



Perencanaan Lift Barang Pada Gedung A Kampus Institut Teknologi Kalimantan

Pianti P. Panjaitan¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: 07211068@student.itk.ac.id

Abstract

Building A of Kalimantan Institute of Technology has various function spaces on each floor, which causes the need for intensive mobilization of goods between floors. Currently, the process of transporting goods is still done manually via stairs, which risks causing injury and is not in accordance with the principles of Occupational Safety and Health (K3). Based on the Minister of Manpower Regulation No. 6 of 2017 and SNI 03-1739-2002, vertical transportation facilities such as freight elevators are required to meet safety and accessibility aspects. This research aims to design a safe and efficient freight elevator for Building A with the main structure using steel. The planning results show that the freight elevator has a capacity of 500 kg, carriage dimensions of 1.83 x 1.3 x 2.1 meters, 8 mm diameter steel slings, and a 17 HP drive motor. The main structure is designed with 200x200x8x12 mm H-beam columns and 150x100x6x9 mm IWF beams and 150x100x6x9 mm IWF lateral stiffeners (braces), while the foundation uses 30 cm diameter drill piles 8.6 meters deep. The total estimated cost of the elevator construction is IDR 435,615,821.74. Risk analysis shows that the highest potential hazard comes from overload conditions, but can be controlled through the installation of sensors and alarms. With this planning, it is expected that the process of transporting goods in Building A will be safer, more efficient, and in accordance with technical standards.

Keywords: Freight elevator, Steel, Cost, Danger, Risk of freight elevator.

Abstrak

Gedung A Institut Teknologi Kalimantan memiliki berbagai fungsi ruang di setiap lantainya, yang menyebabkan perlunya mobilisasi barang antar lantai secara intensif. Saat ini, proses pengangkutan barang masih dilakukan secara manual melalui tangga, yang berisiko menyebabkan cedera dan tidak sesuai dengan prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 6 Tahun 2017 dan SNI 03-1739-2002, diperlukan fasilitas transportasi vertikal seperti lift barang untuk memenuhi aspek keselamatan dan aksesibilitas. Penelitian ini bertujuan merancang lift barang yang aman dan efisien untuk Gedung A dengan struktur utama menggunakan baja. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa lift barang memiliki kapasitas 500 kg, dimensi kereta 1,83 x 1,3 x 2,1 meter, sling baja diameter 8 mm, dan motor penggerak berkekuatan 17 HP. Struktur utama dirancang dengan kolom H-beam 200x200x8x12 mm dan balok IWF 150x100x6x9 mm serta pengaku lateral (bresing) IWF 150x100x6x9 mm, sedangkan pondasi menggunakan bor pile berdiameter 30 cm sedalam 8,6 meter. Total estimasi biaya pembangunan lift sebesar Rp 435.615.821,74. Analisis risiko menunjukkan bahwa potensi bahaya tertinggi berasal dari kondisi overload, namun dapat dikendalikan melalui pemasangan sensor dan alarm. Dengan perencanaan ini, diharapkan proses pengangkutan barang di Gedung A menjadi lebih aman, efisien, dan sesuai standar teknis.

Kata Kunci: Lift barang, Baja, Biaya, Bahaya, Risiko lift barang.



1. Pendahuluan

Gedung A di Institut Teknologi Kalimantan (ITK) adalah bangunan bertingkat yang memiliki berbagai fungsi ruang, seperti ruang unit pelayanan dan kantor dosen serta tendik, perpustakaan, auditorium, dan fasilitas tambahan lainnya. Kegiatan operasional di gedung ini menghadapi kendala signifikan terkait proses pemindahan barang antar lantai. Pengangkutan logistik seperti perabot, dokumen, elektronik, dan perlengkapan acara masih dilakukan secara manual menggunakan tangga.

Metode konvensional ini tidak hanya memakan waktu dan tenaga, tetapi juga menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bagi staf dan potensi kerusakan barang. Ini tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku, seperti Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 6 Tahun 2017 tentang K3 Lift, dan standar aksesibilitas, seperti PP No. 36 Tahun 2005 dan SNI 03-1739-2002, yang menegaskan bahwa lift adalah sarana transportasi vertikal yang sangat penting pada gedung bertingkat untuk memastikan aksesibilitas bagi semua orang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perancangan lift barang menjadi solusi yang penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah desain lift barang yang spesifikasinya disesuaikan dengan kebutuhan Gedung A, sebagai usulan teknis untuk menunjang produktivitas dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang menggabungkan metode numerik dan analisis untuk menghasilkan desain yang komprehensif. Proses penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai langkah awal untuk mengumpulkan referensi teoretis perencanaan lift barang untuk menetapkan dasar perancangan. Studi literatur berfokus pada spesifikasi teknis, analisis pembebanan, material struktur baja, sistem interkoneksi dan angkur, serta perangkat lunak yang relevan untuk pemodelan. Hasil dari studi literatur ini akan menjadi landasan untuk menentukan asumsi rancangan awal, bentuk struktur, dimensi, serta penempatan lokasi lift pada kondisi eksisting di Gedung A Institut Teknologi Kalimantan.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti dibagi menjadi dua jenis data untuk mendukung seluruh tahapan analisis.

2.2.1 Data Primer

Data ini diperoleh dengan melakukan wawancara untuk mengetahui dimensi barang terbesar dan berat barang maksimum sebagai acuan perencanaan desain lift barang. Selain itu, dilakukan observasi lapangan untuk mengetahui letak atau posisi rencana lift barang akan dibangun atau ditempatkan.

2.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup gambar kerja (denah dan potongan) serta data tanah Gedung A, didukung oleh referensi dari jurnal ilmiah, buku, dan standar perancangan luar negeri maupun Indonesia terkait. Data yang terlebih dahulu harus dimiliki oleh peneliti adalah ketersediaan lokasi atau tempat pada area gedung A dimana perencanaan dimensi lift barang dan strukturnya harus disesuaikan dengan lokasi yang tersedia berdasarkan gambar kerja.



