

**METODE PELAKSANAAN RETROFIT GEDUNG FAKULTAS
KEDOKTERAN UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

Disusun oleh:

EKTRON TUMANGGER

19310062

Disahkan Oleh

Dosen Pembimbing I



(Ir. Johan O. Simanjuntah, S.T., M.T., ASEAN Eng.)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT., IPU.ACPE)

Dosen Pembimbing II



(Humisar Pasaribu, ST, M.T)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Partati Lumbangaol, M.Eng.Sc)

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T)

Ketua Program Studi



(Ir. Yetty Riris Saragi, ST., MT., IPU.ACPE)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia, kondisi infrastruktur bangunan, terutama yang telah berusia, sering kali menunjukkan masalah terkait standar konstruksi yang ketinggalan zaman dan kurangnya pemeliharaan. Hal ini mengakibatkan sejumlah besar bangunan tidak memenuhi standar kenyamanan yang diperlukan, menjadi faktor yang perlu melakukan metode pelaksanaan retrofitting sebagai solusi terhadap masalah ini. Retrofitting sendiri merupakan metode atau proses perbaikan, perkuatan, atau peningkatan terhadap sistem dan komponen bangunan yang sudah ada guna meningkatkan kinerja strukturalnya, yang sekarang semakin penting dan relevan.

Pelaksanaan retrofitting di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, termasuk ketersediaan tenaga terampil dalam metode ini, keterbatasan dana, serta kesadaran akan pentingnya retrofitting bagi pemilik bangunan. Penelitian yang fokus pada metode pelaksanaan retrofitting yang cocok dengan kondisi lokal, ketersediaan material, dan biaya yang terjangkau menjadi sangat diperlukan untuk memberikan solusi yang efektif terhadap masalah infrastruktur bangunan yang ada.

Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara (FK USU) sudah berdiri sejak tahun 1970 menjadikan fakultas ini sebagai fakultas pertama dan tertua di Universitas Sumatera Utara. FK USU merupakan salah satu fakultas kedokteran terbaik dan terfavorit di Indonesia, mendapatkan peringkat 11 Fakultas Kedokteran Terbaik versi The Asia University Ranking 2022. Metode retrofit pada struktur gedung Fakultas Kedokteran USU dilakukan karena pada lantai 4 terjadi getaran, yang mengakibatkan orang yang berada di lantai 4 merasakan ketidaknyamanan. Salah satu metode yang digunakan adalah metode jacket, dimana metode tersebut digunakan untuk kolom beton bertulang. Namun pada proyek retrofit gedung fakultas kedokteran kolom baja wf dilakukan pengecoran dengan metode jacket.

Menurut Soenaryo *et al.*, (2009), Concrete jacketing adalah suatu sistem perkuatan atau perbaikan baja dengan cara meyelimuti baja yang telah ada dengan beton tambahan. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap kolom eksisting terkait aspek gaya tekan, momen, gaya geser serta menentukan dimensi dari penampang dan kebutuhan tulangan longitudinal tambahan yang ditinjau berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana metode pelaksanaan perkuatan struktur (retrofit) pada struktur pondasi, kolom, balok dan plat lantai di proyek renovasi gedung Fakultas Kedokteran USU.

1.3. Batasan Masalah

1. Tidak merencanakan ulang struktur
2. Menganalisa metode pelaksanaan retrofit
3. Tidak membahas biaya
4. Tidak mereview hitungan

1.4. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui metode pelaksanaan retrofit dari struktur baja ke struktur komposit dengan metode jaketing pada gedung Fakultas Kedokteran USU

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini yaitu untuk memberikan pengetahuan tentang metode pelaksanaan retrofit pada konstruksi baja.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan hasil studi literatur berupa rangkuman dari jurnal, buku, artikel dan peraturan yang memiliki relevansi dengan penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan metode analisis yang digunakan dalam penelitian, dan tahapan-tahapan dalam penelitian yang berupa bagan alir.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian data-data dan analisis data yang dilakukan dengan manual.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Mengevaluasi hasil analisis data yang telah dilakukan beserta kesimpulan yang didapat dari perbandingan hasil analisis dari penelitian sebelumnya beserta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**BAB II
TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Retrofit

Perkuatan (retrofit) bangunan merupakan langkah pencegahan terhadap kerusakan yang dapat terjadi pada bangunan Gravity Load Designed (GLD) akibat gempa dan akibat dari umur bangunan yang membuat kurang nyaman dengan meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur, terutama struktur yang menahan beban aksial tekan dan momen lentur. Retrofit mengacu pada proses peningkatan atau modifikasi struktur, sistem, atau peralatan yang ada untuk meningkatkan kinerjanya atau menjadikannya lebih hemat energi. Proses ini biasanya dilakukan di gedung atau rumah tua untuk memenuhi standar saat ini dan meningkatkan efisiensi energinya.

2.1.1. Metode Retrofit Pada Pondasi

Struktur bawah adalah pondasi bangunan dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Pondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau batuan yang berada di bawahnya. Menurut El-Dakhkhni (2004), metode retrofit pada pondasi yaitu dengan konsep penambahan massa dan kekakuan sehingga menyebabkan portal kolom-balok berada pada taraf kapasitas gaya gempa yang lebih besar. Metode ini dianggap tidak praktis dan penggunaannya terbatas pada jenis struktur tertentu karena membutuhkan keahlian dalam pelaksanaan, dan biaya tinggi. Retrofit pada pondasi adalah proses pengembangan atau pemodernisasi struktur pondasi yang sudah ada pada bangunan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Beberapa metode retrofit pada pondasi antara lain:

a. Penggunaan Pondasi Pilot

Penggunaan pondasi pilot adalah salah satu metode retrofit yang dapat dilakukan pada pondasi yang sudah ada. Dalam proses ini, pondasi baru dibangun di sekitar pondasi lama, dan kemudian beban utama diteruskan kepada pondasi baru. Ini akan mengurangi beban pada pondasi lama dan meningkatkan kestabilan struktur bangunan.

b. Penggunaan Pondasi Stabilitasi

Pondasi stabilitasi atau pile cap adalah metode retrofit pada pondasi yang menggunakan pondasi pancang (pile) untuk mengurangi beban pada pondasi lama. Pondasi pancang digali

dengan kedalaman yang tepat, lalu dibuat struktur kapal di atasnya. Ini akan menambah daya dukung pada pondasi lama dan meningkatkan kestabilan struktur bangunan.

2.1.2. Metode Retrofit Pada Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur beton bertulang yang paling penting peranannya dalam suatu rangka portal struktur. Fungsi dari elemen ini adalah menopang seluruh beban di atasnya yang tersalurkan melalui elemen – elemen pelat dan balok yang kemudian bertumpu pada pondasi di dalam tanah. Sehingga untuk mengatasi kegagalan pada kolom maka perlu perhatian khusus pada setiap kerusakan kolom dan juga pendetailan kolom dimasa konstruksi yang buruk. Beberapa penelitian sebelumnya mengenai kolom retrofit menggunakan tulangan bambu maupun tulangan konvensional dengan metode jaket beton telah dilakukan. Nabil Akmal, dkk (2018) meneliti mengenai pengaruh variasi rasio tulangan bambu pada kolom retrofit yang menyimpulkan bahwa kolom retrofit C1 dengan rasio tulangan 2,47 memiliki nilai kuat tekan 3,05% lebih besar dibandingkan dengan kolom retrofit A1 dengan rasio tulangan 1,23. Pasila, R., dkk (2016) menganalisis kapasitas perkuatan kolom beton bertulang yang ditambahkan fly ash terhadap variasi beban runtuh dengan metode concrete jacketing. Hasil pengujiannya menyatakan bahwa yang paling efektif dilakukan perbaikan dengan menggunakan Concrete Jacketing adalah kolom dengan batas keruntuhan 70%, karena masih memberikan kenaikan kapasitas yang besar.

Retrofit untuk retak kolom antara lain: grouting dengan cairan epoxy pada daerah tekan, pelebaran ukuran kolom, penambahan dengan plesteran agar tulangan besi tidak berhubungan dengan udara luar yang dapat menyebabkan karat. Retrofit pada kolom adalah proses pengembangan atau pemodernisasi struktur kolom yang sudah ada pada bangunan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Beberapa metode retrofit pada kolom antara lain:

a. Penggunaan Sloof

Sloof adalah struktur yang digunakan untuk mengubah beban kolom menjadi beban balok atau pelat yang lebih mudah diangkut oleh kolom. Dalam proses retrofit, sloof dapat ditambahkan di atas kolom untuk mengurangi beban yang diterima oleh kolom.

b. Penggunaan Kolom Penopang

Kolom penopang adalah metode retrofit pada kolom yang menggunakan kolom penopang untuk mengurangi beban pada kolom asal. Kolam penopang dibangun di sekitar kolom lama dan memiliki bentuk seperti balok atau pelat. Beban utama akan diteruskan ke kolom penopang, sehingga kolom lama mendapat beban yang lebih berkelanjutan.

2.1.3. Metode Retrofit Pada Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Metode pelaksanaan retrofit pada komponen struktur balok dan kolom adalah dengan melakukan penjangkaran kolombalok dan merapatkan sengkang antara kolom dengan balok. Retrofit untuk retak pada balok dapat dibuat kolom/tiang kecil tambahan disekitar retakan, diberi injeksi epoxy pada retakan, dilakukan pembesaran dimensi balok dengan perkuatan eksternal, penambalan dengan plesteran. Metode pelaksanaan retrofit pada komponen non struktur seperti dinding dengan melakukan perbaikan dinding dengan mengisi retak halus dengan air semen. Pada pekerjaan pembetonan retrofit dapat dilakukan dengan beton resin polyester yang merupakan beton yang dibuat dari campuran agregat kasar dan halus dengan bahan perekat resin. Retrofit pada balok adalah proses pengembangan atau pemodernisasi struktur balok yang sudah ada pada bangunan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Beberapa metode retrofit pada balok antara lain:

a. Penggunaan Sloof

Sebagaimana telah dijelaskan pada metode retrofit pada kolom, sloof juga dapat digunakan untuk mengurangi beban yang diterima oleh balok. Dalam proses ini, sloof dapat ditambahkan di atas balok untuk mengubah beban balok menjadi beban struktur yang lebih mudah diangkut.

b. Penggunaan Pelat Berdiri

Pelat berdiri adalah struktur yang dapat ditambahkan di atas balok untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan struktur. Dalam proses retrofit, pelat berdiri dapat dipasang di atas balok lama untuk mengurangi beban yang diterima oleh balok asal. Pelat lantai adalah lantai yang tidak

terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

c. penambahan elemen struktur

Metode retrofit pada balok WF adalah proses peningkatan atau perbaikan struktural yang diterapkan pada balok baja jenis wide flange (WF) untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, atau kinerjanya secara keseluruhan. Ini bisa meliputi pemasangan tambahan elemen struktur seperti plat tambahan, penggunaan baut tambahan, atau penggantian material yang lebih kuat. Tujuannya adalah untuk memperpanjang umur pakai dan meningkatkan keandalan struktur baja tersebut.

