

Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pile Cap dan Tie Beam pada Struktur Gedung Pasca Gempa Bumi (Studi Kasus: Gedung Aula MAN 1 Cianjur)

Hadid Asysyamil^{a,1,*}, Cece Suhendi^{b,2,*}

^a Departement of Civil Engineering, Nusa Putra University, Jl. Raya Cibolang Kaler No. 21, Kab. Sukabumi 43152, Indonesia

¹ hasyayamil@gmail.com*; ² cece.suhendi@nusaputra.ac.id*

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pelaksanaan pekerjaan *pile cap* dan *tie beam* pada struktur Gedung Aula MAN 1 Cianjur yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai efektivitas metode konstruksi yang digunakan dan mengidentifikasi permasalahan yang muncul selama proses pelaksanaan, terutama terkait ketahanan struktur terhadap guncangan seismik. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara, yang meliputi kondisi galian tanah, pembesian, pemasangan bekisting, dan pengecoran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *pile cap* dan *tie beam* dapat meningkatkan stabilitas dan kekakuan struktur, namun ditemukan beberapa kendala teknis. Ketidaksesuaian dimensi galian tanah terjadi akibat kondisi tanah yang labil, sedangkan cuaca yang tidak mendukung menyebabkan karat pada besi dan deformasi bekisting, yang berpotensi menurunkan kualitas struktur. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pelaksanaan metode *pile cap* dan *tie beam* cukup efektif untuk ketahanan gempa, tetapi memerlukan pengawasan dan tindakan preventif tambahan, seperti stabilisasi tanah dan perlindungan material dari cuaca. Temuan ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi proyek konstruksi serupa di kawasan rawan gempa.

ABSTRACT

This study analyzes the implementation of pile cap and tie beam work on the structure of the MAN 1 Cianjur Hall Building, which sustained damage due to an earthquake. The purpose of this research is to assess the effectiveness of the construction methods used and to identify issues that arose during the implementation process, particularly regarding the structure's resistance to seismic shocks. Data collection was conducted through field observations and interviews, covering soil excavation conditions, rebar installation, formwork setup, and casting. The results show that the use of pile cap and tie beam can enhance the stability and rigidity of the structure, though several technical challenges were identified. Excavation dimension mismatches occurred due to unstable soil conditions, while adverse weather led to rust on the steel and formwork deformation, potentially affecting structural quality. The conclusion of this study is that the application of pile cap and tie beam methods is effective for earthquake resistance but requires additional supervision and preventive measures, such as soil stabilization and material protection from weather. These findings are expected to serve as a reference for similar construction projects in earthquake-prone areas.



KATA KUNCI

Bekisting
Dimensi Galian
Pile Cap
Tie Beam

KEYWORDS

*Formwork
Excavation Dimensions
Pile Cap
Tie Beam*



This is an open-access article under the CC-BY-SA license

1. Pendahuluan

Gempa bumi adalah fenomena alam berupa getaran atau guncangan yang terjadi akibat pelepasan energi dari dalam bumi yang mengakibatkan pergerakan lempeng tektonik atau aktivitas vulkanik. Pergerakan lempeng yang bertabrakan atau bergesekan akan menciptakan retakan atau patahan yang menyimpan energi dalam jumlah besar. Ketika energi ini dilepaskan, gelombang seismik merambat ke permukaan bumi, sehingga menyebabkan guncangan yang dapat berdampak serius pada wilayah yang berada di atas patahan tersebut. Kekuatan gempa diukur dengan satuan magnitudo, di mana semakin tinggi magnitudo, semakin besar energi yang dilepaskan dan semakin luas wilayah terdampak [1].

Dampak dari gempa bumi dapat beragam, mulai dari kerusakan pada bangunan dan infrastruktur, hingga menyebabkan bencana sekunder seperti tanah longsor, tsunami, atau kebakaran. Wilayah dengan aktivitas tektonik yang tinggi, seperti Indonesia, berisiko tinggi mengalami gempa bumi karena terletak di antara tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Oleh karena itu, pengetahuan dan kesiapsiagaan terhadap risiko gempa sangat penting, termasuk penerapan teknologi konstruksi yang mampu meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi [2].

