

Penerapan Aljabar Geometri untuk Penentuan Standar Dimensi Ruang Bangunan

Wardatul Khoiroh - 13523001^{1,2}

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

13523001@std.stei.itb.ac.id, wardatulkhoiroh11@gmail.com

Abstrak— penelitian ini berjudul penerapan aljabar geometri untuk penentuan standarisasi dimensi ruang bangunan dengan tujuan mengkaji penerapan aljabar geometri dalam menentukan standar dimensi ruang pada bangunan. Harapannya, makalah ini bisa memberikan pemahaman baru sekaligus menjadi inspirasi dalam perancangan bangunan yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi konsep aljabar geometri yang dapat diterapkan untuk menentukan standar dimensi ruang pada bangunan, Menentukan parameter geometris yang relevan dalam perencanaan dimensi ruang bangunan menggunakan pendekatan aljabar geometri serta menganalisis efektivitas penerapan aljabar geometri dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi perencanaan dimensi ruang bangunan. Metode yang digunakan kali ini menggunakan data kualitatif dengan konsep *outer product*, *inner product*, dan *triple product*, aljabar geometri menjadi alat penting dalam menentukan standar dimensi ruang. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap elemen bangunan, dari dinding hingga volume ruang, dirancang sesuai dengan standar regulasi, efisien secara material, dan estetis dalam penampilan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam menentukan dimensi ruang, parameter geometris yang perlu dipertimbangkan meliputi luas dan volume ruang untuk memenuhi kebutuhan area dan kapasitas, serta proporsi dimensi untuk memastikan estetika dan fungsionalitas ruang. Selain itu, penggunaan aljabar geometri mampu meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam perencanaan dimensi ruang bangunan, karena pendekatan ini meminimalkan risiko kesalahan perhitungan manual serta mempercepat proses perancangan melalui penggunaan model matematis.

Kata Kunci—Aljabar geometri, penentuan standarisasi, dimensi, bangunan.

I. PENDAHULUAN

Aljabar geometri adalah cabang ilmu yang berkaitan dengan perkalian vektor untuk menghasilkan luas area, volume, dan objek-objek berdimensi yang lebih tinggi. Aljabar geometri ini diperlukan karena pada aljabar vektor terdapat ambiguitas untuk dimensi yang lebih tinggi sehingga digunakan “luas area bertanda”. Standar dimensi ruang bangunan sangat penting dalam perancangan sebuah bangunan. Standar dimensi ruang bangunan perlu diperhatikan untuk memastikan bahwa ruangan tersebut cukup luas dan nyaman bagi penghuninya. Selain itu, standar dimensi ruang bangunan

diperlukan untuk memastikan keamanan penghuni baik dalam keadaan darurat maupun tidak. Standar dimensi ruang bangunan juga diperlukan untuk efisiensi penggunaan ruang karena ruang yang terlalu besar juga berpengaruh pada penggunaan energi dan biaya. Standar dimensi ruang juga membantu memastikan bahwa bangunan memenuhi persyaratan hukum dan peraturan yang berlaku. Jadi, secara keseluruhan memerhatikan standar dimensi ruang bangunan sangat penting untuk menciptakan ruang yang aman, nyaman, fungsional, efisien, dan sesuai dengan hukum yang ada.

Standar dimensi ruang bangunan memerlukan perhitungan-perhitungan matematika yang cermat untuk memastikan bahwa ruang yang dirancang tidak hanya memenuhi kebutuhan estetika, tetapi juga fungsionalitas dan kenyamanan. Salah satu pendekatan matematis yang sering digunakan adalah aljabar geometri, yang memungkinkan perhitungan dimensi ruang secara akurat dengan memanfaatkan prinsip-prinsip geometri dalam ruang tiga dimensi. Penggunaan aljabar geometri dalam menentukan standar dimensi ruang bangunan melibatkan berbagai perhitungan, seperti menghitung luas, volume, serta hubungan antara elemen-elemen geometris yang membentuk ruang tersebut.

Maka dari itu, perlu pemahaman tentang aljabar geometri dalam penerapan penentuan standar dimensi ruang bangunan. Pada makalah ini, akan dibahas bagaimana aljabar geometri dapat diterapkan dalam perhitungan dan penentuan dimensi ruang bangunan yang optimal demi bangunan yang nyaman, aman, dan sesuai hukum yang ada.

II. DASAR TEORI

A. Aljabar Geometri

Aljabar Geometri ditemukan pertama kali oleh Herman Gunter Grassman (matematikawan Jerman) pada tahun 2884 lalu diformulasikan oleh William Kingdom Clifford (matematikawan Inggris). Konsep dasar aljabar geometri yaitu perkalian vektor yang menghasilkan luas area, volume, dan objek-objek berdimensi lebih tinggi. Perbedaan aljabar geometri ini dengan aljabar vektor terletak pada adanya interpretasi baru yaitu luas area bertanda. Notasi vektor pada aljabar geometri

lambangkan dengan huruf kecil dicetak miring, contoh a , b , c . Sedangkan notasi skalan dilambangkan dengan huruf Yunani, contoh α , β , γ .