2.1.4. Metode Retrofit Pada Dinding

Retrofit pada dinding adalah proses pengembangan atau pemodernisasi struktur dinding yang sudah ada pada bangunan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Beberapa metode retrofit pada dinding antara lain:

a. Penggunaan Batang Pengikat (Tie Beam)

Batang pengikat atau tie beam adalah struktur yang digunakan untuk mengubah beban dinding menjadi beban struktur yang lebih mudah diangkat. Dalam proses retrofit, tie beam dapat ditambahkan di atas dinding lama untuk mengurangi beban yang diterima oleh dinding asal.

b. Penggunaan Plat Lantai Berdiri (Standing Floor Plate)

Plat lantai berdiri atau standing floor plate adalah struktur yang dapat ditambahkan di atas dinding untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan struktur. Dalam proses retrofit, standing floor plate dapat dipasang di atas dinding lama untuk mengurangi beban yang diterima oleh dinding asal.

Beberapa metode perbaikan dinding rusak yang dapat digunakan adalah:

- a. Merubuhkan sebagian / seluruh permukaan dinding. Dinding yang mengalami kerusakan cukup besar dapat dirubuhkan lalu dibangun kembali dinding baru.
- b. Menggunakan metode injeksi. Retak pada dinding yang mengalami kerusakan dilakukan

tindakan injeksi campuran pasta semen dengan expanding agent lalu dilakukan pelapisan pada permukaan dinding dengan bahan polymer mortar. Metode injeksi ini dapat dilakukan secara manual atau menggunakan mesin bertekanan, tergantung pada besar dan dalamnya keretakan.

- c. Menggunakan kawat anyam. Kawat anyam digunakan untuk memperbaiki dinding dengan keretakan > 5 mm. Kawat anyam dipasang pada kedua sisi dinding dengan cara mengikatnya satu sama lain. Untuk dinding retak < 5 mm, cukup dengan mengisi retak dengan air semen kemudian diplester kembali.

2.1.5. Metode Retrofit Pada Pelat

Retrofit pada pelat adalah proses pengembangan atau pemodernisasi struktur pelat yang sudah ada pada bangunan. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Beberapa metode retrofit pada pelat antara lain:

- a. Menambahkan Bahan Tambah

Ini dilakukan dengan cara menambahkan bahan tambah, seperti beton bertulang, baja, atau serat kaca, kedalam struktur plat lantai yang sudah ada. Tujuannya adalah untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban yang diterima oleh lantai dan mencegah terjadinya retak atau kerusakan pada lantai tersebut.

- b. Penggunaan Pelat Berdiri (Standing Plate)

Seperti yang telah dijelaskan pada metode retrofit pada balok dan dinding, pelat berdiri atau standing plate dapat digunakan untuk mengurangi beban yang diterima oleh pelat lama. Dalam proses ini, pelat berdiri dapat ditambahkan di atas pelat lama atau disertakan dalam struktur baru.

- c. Penggunaan Pelat Pengikat (Tie Plate) Pelat pengikat atau tie plate adalah struktur yang digunakan untuk mengubah beban pelat menjadi beban struktur yang lebih mudah diangkut. Dalam proses retrofit, tie plate dapat ditambahkan di antara pelat lama untuk mengurangi beban yang diterima oleh pelat asal. Pada saat melakukan retrofit pada struktur bangunan, penting untuk menyediakan perhatian keselamatan dan kualitas. Hal ini meliputi inspeksi struktur sebelum, selama, dan setelah retrofit, penggunaan bahan bangunan yang berkualitas, dan pengawasan oleh ahli teknik sipil dan struktur. Dalam rangkaian ini, beberapa metode retrofit yang umum digunakan pada kolom, balok, dinding, dan pelat telah dibahas. Setiap metode memiliki ciri khas dan berguna untuk

meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Penting untuk menyadari bahwa pengambilan keputusan tentang metode retrofit yang tepat adalah tugas berat bagi ahli teknik sipil dan struktur, dengan perhatian terhadap kondisi struktur sebelumnya, kualitas bahan bangunan, dan aspek keselamatan. Retrofit pada bangunan adalah proses yang memerlukan pertimbangan dan pemilihan yang tepat, terutama karena setiap bangunan memiliki karakteristik dan kondisi yang berbeda. Selain metode retrofit yang telah dibahas, ada beberapa faktor lain yang perlu diambil kira dalam pemilihan metode retrofit yang tepat, seperti:

1. Fungsi dan tujuan bangunan

Fungsi dan tujuan bangunan akan mempengaruhi pemilihan metode retrofit yang tepat. Misalnya, jika bangunan digunakan sebagai bangunan tingkatan atas, metode retrofit yang memperkuat daya dukung vertikal menjadi lebih penting daripada metode retrofit yang memperkuat daya dukung horisontal.

2. Kondisi struktur sebelumnya

Kondisi struktur sebelumnya adalah faktor penting dalam pemilihan metode retrofit. Jika struktur sudah mengalami kerusakan atau tidak lagi dapat digunakan, metode retrofit yang lebih agresif atau penggantian struktur secara keseluruhan mungkin diperlukan.

3. Biaya dan waktu eksekusi

Biaya dan waktu yang diperlukan untuk melakukan retrofit adalah faktor penting yang harus diambil kira. Metode retrofit yang lebih sederhana dan mudah dipelajari mungkin lebih efisien dalam waktu dan biaya, tetapi tidak selalu memberikan hasil yang optimal.

4. Dampak lingkungan dan kesehatan

Dampak lingkungan dan kesehatan adalah aspek penting dalam pemilihan metode retrofit. Metode retrofit yang menggunakan bahan bangunan yang ramah lingkungan dan tidak mengurangi kualitas udara dalam proses pemrosesan dan pemasangan akan lebih baik dari yang lain.

5. Kualitas dan ketahanan baru

Metode retrofit yang tepat akan memperbaiki kualitas dan ketahanan bangunan. Dalam pemilihan metode retrofit, perhatikan bagaimana setiap metode akan mempengaruhi

kualitas dan ketahanan struktur setelah retrofit selesai. Pemilihan metode retrofit yang tepat dan efektif memerlukan pengambilan kira semua faktor di atas serta pertimbangan yang akurat dan konsisten. Ahli teknik sipil dan struktur harus melakukan evaluasi yang cermat dan menghahui terhadap kondisi sebelumnya dan kebutuhan bangunan untuk memastikan bahwa metode retrofit yang dipilih akan memberikan hasil yang optimal dalam meningkatkan kestabilan, kenyamanan, dan keamanan bangunan. Selain itu, perhatian juga harus diberikan pada pengawasan dan pengujian setelah retrofit selesai untuk memastikan bahwa metode retrofit telah berhasil meningkatkan kualitas dan ketahanan bangunan.

Dalam proses retrofit, komunikasi dan kerjasama antara pihak teknik sipil, pemilik bangunan, dan pihak lain yang berhubungan dengan bangunan juga sangat penting. Setiap partisipan harus memahami tujuan retrofit dan mengikuti langkah-langkah yang diperlukan untuk memastikan bahwa proyek berjalan dengan efisiensi dan keamanan tinggi. Pengembangan dan penggunaan teknologi canggih juga dapat membantu dalam proses retrofit. Penggunaan model simulasi dan analisis numerik dapat membantu ahli teknik sipil untuk memprediksi dampak retrofit pada struktur dan menentukan metode retrofit yang tepat. Selain itu, teknologi inovatif seperti bahan bangunan ramah lingkungan dan teknologi pengawasan jauh dapat membantu dalam pembuatan dan pengawasan retrofit yang lebih efektif.

2.2. Metode perkuatan bangunan yang paling umum yaitu sebagai berikut:

1. Menambahkan penyanggah baja
2. Menambahkan Dinding Geser
3. Teknik isolasi basis
4. Metode Jaket
5. Polimer bertulang serat (FRP)
6. Metode injeksi epoksi
7. Ikatan Plat Internasional



2.2.1. Penambahan Penyanggah Baja

Gambar 2.1. Penambah Penyanggah Baja

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Dalam dunia konstruksi, penggunaan penyangga baja seperti pada gambar 2.1, telah menjadi praktek umum untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan bangunan terhadap berbagai beban dan tekanan. Penyangga baja adalah struktur tambahan yang dipasang di dalam atau di sekitar bangunan untuk meningkatkan stabilitasnya. Dalam tulisan ini, kami akan menjelaskan secara mendalam tentang proses penambahan penyangga baja dalam bangunan, termasuk tujuan, jenis-jenis penyangga baja, prosedur pemasangan, serta dampaknya terhadap kekuatan dan keamanan bangunan.

Penambahan penyangga baja dilakukan dengan beberapa tujuan utama:

1. Meningkatkan Kekuatan Struktural

Penyangga baja membantu mengurangi tegangan pada elemen struktural utama bangunan, seperti kolom dan balok, sehingga meningkatkan kekuatan keseluruhan bangunan.

2. Meningkatkan Ketahanan Terhadap Beban Lateral

Bangunan dapat mengalami tekanan lateral dari berbagai sumber, termasuk gempa bumi, angin kencang, atau tekanan tanah. Penyangga baja membantu menangani beban lateral ini dengan menyediakan jalur yang lebih kuat untuk menyalurkan tekanan tersebut.

3. Meningkatkan Keamanan

Dengan meningkatkan kekuatan dan ketahanan bangunan, penambahan penyangga baja juga secara langsung meningkatkan tingkat keamanan bagi penghuni dan barang-barang di dalam bangunan.

4. Memungkinkan Fleksibilitas Desain

Penambahan penyangga baja memungkinkan arsitek untuk merancang bangunan dengan bentuk dan ukuran yang lebih bebas, tanpa harus khawatir tentang batasan struktural yang ketat.

Ada beberapa jenis penyangga baja yang biasanya digunakan dalam penambahan struktur bangunan, antara lain:

1. Penyangga Badan

Penyangga badan adalah elemen baja vertikal yang ditempatkan di dalam bangunan untuk mendukung beban struktural. Mereka sering digunakan di sepanjang dinding atau di dalam ruangan untuk menopang beban lantai di atasnya.

2. Penyangga Silang

Penyangga silang adalah struktur baja yang terdiri dari balok dan kolom yang disusun secara silang untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan bangunan. Mereka sering digunakan pada gedung bertingkat tinggi dan struktur dengan bentuk yang kompleks.