2.3 Penentuan Lokasi

Denah Gedung A akan menjadi acuan awal dalam memposisikan lift barang dan merencanakan dimensi lift barang atau luas lift barang sesuai dengan kondisi eksisting. Dengan berdasarkan denah yang tersedia, peneliti merencanakan 3 opsi posisi lift barang yang terbagi menjadi posisi A, posisi B, dan posisi C. Pemilihan lokasi terbaik dilakukan menggunakan metode matriks pros and cons dengan kriteria evaluasi meliputi aksesibilitas, ketersediaan ruang, efisiensi operasional, keamanan pengguna, dan estimasi biaya konstruksi.

Dari hasil penilaian berupa skala pada setiap kriteria yang ditetapkan, maka diperoleh skor dari setiap posisi lift. Didapatkan skor tertinggi berada pada posisi B, dimana nilai skor aksesibilitas adalah 3, ruang tersedia memiliki skor 5, efisiensi operasional dengan skor 5, kenyamanan dan keamanan pengguna memiliki skor 4. Maka dari hasil penjumlahan skor pada posisi B didapatkan total skor adalah 22.

2.4 Perancangan Spesifikasi Teknis

Berdasarkan data yang telah terkumpul, dilakukan perancangan spesifikasi teknis lift, meliputi kapasitas angkut, dimensi kereta (sangkar), jenis tali baja, dan daya motor listrik yang dibutuhkan.

2.4.2 Kapasitas

Penentuan kapasitas lift barang ditentukan berdasarkan beban maksimum (kg) yang diangkut dalam suatu gedung tersebut. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitas lift barang.

$$Q = \text{Beban maksimum} \times \text{Jumlah item (dalam sekali angkut)}$$

2.4.3 Sangkar/Kereta

Sangkar atau kereta yang digunakan pada lift barang penelitian ini dapat dihitung berdasarkan dimensi barang yang digunakan pada perhitungan kapasitas lift barang sebelumnya. Dimensi sangkar dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

$$P = \text{Panjang barang} \times \text{Jumlah barang}$$

2.4.4 Tali Kawat Baja

Tali yang digunakan menarik sangkar harus dirancang menggunakan tali yang materialnya berasal dari baja atau logam lainnya. Tali baja yang direncanakan dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

Diameter utama tali kawat baja (d) :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Tegangan tarik tali kawat baja utama (σ_i)

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{K}$$

Tegangan tarik utama yang sebenarnya terjadi (σ_t) :

$$\sigma_t = \frac{S}{A} + \frac{\delta \times E'}{D_{\min} \times d}$$



Kontrol tegangan tarik tali baja :

$$\sigma_t < \sigma_i$$

2.4.5 Perencanaan Motor Listrik

Pemilihan sistem penggerak lift barang dengan sistem motor traksi dilakukan dengan pertimbangan kelebihan dan kekurangan dari setiap sistem penggerak. Penggunaan sistem penggerak dengan motor traksi dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$N = \frac{(Q + G_k) \cdot V}{\eta}$$

2.5 Perencanaan Struktur Atas

Selanjutnya, dilakukan perancangan struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dimensi awal elemen struktur seperti kolom dan balok diasumsikan untuk kemudian dianalisis berdasarkan pembebanan yang berlaku.

2.5.1 Analisis Balok

Analisis balok dilakukan dengan menghitung momen nominal kemudian dilakukan kontrol terhadap momen ultimate. Lendutan pada balok dan kapasitas geser dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

Momen nominal :

$$M_p = M_n = F_y \times Z_x$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n \geq M_u$$

Lendutan :

$$\Delta_{maks} < \Delta_{ijin}$$

Kapasitas geser :

$$\phi V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$\text{Syarat : } \phi V_n > V_u$$

2.5.2 Analisis Kolom

Pada elemen kolom akan dilakukan perhitungan terhadap kapasitas elemen tarik aksial, tekan aksial, momen lentur dan geser lentur.

Aksial :

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$\text{Syarat : } \frac{P_n}{\Omega} > P_u$$

Momen nominal :

$$M_n = f_{cr} \times A_g$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = M_p$$

$$M_n = f_y \times Z_x$$



$$\text{Syarat : } \phi M_n \geq M_u$$

2.5.3 Analisis Pengaku Lateral (Bresing)

Pada bresing dilakukan kontrol kapasitas terhadap kuat tarik dan kuat tekan dari elemen tersebut. Kuat tekan nominal :

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$\text{Syarat : } \phi P_n \leq P_u \text{ tekan}$$

Kuat tarik :

$$P_{\max} = R_y \times F_y \times A_g$$

$$\phi P_n = 0,9 \times f_y \times A_g$$

2.5.4 Analisis Pelat

Pada pelat hanya dirancang untuk memikul gaya lentur, sehingga tidak diperlukan penambahan sengkang karena pelat tidak pernah mengalami kegagalan geser.

Momen akibat tulangan :

$$\phi M_n = \phi \left[A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

2.5.5 Analisis Sambungan

A. Balok-kolom

Pada sambungan balok dan kolom menggunakan sambungan baut dan las, dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

Tahanan tarik baut :

$$R_n = \phi \times A_{bd} \times F_{nt}$$

Tahanan geser baut :

$$R_n = \phi \times A_{bd} \times F_{nv}$$

Tahanan tumpu baut :

$$R_n = \phi \times d_b \times t_p \times f_u$$

Tahanan las :

$$R_n = \phi \times f_u \times a_{\text{las}}$$

$$\text{Syarat : } \phi R_n > P_u$$

B. Bresing

Sambungan bresing baja merupakan bagian penting dalam struktur baja yang berfungsi menghubungkan elemen-elemen bresing (pengaku) dengan elemen utama seperti balok dan kolom, sehingga mampu menyalurkan gaya lateral dan menjaga stabilitas serta kekakuan struktur secara keseluruhan. Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung sambungan bresing

Tahanan geser baut :

$$R_n = \phi \times A_{bd} \times F_{nv}$$

Tahanan tumpu baut :

$$R_n = \phi \times d_b \times t_p \times f_u$$



Kontrol tekuk pelat buhul :

$$\phi N_n = \phi \times A_g \times \frac{f_y}{\omega}$$

$$\text{Syarat : } \phi N_n \geq P_u$$

2.5.6 Analisis Sambungan Pelat Dasar Kolom (*Base Plate*)

Persamaan yang dipakai untuk menghitung sambungan pada pelat dasar kolom adalah sebagai berikut.