Salah satu operasi fundamental dalam Aljabar Geometri adalah Outer Product, yang dilambangkan dengan simbol " \wedge " (wedge). Operasi ini memungkinkan perkalian dua vektor untuk menghasilkan area bertanda (signed area) dalam bentuk bivector. Berbeda dengan cross product dalam aljabar vektor yang terbatas pada ruang tiga dimensi, outer product dapat diterapkan pada ruang dengan dimensi lebih tinggi, memberikan fleksibilitas dalam representasi geometris. Sifat-sifat dari *outer product* adalah non-komutatif, distributive, dan luas vektor yang parallel itu 0. Berikut rumus dari *outer product*:

1. Vektor di R2

Misal terdapat dua vektor di R2 sebagai berikut:

$$a = a_1e_1 + a_2e_2$$

$$b = b_1e_1 + b_2e_2.$$

Maka perkalian *outer product* dari $a \wedge b$ sebagai berikut:

$$a \wedge b = (a_1e_1 + a_2e_2) \wedge (b_1e_1 + b_2e_2)$$

$$= a_1b_1(e_1 \wedge e_1) + a_1b_2(e_1 \wedge e_2) + a_2b_1(e_2 \wedge e_1) + a_2b_2(e_2 \wedge e_2)$$

Sulihkan: $e_1 \wedge e_1 = e_2 \wedge e_2 = 0$ dan $e_2 \wedge e_1 = -e_1 \wedge e_2$

$$= a_1b_2(e_1 \wedge e_2) - a_2b_1(e_1 \wedge e_2)$$

$$= (a_1b_2 - a_2b_1)(e_1 \wedge e_2).$$

$\xrightarrow{\text{skalar}}$ $\xrightarrow{\text{bivector satuan}}$

Skalar tersebut menandakan luas area paralelogram, sedangkan bivector satuan menandakan bidang yang dibentuk oleh e_1 dan e_2 . Perhitungan berlaku hal yang sama untuk $b \wedge a$ namun tidak komutatif. Selain itu, ada cara lain untuk menentukan luas area paralelogram yaitu dengan magnitude dari *outer product* dengan rumus sebagai berikut:

$$\|a \wedge b\| = \|a\| \|b\| \sin \theta$$

2. Vektor di R3

Misal terdapat dua vektor di R2 sebagai berikut:

$$a = a_1e_1 + a_2e_2 + a_3e_3$$

$$b = b_1e_1 + b_2e_2 + b_3e_3$$

Maka perkalian *outer product* dari $a \wedge b$ sebagai berikut:

$$a \wedge b = (a_1e_1 + a_2e_2 + a_3e_3) \wedge (b_1e_1 + b_2e_2 + b_3e_3)$$

$$= a_1b_1(e_1 \wedge e_1) + a_1b_2(e_1 \wedge e_2) + a_1b_3(e_1 \wedge e_3) + a_2b_1(e_2 \wedge e_1) + a_2b_2(e_2 \wedge e_2) + a_2b_3(e_2 \wedge e_3) + a_3b_1(e_3 \wedge e_1) + a_3b_2(e_3 \wedge e_2) + a_3b_3(e_3 \wedge e_3)$$

Sulihkan: $e_1 \wedge e_1 = e_2 \wedge e_2 = e_3 \wedge e_3 = 0$

$$e_2 \wedge e_1 = -e_1 \wedge e_2 \quad e_1 \wedge e_3 = -e_3 \wedge e_1 \quad e_3 \wedge e_2 = -e_2 \wedge e_3$$

$$= a_1b_2(e_1 \wedge e_2) - a_1b_3(e_3 \wedge e_1) - a_2b_1(e_1 \wedge e_2)$$

$$+ a_2b_3(e_2 \wedge e_3) + a_3b_1(e_3 \wedge e_1) - a_3b_2(e_2 \wedge e_3)$$

$$a \wedge b = (a_1b_2 - a_2b_1)e_1 \wedge e_2 + (a_2b_3 - a_3b_2)e_2 \wedge e_3 + (a_3b_1 - a_1b_3)e_3 \wedge e_1$$

Pada *outer product*, koefisien dari $e_2 \wedge e_3$, $e_3 \wedge e_1$, dan $e_1 \wedge e_2$ menyatakan luas area bertanda yang diproyeksikan pada bidang yang didefinisikan. Selain itu, ada cara lain untuk menentukan luas area paralelogram

yaitu dengan magnitude dari *outer product* dengan mencari akar dari jumlah kuadrat luas area bertanda.

Selain itu, Aljabar Geometri juga mencakup konsep Trivector, yang merupakan hasil dari operasi *outer product* tiga vektor. Trivector ini merepresentasikan volume bertanda (signed volume) dalam ruang tiga dimensi, yang berguna dalam perhitungan volume paralelepiped dan analisis geometris lainnya. Selain itu, aljabar geometri juga digunakan untuk menghitung perpotongan dua buah garis dengan rumus sebagai berikut:

$$p = \frac{s \wedge b}{a \wedge b} a + \frac{r \wedge a}{b \wedge a} b$$

B. Macam-Macam Bangunan

Bangunan di dunia ini sangatlah beragam, berikut beberapa macam bangunan dan penjelasannya:

1. Kantor

Bangunan perkantoran dirancang untuk mendukung kegiatan administratif dan bisnis. Bangunan ini memiliki fungsi utama untuk menyediakan ruang yang efisien dan nyaman bagi para pekerja. Beberapa area yang ada di dalamnya antara lain ruang kerja, ruang rapat, fasilitas pendukung seperti toilet dan ruang istirahat, serta area publik seperti lobi dan ruang tunggu.