3. Penyangga Diagonal

Penyangga diagonal adalah elemen baja diagonal yang dipasang di antara balok dan kolom untuk menahan gaya lateral seperti tekanan angin atau gempa bumi. Mereka biasanya dipasang dalam pola segitiga untuk meningkatkan stabilitas bangunan.

4. Penyangga Basis

Penyangga basis adalah struktur baja yang terletak di bawah fondasi bangunan untuk menstabilkan tanah di bawahnya dan mencegah pergerakan tanah yang berlebihan.

Prosedur Pemasangan Penyangga Baja

Proses pemasangan penyangga baja melibatkan beberapa tahap penting, antara lain:

1. Evaluasi Struktural

Sebelum penambahan penyangga baja, struktur bangunan harus dievaluasi secara menyeluruh untuk memastikan bahwa penambahan tersebut akan meningkatkan kekuatan dan keamanan bangunan secara keseluruhan.

2. Perencanaan Desain

Desain penyangga baja harus dipersiapkan dengan cermat, termasuk pemilihan jenis penyangga yang sesuai, lokasi pemasangan yang optimal, dan perhitungan struktural yang akurat.

3. Pemilihan Material

Material baja yang berkualitas tinggi harus dipilih untuk memastikan kekuatan dan ketahanan yang optimal. Pemilihan material juga harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti korosi dan perubahan suhu.

4. Pemasangan

Pemasangan penyangga baja harus dilakukan oleh tenaga ahli yang terlatih dan berpengalaman. Prosedur pemasangan harus sesuai dengan desain yang telah disetujui dan standar keselamatan yang berlaku.

5. Pengujian dan Inspeksi

Setelah pemasangan selesai, bangunan harus menjalani pengujian dan inspeksi menyeluruh untuk memastikan bahwa penambahan penyangga baja telah dilakukan dengan benar dan memenuhi standar keselamatan yang berlaku. Dampak Penambahan Penyangga Baja Terhadap Kekuatan dan Keamanan Bangunan Penambahan penyangga baja memiliki dampak yang signifikan terhadap kekuatan dan keamanan bangunan, termasuk:

Peningkatan Kekuatan Struktural

1. Dengan menambahkan penyangga baja, kekuatan struktural bangunan secara keseluruhan dapat ditingkatkan, sehingga meningkatkan kemampuannya untuk menahan beban dan tekanan eksternal.

2. Peningkatan Ketahanan Terhadap Beban Lateral

Penyangga baja membantu mengurangi tekanan lateral pada bangunan, seperti tekanan angin atau gempa bumi, sehingga meningkatkan ketahanan bangunan terhadap bencana alam atau kejadian eksternal lainnya.

3. Peningkatan Keamanan

Dengan meningkatkan kekuatan dan ketahanan bangunan, penambahan penyangga baja juga secara langsung meningkatkan tingkat keamanan bagi penghuni dan barang-barang di dalam

bangunan. Ini dapat mengurangi risiko kerusakan atau kecelakaan yang disebabkan oleh kegagalan struktural.

Penyangga baja merupakan solusi efektif dalam retrofit bangunan ketika diperlukan bukaan besar. Potensi keuntungan karena kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi serta bukaan terhadap cahaya alami dapat diberikan. Jumlah pekerjaan juga lebih sedikit sehingga biaya pondasi dapat diminimalkan dan menambah bobot lebih sedikit pada struktur yang ada.



2.2.2. Penambahan Dinding Geser

Gambar 2.2 Penambahan Dinding Geser

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Metode ini adalah teknik yang sering digunakan untuk perkuatan bangunan dengan rangka bangunan beton bertulang tidak ulet, seperti pada gambar 2.2. Elemen-elemen tersebut dapat berupa elemen beton cor di tempat atau elemen beton pracetak. Elemen baru sebaiknya ditempatkan di bagian luar bangunan. Metode ini tidak disukai pada bagian dalam struktur untuk menghindari cetakan interior. Kelebihan dari metode ini yaitu dapat memperpendek tinggi bangunan. Namun, penggunaan struktur pelat datar rawan terhadap gaya lateral terutama akibat beban gempa, karena tidak terdapat balok menyebabkan join (pertemuan kolom dan pelat) lemah, sehingga struktur fleksibel dan dapat menimbulkan bahaya kegagalan geser pond. Metode penambahan dinding geser adalah salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam perkuatan bangunan untuk meningkatkan ketahanan terhadap gempa bumi. Dalam tulisan ini,

kami akan membahas secara mendalam tentang konsep, implementasi, dan manfaat dari metode ini dalam konteks perkuatan bangunan. Fokus utama akan diberikan pada pemahaman teoritis, teknik penerapan, variasi metode, serta manfaat yang dihasilkan dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi dan tekanan lateral lainnya.

1. Konsep Metode Penambahan Dinding Geser

Metode penambahan dinding geser bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan bangunan terhadap gaya geser lateral yang muncul selama gempa bumi. Ini dilakukan dengan menambahkan atau memperkuat dinding geser, yang dirancang khusus untuk menahan dan mendispersikan tekanan lateral yang dihasilkan oleh gempa.

2. Implementasi Metode Penambahan Dinding Geser

- a. Penambahan Dinding Geser Eksisting: Metode ini melibatkan penambahan dinding geser tambahan pada struktur bangunan yang sudah ada. Dinding geser baru biasanya dipasang di sepanjang dinding eksternal bangunan atau di dalam struktur yang sudah ada.
- b. Penambahan Dinding Geser Selama Konstruksi: Metode ini melibatkan perencanaan dan pembangunan dinding geser sebagai bagian integral dari desain struktural bangunan yang baru. Dinding geser dimasukkan ke dalam desain struktur dari awal untuk memastikan integritas struktural yang lebih baik.
- c. Penggunaan Material Khusus: Dalam metode ini, material khusus seperti beton bertulang, baja, atau komposit yang kuat dan tahan terhadap tekanan lateral digunakan untuk membangun atau memperkuat dinding geser.

3. Manfaat Metode Penambahan Dinding Geser

- a. Peningkatan Ketahanan Terhadap Gempa: Metode penambahan dinding geser telah terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi dengan menyediakan jalur resistensi tambahan terhadap gaya geser lateral.
- b. Pengurangan Kerusakan Struktural: Dengan menyebarkan tekanan lateral yang dihasilkan selama gempa, metode ini dapat mengurangi kemungkinan kerusakan struktural yang parah atau keruntuhan bangunan.

c. Perlindungan Terhadap Pemilik Bangunan: Penerapan metode penambahan dinding geser memberikan perlindungan tambahan bagi pemilik bangunan dan mengurangi risiko cedera atau kerugian properti selama gempa bumi.

4. Penelitian dan Inovasi

a. Penelitian Terkini: Penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan metode penambahan dinding geser yang lebih efektif dan efisien, serta untuk memahami lebih baik perilaku struktural bangunan selama gempa bumi.

b. Inovasi Material: Pengembangan material baru yang lebih kuat, ringan, dan tahan terhadap tekanan lateral dapat memungkinkan implementasi metode penambahan dinding geser yang lebih inovatif dan efisien.



2.2.3 Teknik Isolasi Basis

Gambar 2.3 Teknik Isolasi Basis

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Isolasi bangunan atas dari pondasi disebut isolasi dasar. Ini adalah metode paling ampuh untuk teknik kontrol getaran struktural pasif, seperti pada gambar 2.3. Ketika sebuah bangunan diisolasi dari tanah, hal ini menyebabkan beban gempa yang lebih rendah, sehingga kerusakan pada struktur lebih kecil dan perbaikan super-struktur menjadi minimal. Kelemahan utama metode ini adalah tidak dapat diterapkan pada struktur seperti perkuatan lainnya dan biayanya mahal. Cara ini tidak efisien untuk bangunan bertingkat tinggi dan tidak cocok untuk bangunan yang bertumpu pada tanah lunak. Kelebihan dari teknik isolasi basis ini yaitu saat gempa terjadi,

Bearing yang fleksibel tersebut mampu untuk menyaring frekuensi-frekuensi gempa yang tinggi sehingga mampu menanggulangi bangunan tersebut agar tidak rusak atau runtuh, Mengurangi Korban Jiwa apabila bencana Gempa datang, Base isolation merupakan sebuah aplikasi kendali pasif yang sangat baik digunakan untuk meredam gaya gempa bumi yang terjadi. Teknik Isolasi Basis dalam Perkuatan Bangunan: Konsep, Metode, dan Implementasi

Teknik isolasi basis dalam perkuatan bangunan adalah pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan keamanan struktur bangunan dengan memisahkan atau mengisolasi komponen bangunan yang rentan terhadap tekanan atau gaya eksternal. Dalam tulisan ini, kita akan membahas secara komprehensif mengenai konsep, metode, dan implementasi teknik isolasi basis dalam konteks perkuatan bangunan. Fokus akan diberikan pada pemahaman teoritis, prinsip kerja, penerapan teknik, serta manfaat yang dihasilkan dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi dan tekanan eksternal lainnya.

1. Konsep Teknik Isolasi Basis dalam Perkuatan Bangunan

Teknik isolasi basis dalam perkuatan bangunan bertujuan untuk mengisolasi atau memisahkan bagian-bagian struktural bangunan yang rentan terhadap tekanan atau gaya eksternal, seperti gempa bumi, dari struktur utama bangunan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin diakibatkan oleh getaran atau pergerakan tanah, serta untuk meningkatkan keamanan dan ketahanan bangunan terhadap kondisi lingkungan yang tidak terduga.

2. Point-point Teknik Isolasi Basis dalam Perkuatan Bangunan

- a. Pendekatan Struktural: Teknik isolasi basis dapat diterapkan dengan menggunakan bantalan atau isolator yang ditempatkan di antara fondasi bangunan dan struktur utama. Isolator ini dapat terbuat dari berbagai material seperti karet, baja, atau polimer yang fleksibel.
- b. Perkuatan Fondasi: Dalam beberapa kasus, isolasi basis dapat dilakukan dengan memperkuat fondasi bangunan menggunakan teknik perkuatan seperti penambahan kolom atau balok penopang tambahan, pemasangan dukungan tambahan, atau penggunaan beton bertulang yang lebih kuat.
- c. Penyekat Getaran: Penggunaan penyekat getaran seperti pegas atau sistem peredam

getaran pada struktur bangunan dapat membantu mengisolasi getaran yang disebabkan oleh gempa bumi atau aktivitas manusia, yang kemudian dapat mengurangi risiko kerusakan struktural.