Menentukan *small/large moment base plate* :

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$e_{\text{kritis}} = \frac{N}{2} \times \frac{P_u}{2 \times q_{\text{maks}}}$$

Syarat *small moment base plate* : $e < e_{\text{kritis}}$

Syarat *large moment base plate* : $e > e_{\text{kritis}}$

2.5.7 Perencanaan pedestal

Untuk menghitung tulangan hasil pedestal dapat digunakan software *SPCcolumn*, kemudian kontrol tulangan utama dan tulangan sengkang secara manual. Berikut persamaan yang digunakan dalam perhitungan kapasitas pedestal.

Check aksial :

$$P_n = 0,85 \times f'_c \times b \times a + A_s' \times f_s' - A_s \times f_s$$

$$\text{Syarat : } \phi P_n > P_u$$

Check momen :

$$M_n = (f'_c \times b \times a) \times \left(y - \frac{a}{2}\right) + (A_s \text{ req} \times f_s) \times (y - d') + (A_s \text{ req} \times f_s) \times (d - y) \times b$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

Check geser :

$$V_{c1} = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times h$$

$$\text{Syarat : } \phi V_c > V_u$$

2.6 Perencanaan Struktur Bawah

2.6.1 Analisis Pondasi

Sebelum melakukan analisis perhitungan pada pondasi, sebaiknya dilakukan pemilihan jenis pondasi terlebih dahulu agar menciptakan struktur yang kuat, aman dan efisien. Persamaan yang digunakan untuk menghitung pondasi menggunakan *bored pile* adalah sebagai berikut.

Kapasitas daya dukung *bored pile* dengan metode Aoko & De Alencar :

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q}{SF}$$

Penurunan pondasi metode Vesic 1997 :

$$S_e = S_1 + S_2 + S_3$$

Lateral pondasi :

$$H_{u \text{ all}} = \frac{H_u}{SF}$$



2.6.2 Perencanaan *Pile Cap*

Perencanaan *pile cap* pada pondasi bored pile ini direncanakan menggunakan standart SNI 2847-2019, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Menghitung nilai momen nominal (M_n) dan momen ultimate (M_u):

$$M_n = 0,85 \times f'_c \times a \times b \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_u = \phi \times M_n$$

$$\text{Syarat : } M_u > M_n$$

2.7 Analisis bahaya dan pengendalian risiko

Dalam menganalisis bahaya dan pengendaliannya ada beberapa metode seperti metode JSA (*job safety analysis*), *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)* / HIRADC, *Fault Tree Analysis (FTA)* dan metode lainnya. Pada penelitian ini metode analisis bahaya dan risiko yang digunakan adalah metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)* / HIRADC.

2.7.1 Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan untuk mengenali berbagai potensi bahaya secara menyeluruh, dimana proses ini bertujuan untuk menilai potensi bahaya yang mungkin timbul akibat bahan, alat, atau sistem yang ada pada lift barang sehingga dapat dilakukan atau direncanakan pengendalian risiko yang efektif. Bahaya yang akan diidentifikasi berasal dari bahaya fisik, biologi, kimia, ergonomi, dan psikologi.

2.7.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Penilaian risiko diukur dengan tingkat kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*) dan keparahan (*severity*) dengan pertimbangan kondisi atau situasi yang harus dilindungi, seperti manusia, aset, dan lingkungan.

2.7.2 Implementasi mitigasi risiko dalam desain

Implementasi mitigasi risiko dalam desain merupakan pengaplikasian atau implementasi hasil dari saran atau rekomendasi terhadap risiko bahaya yang mungkin terjadi pada suatu pekerjaan atau kegiatan.

2.8 Gambar kerja

Gambar kerja merupakan salah satu elemen yang paling penting dalam dunia konstruksi. Karena gambar kerja memuat informasi detail teknis seperti dimensi, material, spesifikasi teknik, metode konstruksi, hingga intruksi khusus yang harus diikuti oleh tim pelaksana di lapangan. Gambar kerja juga berfungsi sebagai dokumentasi proyek, meminimalkan kesalahan, dan mempermudah komunikasi.

2.9 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam menghitung atau merencanakan anggaran biaya suatu proyek dilakukan langkah - langkah perhitungan sebagai berikut.

2.8.1 Persiapan Gambar kerja

Gambar kerja memiliki fungsi yang sangat penting dalam menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) karena menjadi dasar utama untuk menentukan jenis, volume, dan spesifikasi pekerjaan



yang akan dilaksanakan dalam suatu proyek konstruksi. Dengan gambar kerja yang lengkap dan detail, tim perencana dapat mengidentifikasi semua komponen pekerjaan, mulai dari ukuran, bentuk, hingga jenis material yang digunakan, sehingga memudahkan perhitungan volume pekerjaan secara akurat.

2.8.2 Volume

Perhitungan masing-masing volume pekerjaan disesuaikan dengan gambar kerja yang telah ditentukan agar didapatkan hasil yang mendekati kenyataan. Untuk gedung bertingkat perhitungan volume dihitung secara terpisah sesuai dengan dimensi dan spesifikasi yang telah ditentukan.

2.8.3 AHSP dan HSP

Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) digunakan untuk menghitung harga satuan pekerjaan konstruksi yaitu perkalian kebutuhan bahan, upah peralatan dengan harga bahan konstruksi yang digunakan, standar pekerja dan harga sewa/pembelian alat yang akan dipakai untuk menyelesaikan pekerjaan per satuan.