Komponen penting dalam bangunan perkantoran meliputi lobi yang mencerminkan citra perusahaan, ruang kerja yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas, fasilitas pendukung yang menjaga kenyamanan, dan sistem sirkulasi vertikal (lift dan tangga) untuk memudahkan pergerakan antar lantai. Selain itu, banyak gedung perkantoran juga menyediakan ruang parkir untuk karyawan dan pengunjung.

Desain bangunan perkantoran tidak hanya memikirkan fungsi, tetapi juga estetika. Fasad gedung harus mencerminkan identitas perusahaan dan bisa menggunakan material seperti kaca, beton, atau logam. Pencahayaan alami menjadi penting, dan sistem ventilasi yang baik juga diperlukan untuk kenyamanan penghuni. Desain interior dan furnitur yang ergonomis juga berperan dalam menciptakan lingkungan yang mendukung produktivitas.

Bangunan perkantoran bisa berupa gedung bertingkat rendah atau tinggi. Gedung bertingkat tinggi umumnya digunakan oleh perusahaan besar dan memiliki desain yang lebih kompleks, dengan perhatian lebih pada keamanan dan efisiensi sirkulasi. Keberlanjutan menjadi aspek penting dalam desain bangunan perkantoran modern, dengan menggunakan bahan ramah lingkungan, efisiensi energi, serta teknologi cerdas untuk pengelolaan suhu dan pencahayaan.

Keamanan juga menjadi prioritas dalam

desain, dengan sistem kontrol akses, CCTV, dan alarm untuk melindungi penghuni dan data perusahaan. Selain itu, aksesibilitas bagi semua orang, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik, harus dipastikan dengan menyediakan fasilitas seperti lift dan ramp. Pemeliharaan bangunan secara berkala sangat penting untuk menjaga fungsionalitas dan kenyamanan jangka panjang.

Secara keseluruhan, desain bangunan perkantoran merupakan kombinasi dari kebutuhan fungsional, estetika, teknologi modern, dan keberlanjutan yang mencerminkan identitas perusahaan serta tren arsitektur saat ini.

2. Rumah

Bangunan rumah dalam arsitektur merupakan struktur tempat tinggal yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan penghuninya akan kenyamanan, keamanan, dan fungsionalitas. Desain rumah memiliki berbagai elemen yang harus diperhatikan agar rumah dapat menciptakan lingkungan yang nyaman dan efisien. Fungsi utama rumah adalah sebagai tempat tinggal yang menyediakan ruang untuk berbagai aktivitas keluarga, seperti ruang tamu untuk menerima tamu, ruang tidur untuk beristirahat, dapur untuk memasak, ruang keluarga untuk berkumpul, serta kamar mandi dan WC yang penting untuk kebutuhan sanitasi. Selain itu, beberapa rumah juga dilengkapi dengan ruang kerja bagi penghuni yang membutuhkan tempat untuk bekerja atau belajar.

Desain rumah terdiri dari berbagai komponen penting, seperti fondasi yang memastikan kestabilan bangunan, dinding yang berfungsi sebagai pembatas ruang, serta atap yang melindungi rumah dari cuaca. Jendela dan pintu juga memiliki peran penting dalam memastikan pencahayaan alami, ventilasi yang baik, serta memberikan akses masuk dan keluar rumah. Material lantai yang digunakan pun harus nyaman, dengan pilihan seperti ubin, parket, atau beton, sesuai dengan fungsi dan estetika yang diinginkan.

Desain interior rumah berfokus pada pengaturan ruang yang efisien dan pemilihan furnitur yang sesuai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Tata letak ruang yang baik dapat menciptakan hubungan yang harmonis antara berbagai area di dalam rumah. Selain itu, pemilihan warna dinding dan material untuk lantai serta plafon akan mempengaruhi suasana di dalam rumah, dengan warna terang memberikan kesan luas dan bersih, sedangkan warna gelap memberikan suasana yang hangat dan intim.

Fasad rumah atau tampilan luar juga sangat

penting, karena ini adalah kesan pertama yang dilihat orang lain. Desain eksterior rumah mencakup bentuk bangunan yang dapat disesuaikan dengan karakteristik lingkungan sekitar dan gaya arsitektur yang diinginkan. Material eksterior seperti batu alam, kayu, atau kaca harus dipilih dengan mempertimbangkan daya tahan dan estetika. Selain itu, area luar rumah, seperti taman atau halaman, juga menjadi bagian penting dari desain keseluruhan rumah, menciptakan lingkungan yang alami dan nyaman.

Pada desain rumah modern, keberlanjutan dan efisiensi energi semakin diperhatikan.