- d. Isolasi Struktural: Teknik isolasi struktural, seperti penggunaan lapisan isolasi khusus pada dinding atau lantai bangunan, dapat membantu mengurangi transfer getaran atau tekanan dari satu bagian bangunan ke bagian lainnya.

3. Implementasi dan Manfaat

- a. Keamanan Struktural: Implementasi teknik isolasi basis dalam perkuatan bangunan dapat meningkatkan keamanan struktural bangunan dan melindungi penduduk atau barang berharga di dalamnya dari kerusakan atau bahaya yang disebabkan oleh tekanan eksternal seperti gempa bumi.
- b. Peningkatan Ketahanan Terhadap Gempa: Bangunan yang diperkuat dengan menggunakan teknik isolasi basis cenderung lebih tahan terhadap gempa bumi karena mereka dapat menyerap dan meredam getaran yang dihasilkan oleh gempa, mengurangi kemungkinan kerusakan struktural atau keruntuhan bangunan.
- c. Pengurangan Biaya Perawatan: Meskipun implementasi teknik isolasi basis mungkin memerlukan biaya awal yang lebih tinggi, namun dalam jangka panjang, penggunaan teknik ini dapat mengurangi biaya perawatan dan pemeliharaan bangunan karena mengurangi risiko kerusakan struktural akibat tekanan eksternal.

2.2.4 Metode Jacket

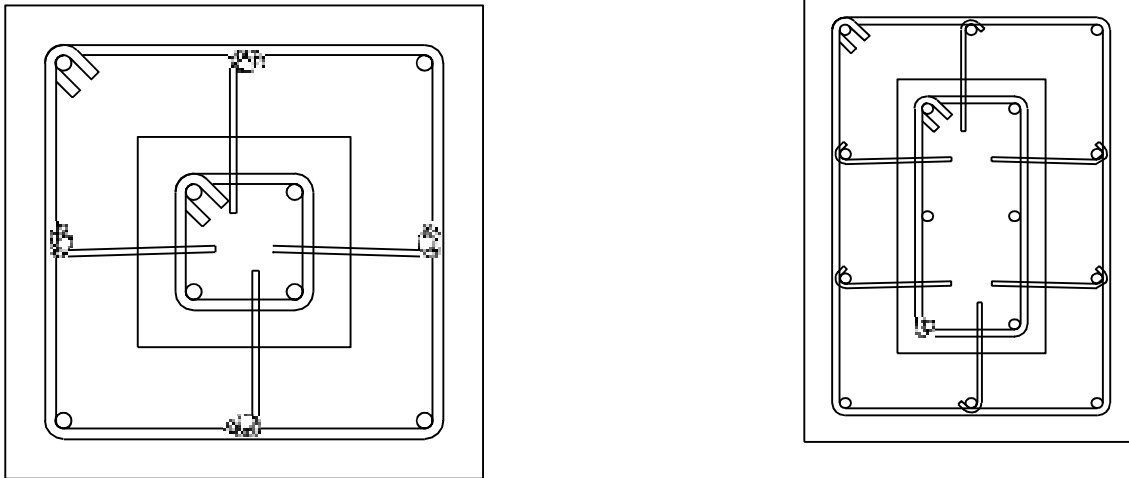


Gambar 2.4 Metode Jacket

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Ini adalah metode perkuatan bangunan yang paling banyak digunakan. Jacketing merupakan metode yang paling populer digunakan untuk perkuatan kolom dan balok suatu bangunan. Jacketing terdiri dari beton tambahan dengan tulangan memanjang dan melintang di sekeliling kolom eksisting, seperti pada gambar 2.4. Hal ini meningkatkan kekuatan aksial dan geser kolom dan penguatan besar pada pondasi dapat dihindari.

Jumlah pekerjaan lebih sedikit karena tidak memerlukan perkuatan pondasi dan meningkatkan kekuatan geser kolom. Hal ini juga meningkatkan pengekanan beton pada kolom melingkar. Jacket baja tidak menambah berat kolom secara signifikan dan juga menghemat waktu konstruksi. Metode jacketing memiliki kelebihan dan kekurangan, adapun kelebihan metode jacketing mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser), mampu menambah kekakuan struktur. Kekurangan metode jacketing adalah ukuran kolom setelah dipasang perkuatan akan menjadi lebih besar sehingga akan mengurangi ruang kosong yang ada, jika penempatan jacketing ini tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan kekakuan yang tidak merata.



Gambar 2.5 Gambar detail metode jaket

Sumber : (Stelios Antoniou, 2023)

Pelapisan beton mungkin merupakan teknik yang paling banyak digunakan untuk str bers. Dibangun dengan beton cor di tempat lebih sering dengan metode ini melibatkan penambahan lapisan beton bertulang pada tulangan baja memanjang dan baja melintang di luar keliling komponen struktur yang ada, seperti pada gambar 2.5.

Pelapisan dengan beton cor di tempat memerlukan pemasangan bekisting di sekeliling kolom yang ada, dimana bekisting diikat agar dapat menahan tekanan beton basah. Ketebalan pelapis biasanya melebihi 10 cm untuk memungkinkan pengecoran beton tanpa kekosongan dan celah. Sebaliknya, shotcrete memungkinkan pembuatan jaket dengan ketebalan serendah 5 cm. Biasanya, jaket tersebut memiliki tebal 7,5 cm atau lebih, untuk memungkinkan adanya penutup dengan ketebalan yang memadai, posisi tulangan memanjang dan melintang, dan ada jarak antara tulangan baru dan komponen struktur yang sudah ada.

Batang baja vertikal baru dan sanggurdi jaket kemudian dipasang sesuai dengan dimensi dan diameter yang dirancang, dengan memberikan perhatian khusus pada penutupan lingkaran yang benar. Karena sering kali tidak mungkin untuk membengkokkan simpai pada sudut 135° karena keberadaan komponen struktur yang ada dan ketebalan jaket yang kecil, pengelasan sering kali diperlukan. Perhatian khusus harus diberikan pada daerah sambungan balok-kolom, dimana jaket umumnya diperpanjang. Untuk menyambung tulangan memanjang antara lantai yang berdekatan, biasanya diperlukan pembuatan lubang-lubang kecil pada pelat beton, baik dengan pembongkaran kecil. Palu tison atau bor listrik portabel. Lubang vertikal pada balok yang berdekatan juga diperlukan, dan ini hanya dapat dilakukan dengan bor listrik untuk mencegah kerusakan serius pada balok. Perhatian khusus harus diberikan dalam penempatan empat hingga lima sengkang pada ketinggian balok, karena serangkaian lubang horizontal harus dibuat agar dapat melewati bagian-bagian dari masing-masing sengkang. Bagian-bagian tersebut kemudian dilas menjadi satu

Kadang-kadang tulangan baru dan tulangan lama dilas bersama-sama menggunakan konektor baja berbentuk U atau pelat baja (Gambar 4.6), dan metode ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pasak baja. Namun, saat ini pasak baja dianggap sebagai metode yang lebih baik, karena pengelasan pada tulangan yang sudah ada dan sering terkorosi tidak dapat diandalkan, atau bahkan tidak mungkin dilakukan.

Karena peningkatan yang signifikan dalam kekakuan komponen struktur baru

dibandingkan dengan komponen struktur yang sudah ada, dan untuk menghindari diskontinuitas kekakuan, jaket harus menutupi seluruh panjang komponen struktur. Artinya jaket kolom tidak boleh berhenti di permukaan lantai dasar tetapi harus memanjang hingga permukaan atas pondasi, dimana tulangan memanjang ditambatkan di dalam pondasi eksisting dengan resin epoksi. Hal ini sering kali mengarah pada penggalian skala besar, terutama pada bangunan dengan beberapa kolom lemah yang letaknya berdekatan.

Dalam suatu variasi metode, dan ketika yang menjadi perhatian hanyalah kekuatan geser dan kapasitas deformasi komponen struktur, skema intervensi selektif dapat diterapkan dimana jaket (baik beton maupun tulangan) dapat diakhiri dengan diangkur pada balok atau pelat pada ujungnya, meninggalkan celah sebesar 1-2. Namun, meskipun efektif, metode ini lebih rumit dan mahal dibandingkan alternatif serupa (yaitu pembungkus FRP) dan tidak begitu umum dalam aplikasi pra. Dalam kasus di mana konstruksi jaket tertutup (empat sisi) tidak memungkinkan (misalnya kolom di sekeliling bangunan yang berdekatan dengan properti lain yang sudah ada, atau balok di lokasi tanpa akses ke lantai atas), tiga- jaket bersisi dapat digunakan, asalkan jaket tersebut terhubung dengan baik ke bagian yang ada melalui pasak atau pengelasan, dan sanggurdi cukup tertutup atau diangkur (Gambar 4.8). Jaket dua sisi dan satu sisi harus dihindari - bahkan tidak diizinkan oleh beberapa standar (misalnya, bahasa Yunani).

Kode Intervensi hal ini disebabkan karena tidak mungkin untuk memasang sengkang secara memadai dan menghubungkan jaket dengan bagian yang sudah ada secara efektif, dan mungkin tidak berperilaku monolitik. Perlu dicatat bahwa, pada saat perkuatan komponen struktur vertikal dengan jaket, sisi-sisi komponen struktur eksisting dimana jaket diterapkan harus terbuka sepenuhnya agar tulangan dapat lewat dan konstruksi jaket. Hal ini memerlukan pembongkaran dan rekonstruksi beberapa bagian non-struktural, seperti pengisi, lantai, ubin, plafon gantung, pintu, atau jendela. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan biaya, gangguan signifikan, dan masalah arsitektural. Semua faktor ini harus dipertimbangkan ketika memutuskan untuk memperkuat suatu bangunan dengan jaket, terutama ketika bangunan tersebut sedang beroperasi.