2.8.4 Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi RAB akan dilakukan setelah semua item pekerjaan selesai dihitung. Rekapitulasi RAB bertujuan untuk mengetahui hasil akhir atau nilai akhir dari perhitungan RAB yang telah dilakukan dan rekapitulasi RAB merupakan biaya pembangunan proyek tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Spesifikasi Lift Barang

Spesifikasi lift merupakan hal yang sangat perlu direncanakan dengan matang, karena spesifikasi lift akan menentukan fungsi lift tersebut. Spesifikasi lift akan menggambarkan ukuran, kapasitas, komponen atau fitur-fitur dalam sebuah lift tergantung dengan kebutuhan penggunaannya. berikut ini merupakan hasil perhitungan dari spesifikasi lift barang.

3.1.1 Kapasitas

Kapasitas lift barang yang telah ditentukan berdasarkan beban maksimum (kg) yang diangkut dalam suatu gedung A pada kampus ITK adalah 500 kg.

3.1.2 Dimensi kereta/sangkar

Dimensi lift barang berdasarkan dimensi barang yang diangkut sesuai dengan perhitungan kapasitas lift yang didapatkan adalah 1,8 m x 2,3 m x 2,1 m.

3.1.3 Tali kawat baja

Tali kawat baja yang digunakan berdiameter 8 mm dengan nilai tegangan yang terjadi pada tali adalah 320,22 N/mm² dan tegangan ijin adalah 327,27 mm².

3.1.4 Motor listrik

Motor listrik yang digunakan sebagai sistem penggerak lift barang dilampirkan dalam bentuk tabel berikut ini.



Tabel 3. 1 Spesifikasi motor listrik

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Kecepatan angkat	V	1	m/s
Efisiensi total	η	0,85	

3.2 Struktur atas

3.2.1 Balok

Berdasarkan hasil permodelan dan pembebanan yang telah dilakukan menggunakan profil baja IWF 150x100x6x9, dapat disimpulkan bahwa kapasitas momen pada balok dapat menahan momen yang bekerja pada elemen tersebut. Berikut hasil permodelan dan perhitungan teoritis yang dilampirkan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 3. 2 Gaya dalam dan hasil analisis balok

Kode	Momen lentur			Kontrol Mu <	Tahanan geser			Kontrol Vu <
	Mn	Mu	ΦMn		Vn	Vu	ΦVn	
	kN-m	kN-m	kN-m		kN	kN	kN	
B1-1	18519	54,8963	16667,1	OK	127872	57,901	115085	OK
B1-2	39242	22,6615	29808	OK	127872	49,006	115085	OK
B1-3	18519	54,8963	16667,1	OK	127872	57,901	115085	OK
B1-4	39242	22,6615	29808	OK	127872	49,006	115085	OK
B2-1	16005,7	34,3084	14405,1	OK	127872	38,427	115085	OK
B2-2	39291,1	12,8181	29808	OK	127872	33,159	115085	OK
B2-3	16005,7	34,3084	14405,1	OK	127872	38,427	115085	OK
B2-4	39291,1	12,8181	29808	OK	127872	33,159	115085	OK
B3-1	6435,34	48,9273	5791,8	OK	127872	86,092	115085	OK
B3-2	1913,61	45,6239	1722,25	OK	199800	72,936	179820	OK
B3-3	6435,34	48,9273	5791,8	OK	127872	86,092	115085	OK
B3-4	1913,61	45,6239	1722,25	OK	199800	72,936	179820	OK

Tabel 3. 3 Hasil analisis lendutan balok

Kode	Lendutan		Kontrol $\Delta_{maks} < \Delta_{izin}$
	Δ ijin	Δ_{max}	
	m	m	
B1-1	0,006	0,001	OK
B1-2	0,005	0,003	OK
B1-3	0,00619	0,00139	OK
B1-4	0,00469	0,0033	OK
B2-1	0,006	0,001	OK
B2-2	0,005	0,002	OK



Kode	Lendutan		Kontrol $\Delta_{maks} < \Delta_{izin}$
	Δ ijin m	Δ_{max} m	
B2-3	0,00619	0,00087	OK
B2-4	0,00469	0,00187	OK
B3-1	0,006	0,001	OK
B3-2	0,005	0,004	OK
B3-3	0,00619	0,00124	OK
B3-4	0,00469	0,00375	OK

3.2.2 Kolom

Pada elemen kolom menggunakan profil H-Beam 200x200x8x12 akan dilakukan perhitungan terhadap kapasitas elemen tarik aksial, tekan aksial, momen lentur dan geser lentur. Perhitungan ini dilakukan untuk pengecekan kapasitas balok yang terdapat pada kerangka guna mengetahui besar nilai kapasitas penampang.

Tabel 3. 4 Gaya dalam aksial dan hasil analisis kolom

Kode	Tarik aksial			Kontrol $P_n/\Omega > P_u$	Tekan aksial			Kontrol $P_n/\Omega > P_u$
	P_u	P_n	P_n/Ω		P_u	P_n	P_n/Ω	
	kN	kN	kN		kN	kN	kN	
K1	1175,31	1524,72	1177,22	OK	1176,08	1306,75	1177,22	OK
K2	621,571	2350,61	1175,31	OK	621,571	1306,75	1176,08	OK
K3	200,969	2350,61	1175,31	OK	200,969	1306,75	1176,08	OK

3.2.3 Pengaku lateral (bresing)

Setelah dilakukan permodelan terhadap sistem pengaku lateral pada software SAP200 menggunakan profil H-Beam 200x200x8x12, selanjutnya dilakukan kontrol kapasitas penampang. Hasil analisis perhitungan dilampirkan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Hasil Analisis Kapasitas Penampang Bresing

Kode	Aksial		Gese	Mome	Nilai kuat rencana putus		KONTROL
	Tekan kN	Tarik kN	V_u kN	M_u kN	ϕP_n kN	ϕP_n (terkecil) kN	
1-Y	183,68	273,85	5,79	2,602	511,7	511,70	OK
1-X	333,17	516,19	7,41	8,615	511,7	511,70	OK
2-Y	138,29	223,17	5,45	1,626	511,7	511,70	OK
2-X	254,88	340,91	6,85	3,276	511,7	511,70	OK
3-Y							



Kode	Aksial		Gese	Mome	Nilai kuat rencana putus		
	Tekan	Tarik	Vu	Mu	ϕP_n	ϕP_n (terkecil)	KONTROL
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
1-Y	94,64	157,18	5,22	1,734	511,7	511,70	OK
3-X	66,587	280,18	8,19	3,998	511,7	511,70	OK
1-Y							

3.2.4 Pelat lantai

Setelah dilakukan analisis perhitungan pada pelat lantai maka pelat lantai menggunakan 6 buah tulangan dengan jarak 350 mm.