Penggunaan energi terbarukan, seperti panel surya, dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional, sementara desain yang ramah lingkungan juga berfokus pada pemilihan bahan yang efisien dan tahan lama untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

3. Sekolah

Bangunan sekolah dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan pendidikan dengan menciptakan lingkungan yang nyaman dan mendukung proses belajar. Fungsi utama dari bangunan ini mencakup ruang kelas untuk kegiatan belajar, ruang administrasi dan rapat untuk urusan staf, serta fasilitas olahraga dan rekreasi yang mendukung kegiatan fisik siswa.

Selain itu, fasilitas kesehatan seperti UKS, perpustakaan untuk belajar mandiri, serta ruang makan dan sosial juga menjadi bagian penting. Desain bangunan sekolah harus memperhatikan kenyamanan, dengan ruang kelas yang memiliki pencahayaan alami dan ventilasi yang baik. Laboratorium yang dilengkapi dengan peralatan yang sesuai serta ruang perpustakaan yang nyaman juga diperlukan untuk mendukung perkembangan akademik siswa. Di luar ruang belajar, fasilitas olahraga seperti lapangan atau gymnasium juga penting untuk mendukung kegiatan fisik siswa.

Desain fasad bangunan sekolah harus mencerminkan kesan yang ramah dan menarik, menggunakan material yang tahan lama dan ramah lingkungan. Aspek pencahayaan alami, ventilasi yang baik, dan keamanan siswa juga sangat penting dalam perancangan bangunan sekolah. Keberlanjutan juga menjadi perhatian, dengan penggunaan energi terbarukan seperti panel surya dan pengelolaan air yang baik. Sekolah perlu memastikan aksesibilitas bagi semua siswa, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik, dengan menyediakan fasilitas seperti lift dan ramp. Selain itu, pemeliharaan rutin pada bangunan dan sistem yang ada sangat

penting untuk menjaga kenyamanan dan fungsionalitas sekolah dalam jangka panjang. Desain yang baik harus mendukung proses belajar yang efisien, aman, dan menyenangkan bagi siswa.

C. Standar Dimensi Ruang Bangunan

Bangunan sangatlah beragam contohnya kantor, rumah, dan sekolah. Setiap bangunan memiliki standarnya masing-masing dan tidak dapat disamaratakan. Pada penelitian kali ini akan berfokus pada kantor lebih tepatnya ruang kantor. Ruang kantor sendiri terdiri dari ruang kerja, ruang gerak bebas masing-masing karyawan, dan ruang udara. Batas minimum ruang kerja yaitu 8 m² luas lantai. Selain itu, ketinggian dari ruangan pun memiliki aturannya tersendiri yaitu sebagai berikut:

1. Luas lantai sampai 50 m²: 2.50 m
2. Luas lantai di atas 50 m²: 2.75 m
3. Luas lantai di atas 100 m²: 3.00 m
4. Luas lantai diatas 250-2000 m²: 3.25 m

Berdasarkan peraturan keamanan untuk tempat kerja perkantoran, batas minimum kantor ruangan sel atau kecil adalah 8-10 m². Sedangkan untuk ruang kantor besar minimum 12-15 m². Tidak hanya itu, luas bidang juga ditentukan berdasarkan jabatan pekerjaannya. Hal ini terjadi karena perbedaan kebutuhan perabotan. Berikut rincian pembagiannya:

1. Karyawan kantor : 4.46 m²
2. Sekretaris: 6.70 m²
3. Pimpinan bagian: 9.30 m²
4. Direktur: 13.40 m²
5. Dua wakil direktur: 18.54 m²
6. Satu wakil direktur: 27.89 m²

III. PEMBAHASAN

Aljabar geometri berpacu pada perkalian vektor khususnya *outer product*. Penerapan aljabar geometri dalam menentukan standar dan optimalnya dimensi ruang bangunan berfokus pada pengoperasian *outer product* untuk menghitung luas bidang atau luas lantai. Namun, tidak hanya membantu dalam menghitung luas tetapi juga memastikan pengotimalan dimensi ruang bangunan sesuai kebutuhan fungsional dan estetika. Perhitungan aljabar geometri disini dapat digunakan untuk menentukan berapa perabotan yang seharusnya ada di ruangan itu ataupun dimana seharusnya meletakkan perabotan-perabotan tersebut.

Aljabar geometri tentu identic dengan vektor. Penggunaan vektor dalam penerapan kali ini sebagai panjang, lebar, dan tinggi ruang bangunan. Suatu ruang merupakan bentuk tiga dimensi sehingga terdiri dari x, y, dan z. Setiap vektor disini memiliki tiga unsur terdiri dari koefisien dari e₁ sebagai x, koefisien dari e₂ sebagai y, dan koefisien dari e₃ sebagai z. Panjang berada di sumbu x sehingga dapat dituliskan sebagai berikut: $ae_1 + 0e_2 + 0e_3$. Lebar berada di sumbu y sehingga dapat dituliskan sebagai berikut: $0e_1 + be_2 + 0e_3$. Tinggi berada di sumbu z

sehingga dapat ditulis sebagai berikut: $0e_1 + 0e_2 + ce_3$. Namun, belum tentu juga koefisien-koefisien dari e₁, e₂, dan e₃ selalu nol. Berikut rangkaian penerapan dan perhitungan dari aljabar geometri untuk menentukan standarisasi dan optimalisasi dimensi ruang bangunan:

A. Perhitungan Luas Bidang

Perhitungan luas bidang atau luas lantai menggunakan perhitungan *outer product*. Dua vektor yang di-*outer product*-kan adalah vektor panjang dan vektor lebar. Namun, hasil yang diberikan setelah *outer product* masih harus diolah. Kita hanya membutuhkan magnitudenya. Cara mencari magnitudenya dengan mengkuadratkan masing-masing luas area bertanda yan diproyeksikan pada bidang yang didefinisikan oleh unit bivector $e_2 \wedge e_3$, $e_3 \wedge e_1$, dan $e_1 \wedge e_2$. Lalu, hasil kuadrat masing-masing luas area bertanda tersebut dijumlahkan dan dicari akarnya. Sehingga didapatkan luas parallelogram yaitu luas lantai yang dibentuk oleh a sebagai panjang dan b sebagai lebar.

Pada studi kasus kali ini, saya menggunakan penanganan standarisasi ruang kantor. Perhitungan luas bidang sama saja seperti perhitungan sebelumnya. Contohnya bila panjang diartikan sebagai vektor a dengan $4e_1 + 0e_2 + 0e_3$. Lalu, lebar diartikan sebagai vektor b dengan $0e_1 + 3e_2 + 0e_3$ dan tinggi diartikan sebagai vektor c dengan $0e_1 + 0e_2 + 2.8e_3$. Perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a \wedge b &= (4e_1 + 0e_2 + 0e_3) \wedge (0e_1 + 3e_2 + 0e_3) \\ &= (a_1b_2 - a_2b_1)e_1 \wedge e_2 + (a_2b_3 - a_3b_2)e_2 \wedge e_3 + (a_3b_1 - a_1b_3)e_3 \wedge e_1 \\ &= (12 - 0)e_1 \wedge e_2 + (0 - 0)e_2 \wedge e_3 + (0 - 0)e_3 \wedge e_1 \\ &= (12)e_1 \wedge e_2 \end{aligned}$$

Gambar 3.1 Perhitungan *outer product*

Sumber: Dokumen penulis

Selanjutnya dicari magnitudenya dengan akar dari kuadrat luas area bertanda, dituliskan sebagai berikut:

$$\|a \wedge b\| = \sqrt{(12)^2} = 12 \text{ m}^2$$

Maka didapat luas bidang atau luas lantai dari ruang kantor tersebut adalah 12 m².

B. Perhitungan Total Luas Perabotan

Perhitungan total luas perabotan bergantung pada banyaknya perabotan dan dimensi dari perabotan itu sendiri. Setiap perabotan meskipun berjenis sama bisa saja memiliki dimensi yang berbeda dalam vektornya. Perhitungan luas perabotan dilakukan dengan mempertimbangkan proyeksi dimensi perabotan pada bidang horizontal $e_1 \wedge e_2$. Pada studi kasus kali ini, saya hanya menggunakan tiga perabotan yaitu meja kerja, kursi, dan lemari arsip. Berikut dimensi dan perhitungan masing-masing perabotan:

1. Meja Kerja
Vektor dimensi: $v_1 = 1.6e_1 + 0.8e_2$
Luas: $|v_1| = 1.6 \times 0.8 = 1.28 \text{ m}^2$
2. Kursi
Vektor dimensi: $v_2 = 0.5e_1 + 0.5e_2$

$$\text{Luas: } |v_2| = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m}^2$$

3. Lemari Arsip

$$\text{Vektor dimensi: } v_3 = 1.2e_1 + 0.4e_2$$

$$\text{Luas: } |v_3| = 1.2 \times 0.4 = 0.48 \text{ m}^2$$

Setelah itu, dihitung total luas perabotan dengan menjumlahkan luas meja, luas kursi, dan luas lemari arsip. Sehingga, didapat total luas perabotan pada ruangan tersebut adalah 2.01 m².

C. Penentuan Standarisasi Ruang Bangunan

Penentuan standarisasi ruang bangunan berdasarkan luas lantai atau bidang dan tinggi dari ruang bangunan tersebut. Pada studi kasus kali ini, saya menggunakan ukuran standar ruang kantor yaitu minimal luas lantai atau bidang sebesar 8 m². Berdasarkan perhitungan sebelumnya, luas lantainya 12 m² sehingga melebihi batas minimal standar. Karena telah memenuhi syarat standar yang pertama, selanjutnya dicek untuk syarat yang kedua yaitu tinggi dari ruang bangunan. Berdasarkan data standar tinggi untuk ruang kantor, diketahui bila luas lantai atau bidang kurang dari 50 m² maka minimal tinggi ruang bangunannya adalah 2.5 m. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa ruangan dengan panjang, lebar, dan tinggi yang tertera tersebut sudah memenuhi standar dimensi ruang bangunan untuk kategori ruang kantor.