Keuntungan dan Kerugian Dengan jaket beton bertulang, peningkatan kekuatan komponen struktur dapat meningkat secara signifikan dicapai, baik dalam lentur maupun geser. Selain itu, terjadi peningkatan yang signifikan keuletan dan kapasitas deformasi komponen

struktur, melalui pengekangan dan aksi anti-tuckling dari sengkang baru. Daya dukung dan kekuatan lentur komponen struktur ditingkatkan karena penambahan tulangan memanjang, sedangkan peningkatan kekuatan geser dan daktilitas dicapai melalui penambahan tulangan melintang. Peningkatan signifikan pada kekuatan komponen struktur dengan diperkenalkannya jaket dapat diamati melalui contoh sederhana dengan Seismo Struct (2023) dari komponen struktur yang ada dan bagian jaket yang sesuai. Ukuran komponen struktur dan pola perkuatan yang umum digunakan, yaitu kolom eksisting 25/25 dengan tulangan 4018 dan ring 8/30 diperkuat dengan jaket 10 cm dengan tulangan 8020 dan 10/10

Selain itu, karena peningkatan dimensi penampang, peningkatan kekakuan komponen struktur juga tercapai. Meningkatnya kekakuan pada bagian-bagian bangunan yang sudah diperkuat biasanya menyebabkan penurunan permintaan pada bagian-bagian yang tidak diperkuat. Namun, dalam kasus khas bangunan tahun 1960an atau pada tahun 1970-an, penurunan permintaan ini tergolong biasa-biasa saja karena kurangnya perlawanan dari para anggota yang ada, dan biasanya hal ini tidak cukup, sehingga membuat anggota-anggota tersebut tidak diperkuat. Akibatnya, ketika pelapisan beton bertulang dipilih sebagai metode utama retrofit, biasanya hal ini memerlukan perkuatan seluruh atau hampir seluruh anggota vertikal suatu bangunan, setidaknya untuk lantai bawah, dimana permintaan geser pada kolomnya besar. lebih tinggi. Ini berarti bahwa penggunaan jaket bermanfaat pada bangunan yang mengalami renovasi besar-besaran, ketika kerugian yang ditimbulkan pada elemen non-struktural akibat intervensi perkuatan relatif kecil.

Sebaliknya, pada bangunan yang masih beroperasi, pelapisan seluruh anggota vertikal menimbulkan permasalahan yang signifikan (seringkali tidak dapat diatasi). Secara umum, ini merupakan metode yang kotor dan mengganggu biaya untuk memperbaiki kerusakan non-struktural yang disebabkan oleh konstruksi jaket (misalnya pada dinding, plester, langit-langit, dan ubin) cukup tinggi. Pelapisan dapat menimbulkan masalah arsitektural (misalnya, pelapisan kolom yang berdekatan dengan bukaan akan memerlukan relokasi, penggantian, atau adaptasi jendela atau pintu). Salah satu kelemahan pelapisan yang tidak dapat diabaikan adalah peningkatan biaya konstruksi, dibandingkan dengan alternatif yang paling banyak digunakan, pembungkus FRP. Namun demikian, perlu dicatat bahwa jaket RC memiliki beberapa

keuntungan yang signifikan dibandingkan pembungkus FRP, memberikan peningkatan kekuatan dan kekakuan pada pembungkus FRP lentur dan geser, dalam penerapannya yang biasa dengan serat tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur, peningkatan hanya kekuatan geser, kemampuan deformasi, dan kekangan, tetapi tidak pada kapasitas tekuk jaket RC. Masalah Desain: Pemodelan, Analisis, dan Pemeriksaan pemodelan dan pemeriksaan bagian berjaket (tidak seragam) dalam model struktural dapat dengan mudah dilakukan, dengan asumsi penyederhanaan berikut:

- Komponen berjaket berperilaku monolitik, dengan aksi komposit penuh antara beton lama dan baru. Oleh karena itu, hipotesis Euler-Bernoulli bahwa bagian bidang tetap bidang dan tegak lurus terhadap sumbu komponen juga berlaku untuk komposit (beton + jaket eksisting) bagian
- Fakta bahwa beban aksial diterapkan pada kolom lama saja diabaikan, dan beban aksial penuh diasumsikan bekerja pada bagian eksisting dan bagian berjaket dari bagian tersebut.
- Apabila kedua material beton tersebut tidak dapat diakomodasi oleh umur paket analisis struktur, maka sifat beton jaket diasumsikan berlaku pada seluruh bagian elemen.

Kapasitas lentur dan kapasitas geser komponen struktur kemudian dikalikan dengan beberapa koefisien modifikasi yang memperhitungkan interaksi antara permukaan beton baru dan beton eksisting, dan mengurangi kapasitas total komponen struktur (bagian berjaket) + (bagian eksisting): misalnya menurut EC8 penurunan kuat geser total sebesar 10% ($V = 0,90 V_R$, lihat EC8-Part 3, A.4 2.2). Masalah utama terakhir dalam jaket adalah kemampuan bagian tersebut untuk mentransfer gaya antara beton baru dan beton lama melalui antarmuka antara dua beton, pasak, atau pengelasan. Karena pengelasan umumnya harus dihindari karena kemungkinan korosi pada tulangan yang ada, strategi yang baik untuk mencapai tujuan ini adalah dengan merancang pasak antara beton baru dan beton lama untuk memikul seluruh gaya geser pada antar muka, dengan mengabaikan perpindahan antar antar muka. , agar berada di sisi yang aman (Stelios Antoniou, 2023).

2.2.5. Polimer Bertulang Serat (FRP)

Persiapan permukaan komponen struktur eksisting sangat penting dalam pelapisan. Komponen struktur eksisting harus mempunyai dasar beton yang bersih dan kokoh untuk mencapai kondisi ikatan yang baik dengan jaket. Sambungan beton baru dan beton lama semakin diperkuat dengan pengasaran permukaan dan pemasangan pasak baja.



Gambar 2.6 Polimer Bertulang Serat (FRP)

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Polimer yang diperkuat serat adalah sistem perkuatan aksial yang digunakan untuk memperbaiki atau meningkatkan kapasitas balok beton bertulang, seperti pada gambar 2.6. Ini dapat digunakan untuk kolom berbentuk lingkaran dan persegi panjang tetapi lebih efektif pada bentuk sebelumnya. FRP meningkatkan daya dukung beban ultimit anggota beton bertulang dan meningkatkan kapasitas geser elemen beton bertulang. Selain itu, daktilitas kolom beton bertulang juga meningkat secara signifikan. Komposit harus dikeringkan sebelum diperbaiki karena semua resin dan sebagian serat menyerap kelembapan. Keunggulan dari perkuatan FRP

ini yaitu bahan lebih ringan, kekuatan tarik tinggi, tidak terjadi korosi sehingga memiliki durabilitas (keawetan) yang tinggi, mudah dalam pemasangannya sehingga menghemat (fleksibel). Pada umumnya perkuatan FRP yang digunakan untuk konstruksi adalah CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) dan GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer). CFRP dapat menahan korosi, tidak berkarat, memiliki daya tahan yang sangat baik. dan nyaman untuk dipasang dan gunakan kekuatan tarik mekanis CFRP hingga 10 kali lipat dari tulangan konvensional.

Selain itu, penggunaan tulangan konvensional rentan terhadap karat, tetapi serat carbon CFRP ini bukan baja, jadi tidak akan berkarat di masa depan. Dewasa ini, penggunaan beton dan material tulangan dalam perbaikan dan perkuatan struktur beton Itu anggap cukup sulit dan padat karya. Ini juga mengganggu penggunaan struktur asli dan penghuninya juga. Perkuatan dengan komposit yang diperkuat serat menyebabkan sedikit gangguan struktural, ini adalah bahan penguat yang diterima secara luas dalam standar desain internasional seperti standar ACI440 AS.

Kemampuan “Carbon Fiber” (CFRP) dalam pekerjaan perkuatan struktur

1. Memperkuat beban struktur (Load Capacity) dengan Carbon Fiber (CFRP)
2. Meningkatkan beban hidup (Live Load Meningkatkan) dengan Carbon Fiber (CFRP)
3. Perkuat struktur (Structural Steering) dengan Carbon Fiber (CFRP)
4. Perbaiki konstruksi yang tidak standar (Non-Standard Construction Fixing) dengan Carbon Fiber (CFRP)
5. Perkuat ketahanan gempa (Seismic Stronging) dengan Carbon Fiber (CFRP).

Perkuatan struktur kapasitas beban dengan Carbon Fiber (CFRP) banyak gunakan negara Indonesia Jepang Amerika, Kanada, dan India serta Korea. Peningkatan Beban Langsung dengan perkuatan Carbon Fiber sering gunakan untuk perkuatan. Lantai beton bertulang yang tidak dapat memikul beban hidup menurut penilaian, ukuran, posisi dan arah beban hidup menurut aplikasi struktur masa lalu, sekarang, dan masa depan, beserta nilai beban hidup yang ditentukan dalam standar desain yang relevan. Perkuatan struktur beton dengan Carbon Fiber untuk menambah berat beban sangat populer saat ini karena pemasangan Carbon Fiber mudah dipasang dan tidak terlalu mengubah estetika bangunan. Perkuatan struktur beton dengan Carbon Fiber (CFRP)

Perseroan Terbatas adalah cerdas dan Albright perkuatan struktur (Structural Penguatan), yang melakukan survei sebelum struktur. Oleh insinyur berpengalaman keahlian karena perkuatan struktur (Structural Perkuatan) merupakan suatu proses perbaikan untuk meningkatkan stabilitas, kekuatan atau daya dukung beban pada suatu struktur dengan menggunakan berbagai teknik dan metode. Pertimbangan teknik perkuatan memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap kondisi, perilaku dan sifat struktur. Karena terkadang satu peningkatan fitur ini dapat membuat beban lain pada struktur, seperti peningkatan muatan statis. Atau mengubah distribusi gaya yang menyebabkan bagian lain dari struktur menjadi kritis, yang mengakibatkan struktur menjadi tidak aman atau mengalami peningkatan daya dukung beban, tidak sebanding dengan investasi.

Perancangan tulangan struktur dengan Carbon Fiber (CFRP) dapat dilakukan sebagai: serta desain struktur baru secara umum, heuristik struktur analisis. Dengan mengacu pada persyaratan yang relevan seperti persyaratan standar desain perkuatan struktur beton bertulang atau standar desain struktur beton prategang, dll. Namun dalam beberapa kasus, strukturnya terlihat berbeda dari struktur umumnya. Diperlukan analisis rinci tentang perilaku struktural selama dan setelah perkuatan, yang dapat berupa analisis pemodelan struktural atau analisis berdasarkan teori-teori yang relevan seperti teori material komposit (material komposit) dll. Metode penguatan ikat eksternal adalah metode yang digunakan untuk secara efektif meningkatkan kapasitas beban hidup dan membantu memperbaiki defleksi yang berlebihan.

Kemampuan “Perkuatan Struktur beton dengan Carbon Fiber (CFRP)”

1. Perkuatan untuk mendukung perubahan penggunaan bangunan.
2. Perkuat, tingkatkan daya dukung beban / tingkatkan bobot siklik.
3. Perkuat lantai untuk menopang berat mesin.
4. Perkuat untuk memperbaiki struktur yang tidak berkualitas baik.
5. Memperkuat struktur bangunan agar tahan gempa.
6. Memperkuat kuat lentur, kuat geser, gaya aksial dan torsi.
7. Perkuat untuk meningkatkan daya rekat pada area perkuatan.
8. Memperkuat momen inersia, efektivitas penampang dan kekakuan.
9. Perkuat, kurangi retak, tekuk.
10. Perkuat di sekitar bukaan pada struktur.