Gempa bumi yang melanda Cianjur pada 21 November 2022 merupakan salah satu bencana besar yang memberikan dampak signifikan pada masyarakat dan infrastruktur di wilayah tersebut. Gempa ini memiliki kekuatan magnitudo 5,6, dan meskipun tergolong menengah, kedalamannya yang relatif dangkal membuat guncangannya terasa sangat kuat di permukaan. Gempa ini mengakibatkan banyak kerusakan, terutama pada bangunan yang konstruksinya belum sesuai dengan standar tahan gempa. Ribuan rumah dan bangunan fasilitas umum rusak, beberapa bahkan mengalami keruntuhan total, sehingga banyak warga terpaksa mengungsi dan memerlukan bantuan darurat [3].

Pemerintah dan berbagai lembaga bantuan segera melakukan penanganan pasca-bencana untuk membantu masyarakat yang terdampak, termasuk upaya rekonstruksi dan perbaikan infrastruktur yang rusak. Dalam fase rekonstruksi ini, perhatian lebih diberikan pada penerapan teknologi konstruksi yang dapat meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa. Rekonstruksi dilakukan dengan memperkuat fondasi bangunan, salah satunya melalui penerapan teknik pile cap dan tie beam yang dirancang untuk memperkuat struktur dan mencegah keruntuhan akibat guncangan [4].

Langkah rekonstruksi ini penting mengingat wilayah Cianjur dan sekitarnya berada di zona dengan potensi gempa yang cukup tinggi. Melalui penerapan teknologi tahan gempa pada bangunan-bangunan yang direkonstruksi, diharapkan risiko kerusakan dan kerugian yang mungkin timbul akibat gempa di masa depan dapat diminimalkan. Selain itu, masyarakat juga diedukasi mengenai pentingnya standar konstruksi tahan gempa untuk memastikan keamanan dan keselamatan lingkungan mereka, terutama di daerah rawan gempa seperti Cianjur [5].

Pile cap dan tie beam adalah komponen penting dalam sistem fondasi bangunan yang dirancang untuk memberikan kekuatan tambahan pada struktur dan menambah stabilitas bangunan. Pile cap berfungsi untuk menyebarluaskan beban dari struktur atas bangunan ke beberapa tiang pancang (pile) di bawahnya, sementara tie beam adalah balok pengikat yang menghubungkan pile cap atau kolom pada bangunan. Sistem ini membantu mengurangi risiko pergeseran dan keruntuhan pada bangunan akibat gaya lateral, seperti yang diakibatkan oleh guncangan gempa. Penggunaan pile cap dan tie beam bermanfaat dalam menjaga kestabilan struktur, mengurangi pergerakan tanah yang merusak fondasi, dan meningkatkan daya dukung bangunan terhadap beban horizontal [6][7].

Studi pada beberapa proyek rekonstruksi pasca-gempa menunjukkan bahwa penggunaan pile cap dan tie beam dapat meningkatkan ketahanan struktur bangunan. Misalnya, dalam rekonstruksi bangunan yang terdampak gempa di Cianjur, teknologi ini diterapkan untuk menguatkan fondasi bangunan. Dengan memanfaatkan pile cap dan tie beam, distribusi beban menjadi lebih merata sehingga risiko keruntuhan akibat pergerakan tanah yang terjadi saat gempa dapat diminimalkan. Teknologi ini menjadi pilihan utama dalam pembangunan kembali gedung-gedung pasca-bencana,

termasuk pada Gedung Aula MAN 1 Cianjur, untuk memastikan daya tahan bangunan yang lebih baik terhadap gempa di masa depan [8][9].

Studi ini bertujuan untuk menganalisis pelaksanaan pekerjaan *pile cap* dan *tie beam* pada Gedung Aula MAN 1 Cianjur, khususnya dalam memastikan kualitas dan efektivitas metode konstruksi yang diterapkan. Melalui analisis ini, diharapkan dapat ditemukan aspek-aspek kritis dalam pelaksanaan pekerjaan yang perlu ditingkatkan serta identifikasi permasalahan yang muncul selama konstruksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pelaksanaan pekerjaan pada proyek konstruksi di kawasan rawan gempa lainnya, sehingga ketahanan struktur bangunan terhadap gempa dapat ditingkatkan dan resiko kerusakan bangunan dapat diminimalisir.

2. Metode

2.1 Pengumpulan data

Penelitian ini dilakukan di Gedung Aula Man 1 Cianjur yang terletak di Kabupaten Cianjur. Teknik pengumpulan data ini dilakukan melalui wawancara terhadap kepala proyek yang bersangkutan di lapangan, dengan hasil pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang didapat dengan cara terjun langsung kelapangan untuk observasi atau peninjauan ke tempat penelitian yang berlokasi di Gedung Aula Man 1 Cianjur yang terletak di Jalan Pangeran Hidayatullah No. 39, Sawah Gede, Kec. Cianjur, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat 43211.