D. Penentuan Optimalisasi Ruang Bangunan

Penentuan optimalisasi ruang bangunan dimulai dengan menghitung area sirkulasinya. Rumus area sirkulasi sendiri adalah luas bidang atau luas lantai dikurangi dengan total luas perabotan. Berikut perhitungan lebih jelasnya:

$$\begin{aligned} \text{Area sirkulasi} &= \text{Luas bidang} - \Sigma(\text{luas perabot}) \\ &= 12 - 2.01 \\ &= 9.99 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan rasio area sirkulasi untuk menentukan apakah ruangan tersebut sudah optimal atau belum. Rasio area sirkulasi didapat dari pembagian antara area sirkulasi dengan luas bidang lalu dikalikan dengan 100. Standar optimalisasi untuk sebuah ruangan adalah memiliki rasio sirkulasi sebesar 20%-40%. Rasio area sirkulasi pada ruangan yang tertera sebesar 83.25%. Dapat disimpulkan bahwa ruangan tersebut belum optimal karena rasio sirkulasinya lebih besar dari standar optimal. Namun, ruangan tersebut bisa menjadi optimal dengan menambahkan perabotan-perabotan sehingga tidak terjadi pemborosan ruangan. Sebaliknya, apabila rasio area sirkulasi lebih kecil dari standar optimal, dapat dioptimalkan dengan mengurangi perabotan-perabotan sehingga tidak kesulitan akses.

IV. IMPLEMENTASI PROGRAM

Dengan menggunakan aljabar geometri dan ilmu arsitektur, kita dapat menentukan apakah ruang bangunan tersebut standar dan optimal. Dalam rangka memudahkan perhitungan, saya membuat *source code* yang

memberikan hasil apakah ruang bangunan tersebut standar dan optimal. Program dibuat menggunakan bahasa C. Program dibuat di dalam file bernama makalah.c. Dalam program ini, diperlukan include library `stdio.h` dan `math.h`. Program terdiri dari struktur tipe yang digunakan, beberapa fungsi perhitungan, dan main (tempat dijalkannya program).

Struktur tipe yang digunakan bernama vektor yang terdiri dari `e1`, `e2`, dan `e3` yang bertipe `double`. Tipe vektor tersebut menandakan vektor tiga dimensi. Lebih rincinya lagi, `e1` menandakan koordinat x, `e2` menandakan koordinat y, dan `e3` menandakan koordinat z. Fungsi pertama yaitu fungsi untuk menghitung *outer product magnitude* sebagai perhitungan luas bidang atau lantai. Berikut *source code* dari fungsi *outer_product_magnitude*:

```
// Fungsi menghitung outer product magnitude (luas bidang)
double outer_product_magnitude(vektor a, vektor b) {
    return sqrt(pow(a.e1 * b.e2 - a.e2 * b.e1, 2) +
               pow(a.e2 * b.e3 - a.e3 * b.e2, 2) +
               pow(a.e3 * b.e1 - a.e1 * b.e3, 2));
}
```

Gambar 4.1 Fungsi *outer_product_magnitude*

Sumber: Dokumen penulis

Fungsi yang kedua yaitu fungsi untuk menghitung total luas perabot dengan input vektor perabotan dan jumlah perabotannya. Perhitungan dilakukan dengan mengambil elemen `e1` dan `e2` dari perabotak ke-`i` lalu keduanya dikalikan. Berikut *source code* dari fungsi *total_luas_perabotan*:

```
// Fungsi menghitung total luas perabot
double total_luas_perabotan(vektor perabotan[], int n) {
    double total_area = 0.0;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        total_area += perabotan[i].e1 * perabotan[i].e2; // hitung luas perabotan sebagai panjang * lebar
    }
    return total_area;
}
```

Gambar 4.2 Fungsi *total_luas_perabotan*

Sumber: Dokumen penulis

Ketiga, prosedur yang digunakan yaitu prosedur untuk menentukan apakah ruangan tersebut standar berdasarkan luas bidang dan tinggi ruangan tersebut. Pertama, dilakukan pengecekan terhadap luas bidang atau lantai. Pada studi kasus kali ini, perhitungan dilakukan khusus untuk ruang kantor sehingga batas minimum luas lantai adalah 8 m². Setelah itu, dilakukan pengecekan terhadap tingginya apakah memenuhi syarat minimum atau tidak. Setiap cabang kemungkinan akan melakukan output berupa standar atau tidak. Berikut *source code* dari fungsi *cek_ruangan_standar*:

```
// Fungsi menentukan apakah ruangan standar berdasarkan luas bidang dan tingginya
void cek_ruangan_standar(double luas_lantai, vektor tinggi){
    if (luas_lantai>8){
        if (luas_lantai<=50){
            if (tinggi.e3>=2.5){
                printf("Ruangan Tersebut Sudah Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            } else {
                printf("Ruangan Tersebut Belum Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            }
        } else if (luas_lantai>50&&luas_lantai<=100){
            if (tinggi.e3>=2.75){
                printf("Ruangan Tersebut Sudah Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            } else {
                printf("Ruangan Tersebut Belum Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            }
        } else if (luas_lantai>100&&luas_lantai<=250){
            if (tinggi.e3>=3){
                printf("Ruangan Tersebut Sudah Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            } else {
                printf("Ruangan Tersebut Belum Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            }
        } else if (luas_lantai>250&&luas_lantai<=2000){
            if (tinggi.e3>=3.25){
                printf("Ruangan Tersebut Sudah Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            } else {
                printf("Ruangan Tersebut Belum Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
            }
        } else {
            printf("Ruangan Tersebut Belum Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan\n");
        }
    }
}
```