Pemecahan masalah konstruksi tidak standar dengan memperkuat struktur dengan Carbon Fiber (CFRP) sangat populer saat ini. Karena pemasangannya yang cepat dan mudah, Serat Karbon yang ringan dan tahan lama dapat disesuaikan untuk digunakan pada struktur yang diperkuat, misalnya untuk menambah Beban Langsung.

Carbon Fiber (CFRP) dapat digunakan untuk memperbaiki konstruksi yang tidak standar dengan perkuatan struktur beton dalam banyak kasus sebagai berikut:

1. Penempatan tulangan pada posisi yang salah membuat lantai beton tidak mampu menahan beban sesuai rencana.
2. Pemasangan baja tulangan pada kolom atau balok tidak lengkap sesuai desain atau salah ukuran tulangan tidak sesuai desain.
3. Pemasangan tulangan di lantai tidak cukup.
4. Mengatasi masalah retak karena baja tulangan yang tidak mencukupi

Perkuatan bangunan yang tidak dirancang untuk [menahan gempa](#) yang kebanyakan bangunan tua atau bangunan yang bangun sebelum undang-undang (Peraturan Menteri tahun 2550) undangkan untuk mencegah kerusakan yang akan terjadi saat menerima gempa kemudian hari dari banyak kejadian gempa. Insiden menunjukkan bahwa sejumlah besar bencana bangunan terjadi di pilar. Itu menunjukkan bahwa pilar adalah struktur penting. Karena pilar menopang berat seluruh bangunan oleh karena itu, jika pilar tersebut hancur, maka akan menyebabkan seluruh bangunan runtuh. Untuk itu, untuk bangunan lama yang sudah lama bangun oleh karena itu, penguatan kolom perlukan. Untuk efisiensi kolom perkuatan dengan lembaran serat karbon (Carbon Fiber Reinforced Polymer: CFRP). Dengan membawa lembaran serat karbon (**TrisakunFiber-Sheet**) yang bungkus dasar tiang (diuji Indonesia International Institute of Technology,) dibandingkan dengan tiang yang tidak dibungkus dengan serat karbon (Carbon Fiber Reinforced Polymer: CFRP) (**TrisakunFiber-Sheet**) diuji dengan beban bolak-balik untuk mensimulasikan gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Tiang-tiang bangunan yang tidak terbungkus **Trisakun Fiber-sheet** tidak tahan gempa

- Jelas ada retakan di dasar tiang. beton retak jatuh Baja tulangan bengkok dan berubah bentuk
- Memiliki sedikit kekuatan dan bebas dari ketangguhan. Ketika tiang telah mencapai kekuatan maksimumnya Kapasitas berat akan langsung turun.
- Menjaga kondisi beton dengan sangat baik. Tidak retak atau rusak berat
- Bobot tiang bertambah dari tiang yang tidak bungkus serat karbon. serta memungkinkan kolom bergoyang 4-5 kali lebih banyak dari sebelumnya, yang lebih baik dari standar desain bangunan tahan gempa.



2.2.6 Metode Injeksi Epoksi

Gambar 2.7 Metode Injeksi Epoksi

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Metode Injeksi epoksi adalah metode ekonomis untuk memperbaiki retakan tidak bergerak pada dinding beton, pelat, kolom, dan tiang. Pada perkuatan bangunan, injeksi epoksi digunakan untuk mengisi dan memperbaiki kesalahan struktural, seperti pada gambar 2.7. Ia mampu mengembalikan kekuatan beton ke kekuatan sebelum retak. Ikatan tarik epoxy pada beton lebih kuat dibandingkan dengan kuat tarik beton. Penguatan dilakukan dengan memasang tulangan tambahan pada bidang keruntuhan yang di kombinasikan dengan injeksi resin epoksi.

Kelebihan dari metode ini adalah mempunyai kuat rekat, kuat lekat dan kuat tekan yang tinggi, melebihi kekuatan beton itu sendiri.

Ketahanan kimia yang baik serta aman untuk aplikasikan pada area yang mudah terpapar bahan kimia. Bersifat tidak menyusut sehingga stabil untuk jangka yang panjang. Kekurangan dari metode ini adalah sealant epoxy tidak sama dengan warna beton, sehingga proses finishing lebih lama untuk area lantai yang menginginkan hasil maksimal. Tidak direkomendasikan untuk retakan yang lebih dari 1 cm, metode injeksi tergolong lama karena saat penyuntikkan harus dengan tekanan rendah agar material masuk kedalam celah beton yang kecil, material tidak sejenis dengan beton sehingga ada kemungkinan material tidak menyatu sempurna dengan beton.

2.2.7. Ikatann Plat Internasional



Gambar 2.8 Ikatann Plat Internasional

Sumber: Bhushan Mahajan. (2022, Januari 29)

Penguatan balok beton bertulang dengan pelat atau strip luar merupakan metode konvensional dan telah digunakan selama beberapa dekade. Metode pengikatan pelat luar dapat digunakan untuk meningkatkan kuat geser balok beton bertulang dengan membungkus seluruh atau sebagian pelat baja pada sambungan kolom dan balok, seperti pada gambar 2.8. Pelat luar yang tegak lurus terhadap potensi retak geser efektif untuk meningkatkan kuat geser bagian beton bertulang. Kuat geser tambahan tersebut dicapai, namun bergantung pada geometri balok, kuat beton yang ada, dan metode pembungkusan yang diterapkan.

2.3. Konstruksi Baja Komposit

Struktur komposit adalah struktur yang terdiri dari dua jenis material atau lebih. Kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan dengan tujuan agar memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih kuat untuk memikul tekanan dibandingkan hanya dengan mengandalkan satu material saja. Struktur komposit sendiri memanfaatkan sifat fisik dan mekanik masing-masing bahan yang digunakan. Sehingga dari sifat tersebut akan diperoleh berbagai kelebihan tertentu dibandingkan dengan bahan yang membentuknya. Sifat-sifat material komposit tidaklah harus sama, tidak pula harus sejenis, namun masing-masing material memiliki kekuatannya sendiri-sendiri.

Semua material dan bahan bangunan dapat menjadi material komposit, asalkan memenuhi persyaratan dan sudah melalui analisis. Jadi tidak hanya sekedar dikira-kira saja. Struktur komposit antara konstruksi beton dan baja misalnya. Perpaduan kedua material tersebut akan membentuk material komposit yang ekonomis dan efisien melalui hasil kerjasama yang tercipta diantara keduanya. Sistem komposit terbentuk akibat interaksi antara baja dan beton yang pada dasarnya memiliki karakteristik masing-masing. Dengan memanfaatkan perilaku interaktif yang terjadi antara baja dan beton serta memobilisasikan kemampuan optimal dari masing-masing bahan dalam memikul beban, struktur dari elemen baja dan beton ini terbentuk.

2.3.1. Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (Open Mold-Process)

a. Contact Molding/ Hand Lay Up

Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada

proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Kelebihan penggunaan metoda ini mudah dilakukan, cocok di gunakan untuk komponen yang besar, volumenya rendah. Pada metoda hand lay up ini resin yang paling banyak di gunakan adalah polyester dan epoxies.

b. Vacuum Bag

Proses vacuum bag merupakan penyempurnaan dari hand lay-up, penggunaan dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan udara terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa vacum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Dengan divakumkan udara dalam wadah maka udara yang ada diluar penutup plastic akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam specimen komposit akan dapat diminimalkan. Dibandingkan dengan hand lay-up, metode vakum memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih resin / rasio kaca.

c) Pressure Bag

Pressure bag memiliki kesamaan dengan metode vacum bag, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan malalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. Biasanya tekanan basar tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 ps.

d) Spray-Up

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian- bagian yang lebih kompleks ekonomis dari hand lay-up. Proses spray-up dilakukan dengan cara

penyemprotan serat (fibre) yang telah melewati tempat pemotongan (chopper) Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan spray- up telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya adalah dengan membiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Spray-up telah sangat sedikit aplikasi di ruang angkasa. Teknologi ini menghasilkan struktur kekuatan yang rendah yang biasanya tidak termasuk pada produk akhir. Spray-up sedang digunakan untuk bergabung dengan struktur back-up untuk lembaran wajah komposit pada alat komposit. Spray-up ini juga digunakan terbatas untuk mendapatkan fiberglass splash dari alat transfer.

E). Filament Winding

Fiber tipe roving atau single strand dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin termo seting yang biasa digunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat.

2. Proses Cetakan Tertutup (Closed mold Processes)

a). Proses Cetakan Tekan (Compression Molding)

Proses cetakan ini menggunakan hydraulic sebagai penekannya. Fiber yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat.

b). Injection Molding

Metoda injection molding juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. Fiber dan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperature dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta fiber akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan.

c). Continuous Pultrusion

Fiber jenis roving dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (cure), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa di sebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau creel melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan.

Tabel 2.1. Penelitian Yang Relevan.

Peneliti	Nama, Judul & Tahun Penelitian	Tujuan	Hasil
-----------------	---	---------------	--------------

I	Muhammad Nur Fajar “Studi retrofit wire mesh dan SCC pada balok beton tulangan bambu takikan sejajar tipe v” 2023	Retrofit berupa pemberian wiremesh dan self compacting concrete (SCC) pada beton dengan tulangan bambu dapat meningkatkan kapasitas beban di daerah elastis pada kurva hubungan beban-lendutan dan kurva hubungan beban regangan beton.	Diameter agregat kasar maksimal 20 mm Modulus kehalusan aggregate kasar antara 2.5 – 3.2 Agregat gabungan harus dianalisis secara hati-hati untuk mendapatkan gradasi yang tepat dan kompak sesuai dengan persyaratan. Perbandingan jumlah gabungan aggregate kasar dan aggregate kasar 45% - 55%
---	---	---	--

Lanjutan tabel 2.1

II	Parmo Taufikkurahman” Perbaikan Kekuatan Dan Daktilitas Balok Beton Bertulang Menggunakan Glass Fiber Reinforced Polymer (Gfrp) Strips” 2022	Teknik perbaikan (retrofit) struktur bangunan dengan cara penambahan Fiber Reinforced 1 Polymer (FRP)	Kekuatan balok beton setelah di retrofit denngan GFRP mengalami peningkatan kapasitas beban (P) dari 8 ton ke 10 ton pada titik lendutan yang sama, sehingga dapat disimpulkan kekuatan balok beton dengan retrofir GFRP mengalami penambahan sebesar 20 % dibandingkan dengan kolom original.
III	Junaedi Utumo “HERITAGE BUILDING RETROFITTING” 2021	Heritage buildings memerlukan retrofitting bila mengalami: (1) Pemakaian bangunan yang tidak benar, (2) Modifikasi struktur yang mengarah ke design flaws, (3) Abai terhadap	Heritage buildings memerlukan retrofitting bila mengalami: (1) Pemakaian bangunan yang tidak benar, (2) Modifikasi struktur yang mengarah ke design flaws, (3) Abai terhadap pemeliharaan, (4) Umur tua material, dan (5) Kerusakan