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai sebagai rujukan penelitian. Dalam penelitian ini, data sekunder yang dipakai adalah:

- a). Data administrasi proyek
- b). Data teknis proyek
- c). Peta lokasi
- d). Gambar denah pekerjaan pile cap dan tie biem

2.2 Pengolahan data

Setelah peneliti melakukan pengumpulan data, selanjutnya yang dilakukan adalah pengolahan data, data awal dikumpulkan melalui survei lapangan dan dokumentasi rekayasa. Pengamatan langsung terhadap kondisi pile cap dan tie beam yang terpengaruh oleh gempa bumi. Selain itu, data dari gambar kerja dan laporan pengujian material juga diperoleh. Setelah data terkumpul, analisis dilakukan dengan menilai kerusakan yang terlihat. Observasi ini melibatkan identifikasi retak, pergeseran, dan deformasi struktural. Catatan lapangan dan wawancara dengan pekerja di lokasi juga memberikan wawasan penting mengenai pelaksanaan pekerjaan. Setelah itu, dilakukan pengukuran fisik menggunakan alat ukur. Data yang diperoleh, seperti dimensi pile cap dan tie beam serta beban yang diterima.

2.3 Lokasi penelitian

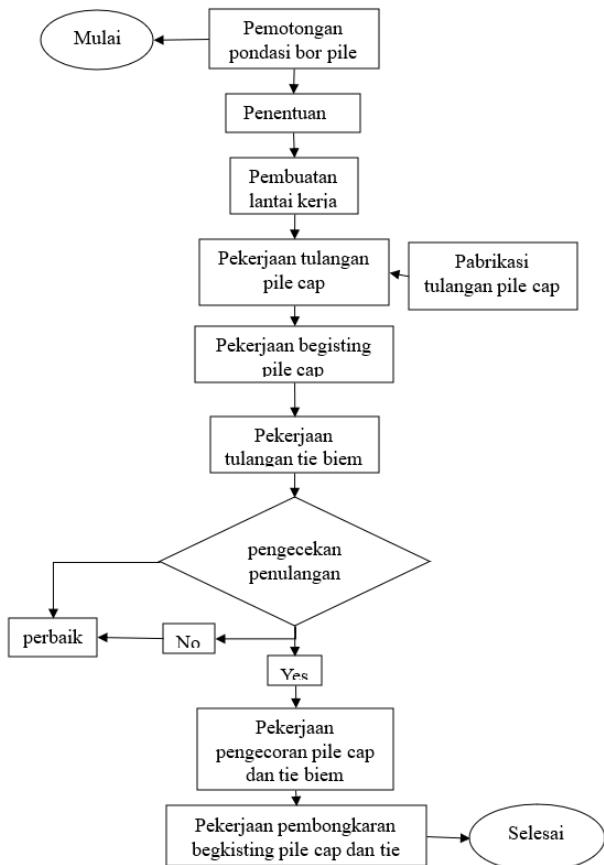
Lokasi penelitian pada proyek gedung aula Man 1 Cianjur terletak di Jalan. Pangeran Hidayatullah No. 39, Sawah Gede, Kecamatan Cianjur, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat 43211.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.4 Alur Penelitian

Pelaksanaan pekerjaan struktur bawah pile cap dan tie biem sebaiknya dilakukan berdasarkan dengan metode dan time scedhule yang telah direncanakan. Metode dan time scedhule pelaksanaan dibuat agar dalam proses pelaksanaan konstruksi dapat menghindari atau meminimalisir kesalahan maupun keterlambatan. Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur pile cap dan tie biem dapat dilihat pada gambar 4 time scedhule dibawah ini:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Uraian umum

Pembangunan bertingkat memerlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat menghasilkan bangunan yang dapat memenuhi kriteria kekuatan, kenyamanan, keselamatan, umur rencana bangunan serta efisiensi biaya. Metode pelaksanaan kontruksi yang mengikuti prosedur yang telah direncanakan sesuai dengan pengetahuan dan standar yang telah diuji coba. Dalam pelaksanaannya, teknologi sering digunakan untuk mendukung penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat, dan aman guna mempercepat proses pembuatan bangunan dalam suatu proyek kontruksi. Dengan demikian, target waktu, biaya, dan mutu yang telah ditetapkan dapat tercapai.