Gambar 4.3 Fungsi cek_ruangan_standar
Sumber: Dokumen penulis

Keempat, prosedur yang digunakan yaitu prosedur untuk menentukan apakah ruangan tersebut optimal berdasarkan rasio area sirkulasi. Pertama, dilakukan perhitungan luas bidang, total luas perabotan, dan area sirkulasi. Selanjutnya, informasi tersebut ditampilkan di terminal pengguna. Tak lupa untuk mengecek ruangan tersebut standar atau tidak. Perhitungan area sirkulasi dengan pembagian area sirkulasi dengan luas bidang dikalikan serratus. Rasio area sirkulasi tersebut dibandingkan dengan batas optimalnya. Setiap cabang perbandingan akan melakukan output berupa optimal atau tidak disertai cara mengoptimalkannya. Berikut *source code* dari fungsi cek_ruangan_optimal:

```
// Fungsi menentukan apakah ruangan optimal berdasarkan area sirkulasi
void cek_ruangan_optimal(vektor panjang, vektor lebar, vektor tinggi, vektor perabotan[], int jumlah_perabotan) {
    double luas_bidang = outer_product_magnitude(panjang, lebar);
    double luas_perabotan = total_luas_perabotan(perabotan, jumlah_perabotan);
    double area_sirkulasi = luas_bidang - luas_perabotan;
    printf("-----\n");
    printf("INFORMASI\n");
    printf("Luas bidang ruangan: %2f m^2\n", luas_bidang);
    printf("Luas total perabotan: %2f m^2\n", luas_perabotan);
    printf("Luas area sirkulasi: %2f m^2\n", area_sirkulasi);
    printf("-----\n");
    printf("HASIL\n");
    printf("-----\n");
    // cek ruangan standar
    cek_ruangan_standar(luas_bidang, tinggi);
    // Rasio area sirkulasi optimal 200-400
    double rasio_sirkulasi = (area_sirkulasi / luas_bidang) * 100;
    if (rasio_sirkulasi >= 20.0 && rasio_sirkulasi <= 40.0) {
        printf("Ruangan tersebut optimal dengan Rasio Area Sirkulasi Sebesar %2f\n", rasio_sirkulasi);
    } else {
        if (rasio_sirkulasi < 20.0) {
            printf("Ruangan tersebut belum optimal! Kurangi perabotan agar tidak terjadi pemborosan ruangan\n", rasio_sirkulasi);
        } else if (rasio_sirkulasi > 40.0) {
            printf("Ruangan tersebut belum optimal! Tambahkan perabotan agar tidak kesulitan akses\n", rasio_sirkulasi);
        }
    }
}
```

Gambar 4.4 Fungsi cek_ruangan_optimal
Sumber: Dokumen penulis

Terakhir, main atau tempat dipanggilnya semua fungsi dan prosedur yang telah dibuat sebelumnya. Selain itu, main juga berfungsi untuk melakukan input yang akan diolah dalam perhitungan. Main meminta inputan panjang, lebar, dan tinggi dari ruang bangunan yang akan diidentifikasi. Selain itu, main juga meminta inputan jumlah perabotan dan dimensi dari setiap perabotan tersebut. Setelah semua data didapatkan, dipanggil prosedur cek_ruangan_optimal untuk mengidentifikasi

apakah ruangan tersebut sudah standar dan optimal. Berikut *source code* dari main:

```
int main() {
    printf("-----\n");
    printf("Penentu Standarisasi dan optimalisasi\n");
    printf("Dimensi Ruang Bangunan\n");
    printf("-----\n");
    // input dimensi ruangan
    vektor panjang, lebar, tinggi;
    printf("Masukkan vektor panjang ruangan (e1 e2 e3): ");
    scanf("%lf %lf %lf", &panjang.e1, &panjang.e2, &panjang.e3);
    printf("Masukkan vektor lebar ruangan (e1 e2 e3): ");
    scanf("%lf %lf %lf", &lebar.e1, &lebar.e2, &lebar.e3);
    printf("Masukkan vektor tinggi ruangan (e1 e2 e3): ");
    scanf("%lf %lf %lf", &tinggi.e1, &tinggi.e2, &tinggi.e3);
    // input jumlah perabotan
    int jumlah_perabotan;
    printf("Masukkan jumlah perabotan: ");
    scanf("%d", &jumlah_perabotan);
    vektor perabotan[jumlah_perabotan];
    for (int i = 0; i < jumlah_perabotan; i++) {
        printf("Masukkan dimensi perabotan ke-%d (e1 e2 e3): ", i + 1);
        scanf("%lf %lf %lf", &perabotan[i].e1, &perabotan[i].e2, &perabotan[i].e3);
    }
    // cek optimasi ruangan
    cek_ruangan_optimal(panjang, lebar, tinggi, perabotan, jumlah_perabotan);
    return 0;
}
```