Lanjutan
tabel 2.1

		pemeliharaan, (4) Umur tua material, dan (5) Kerusakan akibat bencana (gempa, angin, banjir, api atau sebab lain).	akibat bencana (gempa, angin, banjir, api atau sebab lain).
--	--	---	---

2.4. Perhitungan Daya Dukung Kolom

Kekuatan penampang kolom dengan beban sentris ditentukan dengan mengganggap bahwa semua baja tulangan sudah mencapai leleh, jadi tegangan baja tulangan $f_s = f_s' = f_y$. Di samping itu, regangan tekan beton sudah mencapai batas maksimal, yaitu $\epsilon_c' = \epsilon_{cu}' = 0,003$. Perhitungan dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Menghitung luas bruto penampang kolom (A_g)

$$A_g = b \cdot h$$

2. Menghitung luas total tulangan baja (A_{st})

$$A_{st} = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

3. Menghitung luas bersih (netto) beton (A_n)

$$A_n = A_g - A_{st}$$

4. Menghitung kapasitas beban nominal (P_0)

$$P_0 = A_{WF} \times F_{yWF}$$

$$P_0 = 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y + A_{wF} \cdot F_{yWF}$$

5. Menghitung batasan kuat tekan nominal maksimal

$$P_{n,maks} = 0,80 \cdot P_0 \text{ (kolom dengan tulangan sengkang)}$$

6. Menghitung kuat rencana dengan memasukan factor reduksi kekuatan ϕ pada kuat nominalnya.

$$\phi P_{n,aks} = \phi \cdot 0,80 \cdot P_0 \text{ (kolom dengan tulangan sengkang)}$$

$$\phi P_{n,aks} = \phi \cdot 0,85 \cdot P_0 \text{ (kolom dengan tulangan spiral)}$$

Dengan :

$$\phi = 0,65 \text{ untuk kolom dengan tulangan sengkang}$$

$$\phi = 0,70 \text{ untuk kolom dengan tulangan spiral}$$

2.5. Pembebanan

Perancangan struktur beton bertulang gedung bertingkat diperlukan memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada struktur dapat digolongkan menjadi beban gravitasi yang meliputi beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*), serta beban lateral yang meliputi beban gempa (*Eartquake*) dan beban angin (*Wind*). Beban-beban tersebut digunakan untuk menentukan dimensi dan bentuk dari struktur bangunan yang dirancang. Pada bagian ini dijelaskan jenis-jenis beban yang digunakan dalam perancangan.

2.5.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang harus ada pada struktur bangunan, karena beban mati merupakan beban yang dihasilkan oleh bahan konstruksi struktur tersebut. Berat bahan bangunan akan dikalikan dengan volume dari struktur bangunan agar menjadi beban terpusat atau dikalikan dengan luas dari penampang struktur agar menjadi beban merata. Pada

perancangan ini beban mati yang didapat adalah beban mati luasan dan dikonversikan menjadi beban merata atau beban titik. Berat dari komponen bangunan yang digunakan untuk menentukan beban mati diperlihatkan pada tabel 2,2.

Tabel 2.2 Berat Bahan Bangunan

No	Material	Berat isi (Kg/m ³)
1	Beton bertulang	2400
2	Baja	7850
3	Celcon panel	780

Rumus yang digunakan dalam menentukan nilai dari beban mati adalah sebagai berikut:

$$q = \text{Luas} \times \text{Berat isi} \quad (2.1)$$

$$P = \text{Volume} \times \text{Berat isi} \quad (2.2)$$

Dengan :

q = beban merata (kg/m)

P = beban terpusat (kg)

2.5.2. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban hidup ialah beban yang diakibatkan pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak. Pengaplikasian dan penentuan beban hidup pada penelitian ini disesuaikan dengan fungsi tiap ruangan yang tertera dalam SNI 1727:2020. Perhitungan beban hidup memiliki perhitungan yang sama dengan perhitungan beban mati .Beban hidup yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai beban hidup merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum (SNI 1727:2020)

No	Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)
1	Sistem lantai akses	
	– Kursi tetap	60 (2,87)
	– Lobi	100 (4,79)
	– Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)
3	Ruang pertemuan	
	– Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)
	– Lobi	100 (4,79)
	– Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)
	– Panggung pertemuan	100 (4,79)
	– Lantai podium	150 (7,18)
6	Atap	
	Atap datar, berbubungan dan lengkung	20 (0,96)
	Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)

2.6. Batang Tekan

Kolom dengan kekang yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuan ujungnya (contohnya tumpuan sendi). Selain kondisi tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil Panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula risikonya terhadap masalah tekuk.

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik belok dari kelengkungan kolom.

SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.3.1 memberikan daftar nilai factor Panjang tekuk untuk sebagai kondisi tumpuan ujung dari suatu kolom. Nilai k ini diperoleh dengan mengasumsikan bahwa kolom tidak mengalami goyangan atau translasi pada ujung-ujung tumpuan. Ada dua nilai yang ada ditabel yaitu nilai k teoritis dan nilai k disain, nilai yang kita gunakan adalah nilai k disain, seperti pada table 2.4.

Table : 2.4 nilai k untuk kolom dengan ujung -ujung yang ideal

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k teoritis	12.566	10.186	9.8696	4.4934	2.0461	0.2356
Nilai k disain	12.566	10.186	9.8696	4.4934	2.0461	0.2356
Kode ujung						

Untuk suatu komponen struktur tekan yang merupakan bagian dari suatu struktur portal kaku, maka nilai k harus dihitung berdasarkan suatu nomogram. Tumpuan-tumpuan pada ujung kolom tersebut ditentukan oleh hubungan antara balok dengan kolom-kolom lainnya.

Nilai k untuk masing-masing system portal tersebut dapat dicari dari nomogram. Terlihat dalam gambar 2.9 bahwa nilai k merupakan fungsi dari G_A dan G_B yang merupakan perbandingan antara kekakuan komponen struktur yang dominan terhadap tekan (kolom) dengan kekakuan komponen struktur yang relatif bebas terhadap gaya tekan (balok). Nilai G ditetapkan berdasarkan persamaan:

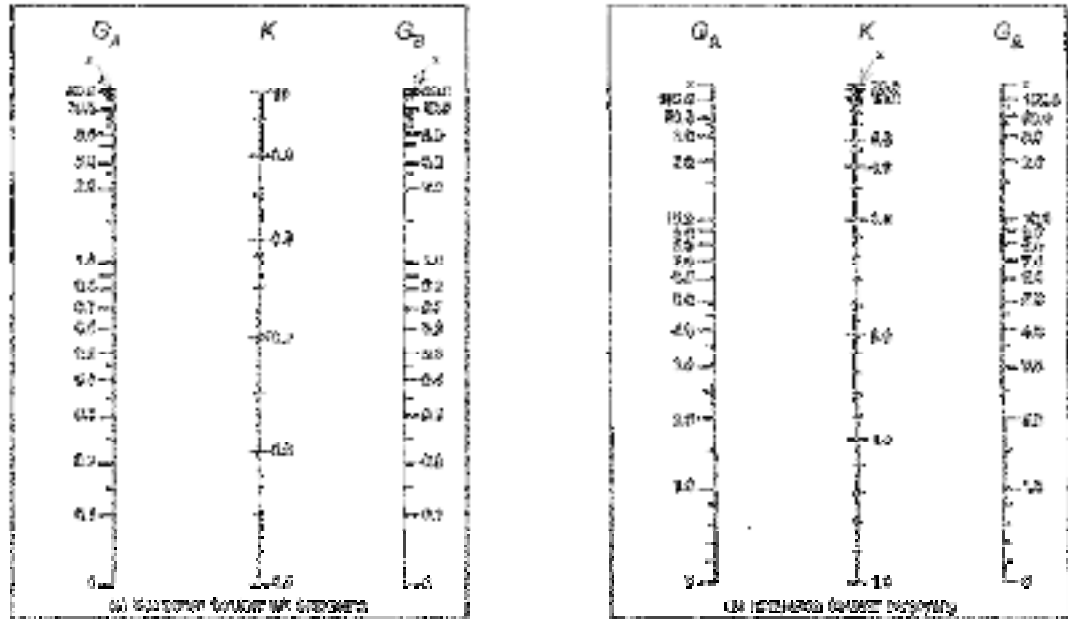
$$G = \frac{\sum \left(\frac{1}{L}\right)_c}{\sum \left(\frac{1}{L}\right)_b}$$

Persamaan ini dapat dikecualikan untuk kondisi-kondisi berikut:

- a. Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku pada pondasi (contohnya tumpuan sendi), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 10, kecuali bila dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut.
- b. Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya terhubung secara kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 1, kecuali bila dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut

Besaran $\sum \left(\frac{I}{L}\right)_c$ dihitung dengan menjumlahkan kekakuan semua komponen struktur tekan (kolom) dengan bidang lentur yang sama yang terhubung secara kaku pada ujung komponen struktur yang sedang ditinjau.

Besaran $\sum \left(\frac{I}{L}\right)_b$ dihitung dengan menjumlahkan kekakuan semua komponen struktur lentur (balok) dengan bidang lentur yang sama yang terhubung secara kaku pada ujung komponen struktur yang sedang ditinjau.



Gambar 2.9 Nomogram Faktor Panjang Tekuk, k

Sumber: Buku LRFD

Untuk mencari kekuatan batang tekan, dapat menggunakan prinsip LRFD, dengan persamaan :

$$\phi P_n = 0,9 \times f_{cr} \times A_s$$

Yang penting dipahami di batang tekan adalah f_{cr} ini akan menentukan apakah kolom akan mengalami tekuk elastis atau tekuk tidak elastis dan perbedaan kedua ini ditentukan oleh nilai :

$$\frac{KL}{R} \geq \frac{4,71\sqrt{E}}{f_y}$$

Maka kolom mengalami tekuk elastis dan persamaan f_{cr} yang digunakan:

$$f_{cr} = 0,877 f_e$$

Dimana :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Apabila :

$$\frac{KL}{R} < \frac{4,71\sqrt{E}}{f_y}$$

Maka kolom mengalami tekuk tidak elastis dan persamaan f_{cr} yang digunakan:

$$f_{cr} = \left[0,658\left(\frac{f_y}{f_e}\right)\right] \times f_y$$

Sehingga akan memperoleh nilai f_{cr} dan dapat menghitung kuat tekan suatu kolom baja.