Setiap tahapan pekerjaan gedung memiliki metode pelaksanaan yang disesuaikan dengan desain yang telah dibuat oleh konsultan perencana. Melalui perencanaan metode ini, diperoleh data kebutuhan yang diperlukan, jenis dan volume bahan yang dibutuhkan, teknis dan urutan pelaksanaan pekerjaan, serta pola pengendalian mutu yang harus ditetapkan. pada hasil dan pembahasan kali ini akan dijelaskan mengenai masalah khusus metode pelaksanaan pekerjaan dan rencana waktu serta realisasi proyek pembangunan gedung aula Man 1 Cianjur.

3.2 Analisis Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Metode pelaksanaan *pile cap* dan *tie beam* dalam proyek Gedung aula MAN 1 Cianjur dilakukan melalui tahapan yang sudah terstruktur, mulai dari pekerjaan persiapan, galian tanah, pemasangan bekisting, pembesian, hingga pengecoran. Meskipun demikian, beberapa permasalahan teknis yang muncul selama proses pelaksanaan dilapangan, yang berpotensi mempengaruhi kualitas dan ketepatan waktu pekerjaan. Beberapa permasalahan yang ditemukan dalam pelaksanaan pekerjaan ini adalah:

1. Ketidaksesuaian dalam Dimensi Galian Tanah

Permasalahan ini kerap muncul pada proyek konstruksi di wilayah dengan kondisi tanah yang tidak stabil, termasuk proyek Gedung Aula MAN 1 Cianjur yang berlokasi di daerah rawan gempa. Tanah yang cenderung gembur dan mudah longsor menyebabkan dimensi galian tanah sering kali tidak sesuai dengan perencanaan awal. Ketidaksesuaian ini mengakibatkan struktur galian menjadi kurang presisi, yang pada gilirannya berdampak pada proses pemasangan elemen-elemen konstruksi selanjutnya, seperti *pile cap* dan *tie beam*. Ketika tanah di sekitar area galian mengalami pergerakan atau longsor, pekerja perlu melakukan pengrajan ulang agar dimensi galian kembali sesuai spesifikasi desain. Hal ini mengharuskan penambahan langkah-langkah stabilisasi, seperti pemasangan dinding penahan sementara atau penggunaan bahan pengisi tambahan di sekitar area galian. Proses pengrajan ulang ini tidak hanya memperpanjang waktu pelaksanaan proyek, tetapi juga meningkatkan biaya akibat kebutuhan material tambahan dan pekerjaan ekstra yang tidak terduga. Selain itu, ketidaksesuaian dimensi galian dapat menyebabkan beban struktural yang tidak merata, sehingga meningkatkan risiko penurunan atau pergeseran struktur *pile cap* dan *tie beam*. Dampaknya bisa dirasakan pada stabilitas keseluruhan bangunan, terutama saat terjadi gempa, di mana kekuatan struktur bawah sangat penting untuk menahan gaya lateral. Dengan demikian, diperlukan metode penggalian yang lebih adaptif dan penggunaan teknologi pemantauan tanah secara berkala untuk mengantisipasi pergerakan tanah selama proses konstruksi di daerah yang rawan longsor.

2. Kesulitan dalam Pembesian dan Pemasangan Bekisting

Proses pembesian dan pemasangan bekisting merupakan tahap penting dalam konstruksi *pile cap* dan *tie beam*, yang memerlukan ketelitian tinggi dan kondisi lingkungan yang mendukung. Namun, pada proyek Gedung Aula MAN 1 Cianjur, kondisi cuaca yang sering berubah, terutama curah hujan yang tinggi, menyebabkan berbagai kendala yang dapat mempengaruhi kualitas dan ketahanan struktur akhir. Saat pembesian dilakukan di bawah cuaca hujan, besi yang belum terlindungi dari air cenderung mengalami oksidasi atau karat. Besi yang berkarat sebelum pengecoran dapat menurunkan daya lekat antara tulangan dan beton, yang pada akhirnya memengaruhi daya tahan struktur dalam menahan beban dan getaran, terutama dalam situasi gempa. Selain itu, karat pada tulangan bisa menyebabkan keroposnya beton di sekitar besi dalam jangka panjang, yang mengurangi kualitas struktural dan daya tahan bangunan. Pemasangan bekisting dalam kondisi basah atau berlumpur juga menimbulkan masalah tersendiri. Bekisting yang terkena air cenderung melunak atau berubah bentuk, yang mengakibatkan ketidaksesuaian bentuk atau dimensi elemen beton yang dicor. Bekisting yang tidak dipasang dengan presisi dapat menyebabkan pergeseran atau kelengkungan pada permukaan beton yang seharusnya datar dan lurus. Akibatnya, diperlukan pengrajan tambahan untuk memperbaiki bentuk elemen beton yang tidak sesuai, yang tidak hanya meningkatkan biaya dan waktu pelaksanaan proyek tetapi juga berpotensi menurunkan kualitas struktur.

