. Vukomanović, and A. Ramljak, "Analyzing the Level of Detail of Construction Schedule for Enabling Site Logistics Planning (SLP) in the Building Information Modeling (BIM) Environment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 11, 2022, [doi: 10.3390/su141116701](https://doi.org/10.3390/su141116701).
-