2.7. Kolom Komposit

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gilas panas yang dibungkus dengan beton diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom biasa. Analisis dari kolom komposit hampir sama dengan analisis komponen struktur tekan, namun dengan nilai f_y dan r yang telah di modifikasi.

Persyaratan bagi suatu komposit ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.1. Batasan-batasan berikut harus dipenuhi kolom komposit :

1. Luas penampang profil baja minimal 4% dari luas total penampang melintang kolom komposit, jika kurang maka komponen struktur tekan ini akan beraksi sebagai kolom beton biasa
2. Untuk profil baja yang diselubungi beton, persyaratan berikut harus dipenuhi :
 - a. Tulangan longitudinal dan lateral harus digunakan, jarak antar pengikat lateral tidak boleh lebih besar dari 2/3 dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas penampang melintang dari tulangan longitudinal dan transversal minimum $0,18 \text{ mm}^2$ per mm jarak antar tulangan longitudinal/transversal
 - b. Selimut beton harus diberikan minimal setebal 40 mm dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal

- c. Tulangan longitudinal harus dibuat terus menerus pada lantai tingkat kecuali tulangan longitudinal sebagai kekangan beton
3. Kuat tekan beton, $f'c$ berkisar antara 21 hingga 55 Mpa untuk beton normal, dan minimal 28 Mpa untuk beton ringan
 4. Tegangan leleh profil baja dan tulangan longitudinal tidak boleh lebih 380 Mpa.
 5. Untuk mencegah tekuk lokal pada pipa baja atau penampang baja berongga, maka ketebalan dinding minimal disyaratkan sebagai berikut :
 - a. Untuk penampang persegi dengan sisi b , maka $t \geq D \sqrt{f, 1 E}$
 - b. Untuk penampang lingkara diameter D , maka $t \geq D \sqrt{f, 18 E}$

Tata cara perhitungan kuat rencana kolom komposit diatur dalam SNI 03-1729-200 pasal

12.3.2. Dalam pasal ini dinyatakan bahwa kuat rencana kolom komposit adalah:

$$N_U = \phi_C \cdot N_n$$

Dengan:

$$\phi_C = 0,85$$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega}$$

Nilai dari ω ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \lambda_n < 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \cdot \lambda_c^{-2}$$

Dengan :

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_{m,\pi}} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \cdot \left(\frac{A_r}{A_s}\right) + c_2 f' \cdot \left(\frac{A_c}{A_s}\right)$$

$$E_m = E + c_3 \cdot E_C \cdot \left(\frac{A_c}{A_s}\right)$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c}$$

Keterangan:

- A_c adalah luas penampang beton, mm²
- A_r adalah luas penampang tulangan longitudinal, mm²
- A_s adalah luas penampang profil baja, mm²
- E adalah modulus elastisitas baja, MPa
- E_c adalah modulus elastisitas beton, MPa
- E_m adalah modulus elastisitas kolom komposit, MPa
- f_{cr} adalah tegangan tekan kritis, MPa
- f_{ym} adalah tegangan leleh kolom komposit, MPa
- f_y adalah tegangan leleh profil baja MPa
- f'_c adalah kuat tekan karakteristik beton, MPa
- k_c adalah faktor panjang efektif kolom
- L adalah panjang komponen struktur, mm
- r_m adalah jari-jari girasi kolom komposit
- ω adalah berat jenis beton, kg/m³
- λ_c adalah parameter kelangsingan
- ϕ_c adalah faktor reduksi beban aksial tekan
- ω adalah faktor tekuk

Kofisien c_1 , c_2 dan c_3 ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk pipa baja yang diisi beton:

$$c_1 = 1,0 \quad c_2 = 0,85 \quad c_3 = 0,4$$

- b. Untuk profil baja yang dibungkus beton:

$$c_1 = 0,7 \quad c_2 = 0,6 \quad c_3 = 0,2$$

Jari-jari girasi kolom komposit diambil lebih besar daripada jari-jari profil baja dan kolom beton. Pendekan yang konservatif adalah dengan menggunakan jari-jari girasi yang terbesar antara profil baja dan kolom beton, yang dapat diambil sebesar 0,3 kali dimensi dalam bidang tekuk.

$$r_m = r > 0,3 \cdot b$$

Dengan

r adalah jari-jari girasi baja dalam bidang tekuk

b adalah dimensi terluar kolom beton dalam tekuk

Kuat rencana maksimum yang dipikul oleh beton harus diambil sebesar $1,7 \cdot \phi_c \cdot f'_c \cdot A_B$ dengan $\phi_c = 60$ dan A_B adalah luas daerah pembebanan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

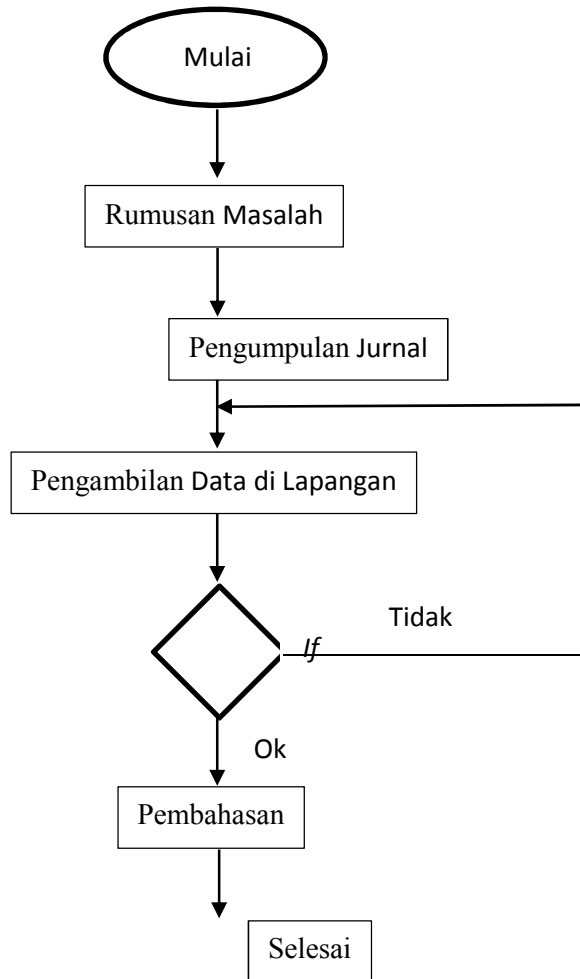
Penelitian ini dilaksanakan di Fakultas Kedokteran USU Jl. Dr. Mansyur No 5, Padang bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian

3.2. Diagram Penelitian

Pada tugas akhir ini dibutuhkan diagram penelitian untuk memberikan kemudahan evaluasi perkembangan tugas akhir. Pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan pada (gambar 3.2)



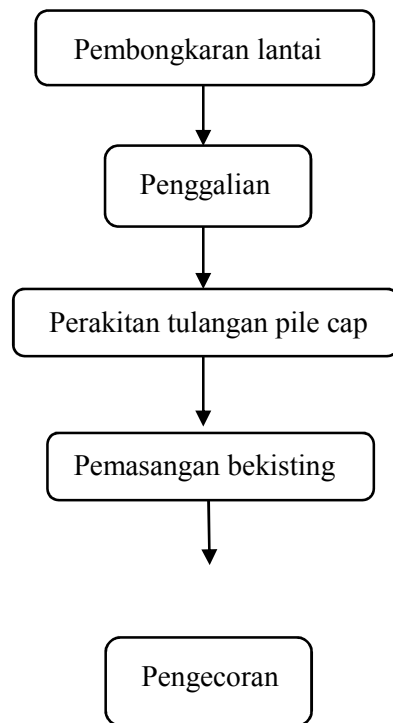
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini berdasarkan pengerjaan pada proyek Rehabilitas Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara.

A. Pondasi

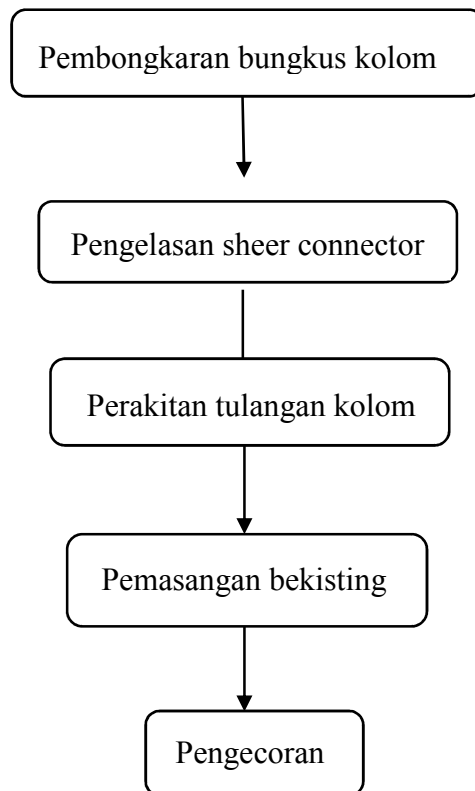
Prosedur penelitian untuk metode perkuatan pondasi disajikan dalam diagram pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Prosedur Metode Retrofit yang digunakan pada Pondasi

B. Kolom

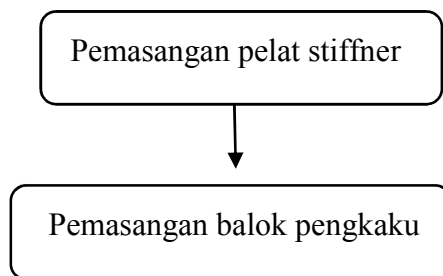
Prosedur penelitian untuk metode perkuatan kolom disajikan dalam diagram pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Prosedur Metode Retrofit yang digunakan pada Kolom

C. Balok

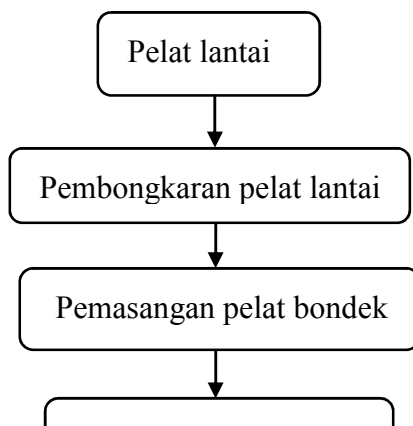
Prosedur penelitian untuk metode perkuatan balok disajikan dalam diagram pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Prosedur Metode Retrofit yang digunakan pada Balok

D. Plat

Prosedur penelitian untuk metode perkuatan pelat disajikan dalam diagram pada gambar 3.6.



Gambar 3. Diagram Prosedur Metode Retrofit yang digunakan pada Pelat