3.2.5 Sambungan

A. Sambungan balok-kolom

Sambungan balok dan kolom pada struktur lift barang ini tidak hanya dipengaruhi oleh gaya geser dan gaya tarik yang terjadi pada struktur tersebut tetapi juga dipengaruhi oleh mutu material balok, kolom, plat sambung serta mutu baut rencana. Berikut adalah hasil dari analisis perhitungan sambungan balok-kolom.

Tabel 3. 6 Hasil analisis sambungan baut

Kode	Diameter	Jumlah	Jarak antar baut	Jarak tepi baut
	baut mm	baut Buah	S mm	S1 mm
B1-1	16	2	43	22
B1-2	16	2	43	22
B1-3	16	2	43	22
B1-4	16	2	43	22
B2-1	16	2	43	22
B2-2	16	2	43	22
B2-3	16	2	43	22
B2-4	16	2	43	22
B3-1	16	2	43	22
B3-2	16	2	43	22
B3-3	16	2	43	22
B3-4	16	2	43	22



Tabel 3. 7 Hasil analisis pelat penyambung

Kode	Pelat sambung mm	Kuat fraktur Rn kN	Kuat leleh Rn kN	Rn pakai kN	Kuat geser Vu SAP kN	Rn>Vu SAP
B1-1	L90x90x10	270	168,75	168,75	41727,3	OK
B1-2	L90x90x10	270	168,75	168,75	8794,02	OK
B1-3	L90x90x10	270	168,75	168,75	49,0052	OK
B1-4	L90x90x10	270	168,75	168,75	49,0052	OK
B2-1	L90x90x10	270	168,75	168,75	38,4264	OK
B2-2	L90x90x10	270	168,75	168,75	38,4264	OK
B2-3	L90x90x10	270	168,75	168,75	33,1585	OK
B2-4	L90x90x10	270	168,75	168,75	33,1585	OK
B3-1	L90x90x10	270	168,75	168,75	86,0906	OK
B3-2	L90x90x10	270	168,75	168,75	86,0906	OK
B3-3	L90x90x10	270	168,75	168,75	72,9348	OK
B3-4	L90x90x10	270	168,75	168,75	72,9348	OK
BG	L90x90x10	270	168,75	168,75	72,9348	OK

B. Sambungan bresing

Sambungan bresing harus dirancang agar mampu menahan gaya-gaya yang bekerja, baik dari beban gempa, angin, maupun beban lainnya, sehingga kegagalan sambungan dapat dihindari dan struktur tetap aman. Berikut merupakan hasil perhitungan analisis sambungan bresing.

Tabel 3. 8 Hasil analisis tahanan dan sambungan baut

Kode	Kuat geser baut	Kuat tumpu baut	Diameter baut	Jumlah baut	Jarak baut ketepi pelat	Jarak antar baut
	ϕV_n kN	ϕR_n kN	db mm	n buah	S m	S1 m
BC1-1	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC1-2	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC1-3	56,06784	0,0432	16	6	0,025	0,05
BC1-4	56,06784	0,0432	16	6	0,025	0,05
BC1-5	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC1-6	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC2-1	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC2-2	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC2-3	56,06784	0,0432	16	6	0,025	0,05
BC2-4	56,06784	0,0432	16	6	0,025	0,05
BC2-5	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC2-6	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC3-1	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC3-2	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05



Kode	Kuat geser baut	Kuat tumpu baut	Diameter baut	Jumlah baut	Jarak baut ketepi pelat	Jarak antar baut
	ϕV_n	ϕR_n	db	n	S	S1
	kN	kN	mm	buah	m	m
BC3-3	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC3-4	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC3-5	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05
BC3-6	56,06784	0,0432	16	4	0,025	0,05

Tabel 3. 9 Hasil analisis sambungan las sudut

Kode	Tebal las m	λc	ω	Kontrol $\lambda c \leq \omega$	ϕN_n kN	P_u kN	Kontrol
BC1-1	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	183,688	OK
BC1-2	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	183,688	OK
BC1-3	0,01	0,053754	1	OK	3075,3	333,178	OK
BC1-4	0,01	0,053754	1	OK	3075,3	333,178	OK
BC1-5	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	183,688	OK
BC1-6	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	183,688	OK
BC2-1	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	138,295	OK
BC2-2	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	138,295	OK
BC2-3	0,01	0,053754	1	OK	3075,3	254,883	OK
BC2-4	0,01	0,053754	1	OK	3075,3	254,883	OK
BC2-5	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	138,295	OK
BC2-6	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	138,295	OK
BC3-1	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	94,64	OK
BC3-2	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	94,64	OK
BC3-3	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	66,587	OK
BC3-4	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	66,587	OK
BC3-5	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	94,64	OK
BC3-6	0,01	0,046267	1	OK	2391,9	94,64	OK

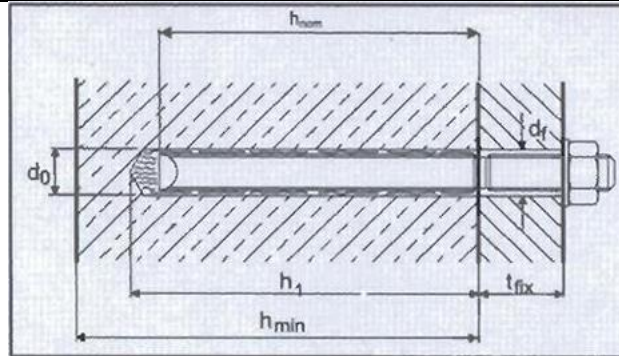
3.2.6 Sambungan pelat dasar kolom (*base plate*)

Dari hasil perhitungan didapatkan tebal pelat 16,9 mm, untuk faktor keselamatan dan ketersediaan produk, digunakan tebal plat baja HRP (Hot Rolled Plate) dari Krakatau Steel dengan ketebalan 20 mm. Selanjutnya setelah dilakukan trial untuk dimensi angkur. Digunakan angkur dari Hilti dengan jenis angkur RE 500 + Has M12. Berikut merupakan tabel dimensi dan mutu angkur.