Gambar 4.5 Main
Sumber: Dokumen penulis

Selanjutnya akan dilakukan uji coba pada program yang sebelumnya telah dijelaskan. Pertama, input vektor panjang, lebar, dan tinggi dari ruang bangunan yaitu 4 m, 3 m, dan 2.8 m. Kedua, input perabotan sejumlah tiga yaitu meja dengan dimensi 1.6 m × 0.8 m, kursi dengan dimensi 0.5 m × 0.5 m, dan lemari arsip dengan dimensi 1.2 m × 0.4 m. Selanjut program akan berjalan dan memberikan hasil bahwa ruangan tersebut sudah standar namun belum optimal. Berikut tampilan uji coba di terminal:

```
PS D:\SEMESTER 3\ALGEO> gcc makalah.c
PS D:\SEMESTER 3\ALGEO> ./a.exe
-----
Penentu Standarisasi dan Optimalisasi
Dimensi Ruang Bangunan
-----
Masukkan vektor panjang ruangan (e1 e2 e3): 4 0 0
Masukkan vektor lebar ruangan (e1 e2 e3): 0 3 0
Masukkan vektor tinggi ruangan (e1 e2 e3): 0 0 2.8
Masukkan jumlah perabotan: 3
Masukkan dimensi perabotan ke-1 (e1 e2 e3): 1.6 0.8 0
Masukkan dimensi perabotan ke-2 (e1 e2 e3): 0.5 0.5 0
Masukkan dimensi perabotan ke-3 (e1 e2 e3): 1.2 0.4 0
-----
INFORMASI
Luas bidang ruangan: 12.00 m^2
Luas total perabotan: 2.01 m^2
Luas area sirkulasi: 9.99 m^2
-----
HASIL
-----
Ruangan Tersebut Sudah Memenuhi Standar Dimensi Ruang Bangunan
Ruangan Tersebut Belum Optimal! Tambahkan perabotan agar tidak kesulitan akses!
```

Gambar 4.5 Uji Coba Program
Sumber: Dokumen penulis

V. KESIMPULAN

Penerapan aljabar geometri dalam menentukan standar dan optimalnya dimensi ruang bangunan berfokus pada pengoperasian outer product untuk menghitung luas bidang atau luas lantai. Aljabar geometri identic dengan vektor. Penggunaan vektor dalam penerapan kali ini sebagai panjang, lebar, dan tinggi ruang bangunan. Berikut rangkaian penerapan dan perhitungan dari aljabar geometri untuk menentukan standarisasi dan optimalisasi dimensi ruang bangunan:

1. Perhitungan luas bidang yang diperoleh memiliki luas 12 m²

2. Perhitungan total luas perabotan yang hanya menggunakan tiga perabotan yaitu meja kerja, kursi, dan lemari arsip dengan luas total 2.01 m².
3. Penentuan standarisasi ruang bangunan menggunakan ukuran standar ruang kantor yang telah memenuhi standar dimensi ruang bangunan untuk kategori ruang kantor.

Selanjutnya dengan menerapkan suatu program yang terbuat dari source code dengan memasukkan semua variabel dan sesuai dengan metodenya, maka dapat disimpulkan bahwa ruangan tersebut belum optimal karena rasio sirkulasinya lebih besar dari standar optimal. Namun, ruangan tersebut bisa menjadi optimal dengan menambahkan perabotan-perabotan sehingga tidak terjadi pemborosan ruangan. Sebaliknya, apabila rasio area sirkulasi lebih kecil dari standar optimal, dapat dioptimalkan dengan mengurangi perabotan-perabotan sehingga tidak kesulitan akses.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini dengan baik. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi selama proses penulisan makalah ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Ir. Rila Mandala, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pengajar yang telah memberikan arahan dalam mengerjakan makalah ini serta masukan yang sangat berharga.
2. Muhammad Su'udi dan Siti Aminah selaku orang tua yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moral.
3. Teman-teman yang turut memberikan ide, diskusi, dan motivasi dalam menyelesaikan makalah ini.
4. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga makalah ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif bagi pembaca. Saya menyadari bahwa makalah ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat saya harapkan.

VI. LAMPIRAN

Kode program secara lengkap dapat dilihat pada link github berikut: <https://github.com/wrdtlkhoir/Standar-Dimensi-Ruang.git>. Serta video penjelasan dari makalah ini dapat dilihat pada link youtube berikut: https://youtu.be/9bA16TkhimQ?si=x5_rRitHdt7bef-H.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. (2024). Aljabar Geometri (Bagian 1). 29 Desember 2024, dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-27-Aljabar-Geometri-Bagian1-2023.pdf>.

- [2] Munir, Rinaldi. (2024). Aljabar Geometri (Bagian 2). 29 Desember 2024, dari <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-28-Aljabar-Geometri-Bagian2-2023.pdf>.
- [3] Tjahjadi, Sunarto. (1996). Data Asitek Jilid 1 (Edisi 33). Jakarta: Erlangga.
- [4] Tjahjadi, Sunarto. (1996). Data Asitek Jilid 2 (Edisi 33). Jakarta: Erlangga.
- [5] Tjahjadi, Sunarto. (1996). Data Asitek Jilid 3 (Edisi 33). Jakarta: Erlangga.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 31 Desember 2024



Wardatul Khoiroh
13523001