3 Kesimpulan

Berdasarkan analisis pelaksanaan pekerjaan *pile cap* dan *tie beam* pada Gedung Aula MAN 1 Cianjur, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan *pile cap* dan *tie beam* pada struktur bawah bangunan telah terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap guncangan gempa. Elemen-elemen ini membantu dalam mendistribusikan beban dan meningkatkan kekakuan struktur, yang penting untuk mengurangi deformasi lateral dan menjaga kestabilan bangunan.
2. Proyek ini menghadapi beberapa kendala teknis, seperti ketidaksesuaian dimensi galian tanah akibat kondisi tanah yang labil serta hambatan dalam proses pembesian, pemasangan bekisting,

dan pengcoran yang dipengaruhi oleh cuaca. Kondisi tanah yang gembur menyebabkan struktur galian sulit untuk sesuai dengan rencana awal, sedangkan cuaca yang tidak mendukung meningkatkan risiko karat pada besi dan deformasi bekisting, yang dapat mengurangi kualitas akhir struktur.

3. Pengawasan yang ketat dalam setiap tahap pekerjaan sangat penting untuk menjaga kualitas hasil akhir. Pemantauan secara rutin terhadap dimensi galian, campuran beton, dan kondisi bekisting sebelum pengcoran dapat membantu mengurangi risiko cacat struktur yang berpengaruh pada ketahanan bangunan.

4 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, berikut adalah saran untuk meningkatkan efektivitas pelaksanaan pekerjaan *pile cap* dan *tie beam* pada proyek serupa di kawasan rawan gempa:

1. Disarankan untuk melakukan analisis stabilitas tanah dan menerapkan teknik stabilisasi seperti pemasangan dinding penahan sementara atau bahan penguat tambahan sebelum proses galian dimulai. Hal ini akan membantu menjaga dimensi galian dan mengurangi potensi longsor pada area konstruksi.
2. Agar besi tidak terpapar air dan mengalami karat, diperlukan penutup sementara pada besi yang telah dipasang. Selain itu, penggunaan bekisting yang tahan air atau pelapisan bekisting dengan bahan pelindung akan membantu menjaga bentuk dan dimensi elemen yang dicor dalam kondisi cuaca yang kurang mendukung.
3. Pengawasan secara konsisten pada kualitas material, seperti campuran beton dan kondisi bekisting, dapat meminimalkan kesalahan dan kerusakan pada struktur. Inspeksi material di laboratorium secara berkala dan pelatihan bagi pekerja mengenai standar kualitas material juga dapat meningkatkan ketahanan konstruksi terhadap gempa.
4. Menggunakan teknologi pemantauan tanah, seperti sensor pergerakan tanah atau pemindaian 3D, selama proses konstruksi dapat membantu memprediksi potensi pergerakan tanah dan mengurangi risiko kerusakan pada struktur.

References

- [1] Susilo, H. (2020). "Seismologi Dasar dan Fenomena Gempa Bumi". Jakarta: Pustaka Alam.
- [2] BNPB. (2022). Laporan Penanganan Pasca-Gempa Cianjur, 2022. Diakses dari <https://bnpb.go.id>
- [3] Kementerian PUPR. (2022). "Panduan Rekonstruksi Pasca-Bencana Gempa di Cianjur". Jakarta: Kementerian PUPR.
- [4] Sutrisno, B. (2021). "Teknologi Fondasi: Pile Cap dan Tie Beam". Bandung: Insinyur Press.
- [5] Ramadhan, T. (2023). "Aplikasi Struktur Pile Cap dan Tie Beam pada Bangunan Tahan Gempa". Yogyakarta: Teknik Sipil Fakultas UGM.
- [6] Kendrick, J. (2019). "Understanding Earthquake Mechanics". London: Earthquake Press.
- [7] Herlina, R. (2022). "Dampak Gempa Cianjur terhadap Infrastruktur dan Masyarakat". Jurnal Bencana Alam, 12(3), 145-158.
- [8] Afandi, M. (2023). "Konstruksi Tahan Gempa: Penerapan Pile Cap dan Tie Beam". Jurnal Teknik Sipil, 15(1), 25-38.
- [9] Iskandar, D. (2022). "Analisis Struktural Bangunan Pasca-Gempa". Jurnal Rekayasa Sipil, 10(2), 75-84.