Tabel 3. 10 Spesifikasi ankur M12

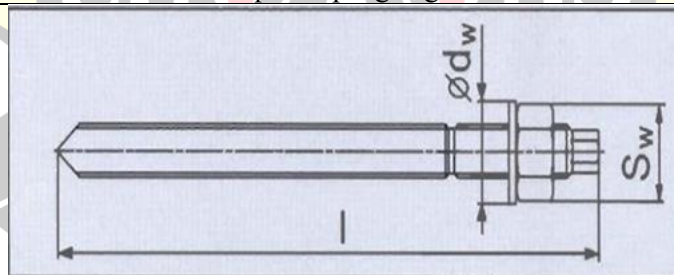
Gambar penampang ankur M12



Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
<i>Drill bit diameter</i>	d0	14	mm
<i>Hole depth</i>	h1	115	mm
<i>Nom. anchor depth</i>	hnom	110	mm
<i>Min. thickness of base material</i>	hmin	140	mm
<i>Max fixture thickness</i>	tfix	14	mm
<i>Clearance required</i>	df	14	mm

Tabel 3. 11 Spesifikasi ankur M12

Gambar penampang ankur M12



<i>Anchor length</i>	I	110	mm
<i>Stressed cross section</i>	A	84,3	mm
<i>Nominal tensile strength</i>	fu	500	Mpa
<i>Yield strength</i>	fy	400	Mpa
<i>Width across flats</i>	Sw	13	mm
<i>Washer diameter</i>	dw	24	mm

3.2.7 Pedestal

Pada perencanaan pedestal dilakukan analisis kebutuhan tulangan utama menggunakan software SPColumn dimana didapatkan kebutuhan tulangan utama 8-D19 dengan rasio tulangan 1,42 %. Kebutuhan tulangan masih cukup efisien mengingat rasio tulangan berada diantara 1% sampai 4%. Kemudian dilakukan kontrol tulangan utama dan tulangan sengkang secara manual. Berikut data perencanaan yang dilampirkan dalam bentuk tabel dibawah ini.



Tabel 3. 12 Data perencanaan pedestal

Gaya dalam			
Gaya aksial ultimate	Pu	1177,219	kN
Gaya momenl ultimate	Mu	73,0231	kNmm
Gaya geser ultimate	Vu	27,907	kN
Data pedestal			
Mutu beton	f'c	25	Mpa
Mutu tulangan	fy	400	Mpa
Lebar pedestal arah x	bx	350	mm
Lebar pedestal arah y	by	350	mm
Tinggi pedestal	h	350	mm
Selimut beton	d'	40	mm
Jarak efektif tulangan	d	310	mm
Modulus elastisitas	Es	200000	Mpa
	b1	0,85	
	y	175	mm

Maka dari hasil analisis tulangan yang telah dilakukan didapatkan tulangan utama D16 sebanyak 8 tulangan dan digunakan sengkang dengan diameter Ø10 dan jarak antar tulangan adalah 100 mm.

3.3 Struktur bawah

3.3.1 Pondasi

Perencanaan pondasi dilakukan dengan menggunakan data tanah lapangan yaitu hasil uji sondir . Berikut adalah tabel data perencanaan untuk perhitungan pondasi *bored pile*.

Tabel 3. 13 Data perencanaan pondasi

Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan
Kedalaman tiang tanah keras		8,6	m
Diameter bored pile	d	300	mm
Tebal dinding/selimut beton	d'	75	mm
Mutu tiang bor	F'c	30	Mpa
Luas penampang	Ab	70650	Mm2
Berat jenis baja		7850	
Berat jenis beton		2400	

Kebutuhan tulangan utama pada tiang bor digunakan software SPColumn dimana didapatkan kebutuhan tulangan utama 8-D1 dengan rasio tulangan 2,25 %. Kebutuhan tulangan masih cukup efisien mengingat rasio tulangan berada diantara 1% sampai 4%. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukandapat disimpulkan bahwa kebutuhan tulangan sengkang tiang bor didapatkan Ø10-110.



3.3.1 Pile cap

Perencanaan *pile cap* pada pondasi *bored pile* ini direncanakan menggunakan standart SNI 2847-2019, dengan menggunakan data perencanaan berikut ini.

Tabel 3. 14 Data perencanaan *pile cap*

Data perencanaan <i>pilecap</i>				
Keterangan	Simbol	Nilai	Satuan	
Diameter <i>bored pile</i>	d	300	mm	
Panjang pondasi	L	6800	mm	
Mutu beton	f _c	25	Mpa	
Mutu baja	f _y	400	MPa	
Gaya aksial	P _u	28,78	kN	

Dari hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan dimensi *pile cap*, dengan panjang 600 mm, lebar 600 mm dan tinggi 300 mm. Dengan tulangan bawah D16, jarak 100 mm dan jumlah tulangan 6 buah. Tulangan atas didapatkan dari 20% As tulangan bawah dengan dimateret tulangan atas adalah D13 dan jarak antar tulangan 100 mm dan jumlah tulangan adalah 6 buah.

3.3 Analisis bahaya dan pengendalian risiko

Pada penelitian ini metode analisis bahaya dan risiko yang digunakan adalah metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) / HIRADC karena metode ini termasuk metode yang analisisnya sistematis, menyeluruh, dan terstruktur dalam mengidentifikasi berbagai masalah yang memengaruhi proses dan risiko terkait peralatan yang dapat membahayakan orang atau pekerja, peralatan atau sistem yang ada dalam proyek tersebut. Berikut adalah hasil dari analisis menggunakan metode HIRADC, sebagai berikut.

Tabel 3. 15 Dampak dan rekomendasi/saran

Stages of work	Potential hazards	Possible risk	Recommended procedures and actions
Loading barang	Adanya celah antara <i>carlift</i> dengan lantai	Terjepit di area celah	Pelat penutup celah
	Perbedaan elevasi antara lantai <i>car lift</i> dengan lantai beton	Tersandung atau terjatuh	Pelat yang dipasang miring
	Tinggi <i>carlift</i> yang tidak sesuai/aman	Terbentur ke bagian atas <i>car lift</i>	Tinggi <i>carlift</i> yang sesuai
	Pintu tidak tertutup rapat	• Terjepit pintu lift • Kerusakan barang	Pengunci pintu
Operasi lift	Overload	• Kerusakan mekanis • Kegagalan sling rope	Sensor overload dan alarm



SPECTA Journal of Technology

E-ISSN : 2622-9099

P-ISSN : 2549-2713

Homepage jurnal: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>



		- Kerusakan barang krn terjatuh dari ketinggian - Cedera atau luka berat	
	- Kerusakan barang krn terjatuh dari ketinggian - Operator mengalami Cedera atau luka/benturan	Safety Brake System (Rem Otomatis) Keamanan	
	<i>sling rope</i> mengalami aus (putus)	Kebisingan (telinga sakit)	
	Roda dan rel macet	<i>Car lift</i> tidak berjalan lancar	Box oli
		Luka atau cedera berat	
	Barang bergeser atau tidak stabil	Kerusakan barang krn terjatuh dari ketinggian	Muatan tersusun rapi dan stabil
		Luka atau cedera berat	
		- Lift berhenti mendadak/baran g terjebak - Kerusakan barang krn terjatuh dari ketinggian	Sistem Backup Daya (UPS atau Battery Backup) (ke power panel)
	Malfungsi sistem lift	Luka atau cedera berat	
	Korsleting / komponen rusak	Tersengat	Emergency button
Unloading barang	Leveling lift yang tidak akurat	carlift berhenti tidak tepat pada lantai tertentu	Sistem kontrol elevator (tombol elevator)
	Adanya celah antara carlift dengan lantai tidak sama	Terjepit diantara celah car lift dan lantai	Pelat penutup celah
	Perbedaan elevasi antara lantai car lift dengan lantai beton	Tersandung atau terjatuh	Pelat yang dipasang miring
	Tinggi carlift yang tidak sesuai	Terbentur ke bagian atas car lift	Tinggi carlift yang sesuai
	Pintu tidak tertutup rapat	- Terjepit pintu lift - Cedera atau luka	Pengunci pintu



Kerusakan barang

3.4 Rencanan Anggaran Biaya (RAB)

RAB meliputi instalasi, serta komponen utama lift seperti sistem penggerak, alat pengaman, dan mekanisme kontrol yang dirancang agar memenuhi kebutuhan operasional kampus secara optimal. Berikut merupakan hasil perhitungan RAB yang telah dilakukan peneliti.

Tabel 3. 16 Rekap rencana anggaran biaya (RAB) pekerjaan lift barang

No	Uraian pekerjaan	Total harga
I	Pekerjaan Persiapan	2.075.305,26
II	Pekerjaan Tanah	1.686.291,23
III	Pekerjaan Pondasi Bore Pile dia. 0,3 m	13.753.206,72
IV	Pekerjaan Beton	116.580.749,22
V	Pekerjaan Baja	169.049.193,83
VI	Pekerjaan Arsitektur	75.484.695,00
VII	Pekerjaan MEP	13.817.245,00
	Jumlah	392.446.686,25
	PPN (11%)	43.169.135,49
	Total	435.615.821,74
	Terbilang	Empat ratus tiga puluh lima juta enam ratus lima belas ribu delapan ratus dua puluh satu rupiah

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian yang akan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang timbul pada awal penelitian.

1. Spesifikasi teknis lift barang yang didapatkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan peneliti adalah sebagai berikut. Pertama kapasitas lift yang digunakan adalah 500 kg. Parameter kedua, dimensi sangkar atau kereta lift didapatkan dimensi 1,83 X 1,3 X 2,1 meter. Parameter ketiga, didapatkan jenis tali/sling material baja dengan diameter tali 8 mm. Parameter keempat, daya motor listrik yang dihasilkan dari perhitungan peneliti adalah 17 HP.
2. Peneliti telah melakukan permodelan dan analisis penampang struktur yang telah aman digunakan dengan dimensi lift barang adalah 2,23 m dan 1,69 m. Untuk struktur atas lift barang, profil kolom yang digunakan adalah Hbeam 200x200x8x12 mm, balok menggunakan profil baja IWF 150x100x6x9 mm dan pengaku lateral (bresing) menggunakan



profil baja IWF 150x100x6x9 mm. Sambungan elemen baja menggunakan pelat siku 90x90x10 mm dan jumlah baut sambungan adalah 2 buah dengan diameter baut 16 mm. Sambungan baja dengan beton menggunakan base plate 300x300x17 mm dengan angkur baut diameter M12. Untuk struktur bawah, pondasi lift barang menggunakan bor pile diameter 30 cm dengan kedalaman tiang adalah 8,6 meter mencapai tanah keras. Adapun dimensi pedestal yang digunakan untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke pondasi adalah 0,35x0,35x0,35 m, dengan dimensi pile cap tiang tunggal adalah 0,6x0,6x0,6 m.

3. Total rencana anggaran biaya (RAB) yang dihasilkan dari perhitungan yang dilakukan peneliti adalah Rp 435.615.821,74, terbilang Empat ratus tiga puluh lima juta enam ratus lima belas ribu delapan ratus dua puluh satu rupiah.
4. Analisis bahaya dan pengendalian risiko yang dilakukan peneliti pada operasional lift menghasilkan potensi bahaya yang paling tinggi adalah dari kegiatan operasi lift, dimana overload merupakan potensi bahaya yang paling tinggi dengan risiko yang mungkin terjadi adalah kegagalan pada tali atau sling baja yang tidak mampu menahan beban yg tidak sesuai dengan beban rencana, kerusakan barang yang terjadi akibat jatuhnya barang dari ketinggian, dan mungkin menimbulkan cedera atau luka pada operator atau orang yang berada disekitar area lift barang. Namun dengan adanya pengendalian risiko yang telah dianalisis oleh peneliti, risiko dan bahaya dapat diminimalisir atau mungkin tidak terjadi

4.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran yang dapat diberikan oleh peneliti.

1. Pada analisis pondasi, data yang digunakan peneliti merupakan data yang kurang akurat karena peneliti tidak mendapatkan data tanah pada lokasi perencanaan. Maka dari itu apabila penelitian ini digunakan sebagai referensi atau hal lainnya, maka perlu untuk menggunakan data tanah sesuai lokasi penelitian. Karena data tanah sangat mempengaruhi kapasitas struktur bawah atau pondasi.
2. Jika penelitian ini dilanjutkan, maka hal yang perlu dilengkapi adalah analisis rencana anggaran biaya pada pekerjaan MEP, karena peneliti tidak membahas MEP pada penelitian ini. Karena Pekerjaan MEP masuk pada batasan masalah peneliti.
3. Ketelitian dalam penggunaan aplikasi perhitungan beban lift sangat penting untuk memastikan hasil analisis yang akurat. Hal ini terutama berlaku saat menyajikan data beban dalam bentuk tabel, di mana nilai yang diperoleh dari aplikasi harus sesuai kondisi nyata di lapangan agar desain dan perencanaan lift sesuai dengan kebutuhan operasional sesungguhnya. Selain itu, pengolahan data beban lift juga memerlukan perhatian khusus karena saat ini belum ada standar baku yang mengatur metode perhitungan beban lift barang secara spesifik. Oleh karena itu, perencana harus mengacu pada berbagai referensi teknis, kondisi penggunaan aktual, dan pengalaman lapangan untuk menentukan beban puncak dan kapasitas lift yang realistis. Dengan pendekatan ini, risiko kesalahan perhitungan dapat diminimalkan sehingga sistem lift yang dirancang dapat berfungsi optimal, aman, dan efisien sesuai dengan kebutuhan pengguna dan standar keselamatan yang berlaku.

5. Ucapan Terimakasih

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul " Perencanaan Lift Barang Pada Gedung A Kampus Institut Teknologi Kalimantan" ini dengan baik. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada Bapak Humisar Panjaitan dan Ibu Remlina Pasaribu selaku orang tua, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan material. Dengan hormat dan penuh rasa



SPECTA Journal of Technology

E-ISSN : 2622-9099

P-ISSN : 2549-2713

Homepage jurnal: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>



terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada dosen pembimbing, Ibu Dr. Ir. Hijriah, S.T., M.T., dan Bapak Fachreza Akbar, S.T., M.T., atas segala bimbingan, masukan, dan arahan yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.





SPECTA Journal of Technology

E-ISSN : 2622-9099

P-ISSN : 2549-2713

Homepage jurnal: <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>



Daftar Pustaka

- Bangunan, D. P. M., 1983. PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG 1983. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Drive, A. B., 2006. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Engineers, T. A. S. o. M., 2016. Safety Code for Elevators and Escalators Includes Requirements for Elevators, Escalators, Dumbwaiters, Moving Walks, Material Lifts, and Dumbwaiters With Automatic Transfer Devices A N A M E R I C A N N A T I O N A L S T A N D A R D. U.S.A: The American Society of Mechanical Engineers.
- Eva Arifi, D. S., 2020. PERENCANAAN STRUKTUR BAJA (BERDASARKAN SNI 1729:2020). Malang: UB Pres.
- Hardiyatmo, H. C., 2010. Analisis dan Perancangan FONDASI II. 3 ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Anggota IKAPI.
- Ibrahim, H. B., 1994. RENCANA DAN ESTIMATE REAL of COST. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- JAMES M. FISHER, P. P. a. L. A. K. P., 2006. Base Plate and Anchor Rod Design. 2nd ed. s.l.:American Institute of Steel Construction, Inc..
- KERJA, M. T., 1999. SYARAT-SYARAT KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA. s.l.:MENTERI TENAGA KERJA .
- Kloiber, J. M. F. a. L. A., 2006. Base Plate and Anchor Rod Design. 2 ed. s.l.:United States of America.
- Mahyuddin., d., 2023. MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI. s.l.:Yayasan Kita Menulis.
- Megananda, M. . I., n.d. STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH GEDUNG MENGGUNAKAN PONDASI BORE PILE. JURNAL SONDIR, Volume 1.
- Naional, B. S., 2019. SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
- Nasional, B. S., 2001. Tata cara perancangan sistem transportasi vertikal dalam gedung (lif). Jakarta: PT. POLYCON EMAS CIPTA.
- Nasional, B. S., 2017. Persyaratan perancangan geoteknik SNI 8460:2017. Jakarta: s.n.
- Nasional, B. s., 2019. TATA CARA PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK STANDAR NASIONAL GEDUNG DAN NONGEDUNG. Jakarta: Badan standarisasi Nasional.
- Nasional, B. S., 2020. SPESIFIKASI UNTUK BANGUNAN GEDUNG BAJA STRUKTURAL. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- NASIONAL, B. S., 2020. Standar Nasional Indonesia. Jakarta: BADAN STANDARDISASI NASIONAL.
- Novera Kresariati, D. H. A. M., 2022. EKSPERIMEN KEGAGALAN BREAKOUT CHEMICAL ANCHOR STUD METODE CAST IN PLACE DAN POST INSTALLED DENGAN MODIFIKASI LUBANG DRILL BIT EXTRACTOR. Ilmiah Multidisiplin Indonesia , Volume 2, No. 3, 2022, p. 405.
- Olivia Maria Tumurang, S. O. D. R. S., 2016. ANALISIS TATA LETAK STIFFENER TERHADAP TEKUK LOKAL BAJA. Sipil Statik, Volume 4 No.7.
- Standards, A., n.d. Standard Specification for Carbon Steel Wire Ropes for General Purposes. United States: ASTM Standards.