

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Bangunan Gedung

Kegiatan konstruksi merupakan serangkaian kegiatan yang harus melalui proses yang panjang dan umumnya berjangka waktu pendek serta di dalamnya dijumpai banyak masalah yang harus diselesaikan. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan banyaknya pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek konstruksi, maka potensi terjadinya konflik menjadi sangat besar sehingga dapat dikatakan bahwa proyek konstruksi mempunyai risiko konflik yang cukup tinggi (Ervianto I, 2002).

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok, yaitu bangunan gedung dan bangunan sipil seperti bendungan dan jembatan. Undang-Undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung yang dimuat oleh Noormaula & Firmanto (2018), mendefinisikan bangunan gedung sebagai wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas atau di dalam tanah yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatan, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan usaha, kegiatan sosial budaya, maupun kegiatan khusus. Menurut Abdullah (2021), bangunan gedung berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya untuk mencapai berbagai sasaran pembangunan nasional. Maka dari itu, penyelenggaraan konstruksi bangunan harus diselenggarakan secara tertib sesuai dengan fungsi serta memenuhi persyaratan administratif dan teknisnya.

Berdasarkan jenis strukturnya, sebuah bangunan dapat dibangun menggunakan struktur beton bertulang, struktur baja, dan struktur komposit. Sedangkan berdasarkan komponennya, sebuah bangunan terdiri dari beberapa elemen dan fungsinya masing-masing. Adapun elemen yang dimaksud adalah sebagai berikut (Adira, 2023):

1. Pondasi; elemen struktur bawah yang berhubungan langsung ke tanah dan berfungsi menahan dan menyalurkan beban bangunan ke tanah.
2. Kolom; elemen struktur bangunan yang berperan penting menahan beban bangunan agar tidak runtuh.
3. Balok; elemen struktur bangunan yang berfungsi menahan dan menyalurkan beban plat menuju kolom.
4. Plat lantai; elemen struktur bangunan yang berguna untuk menahan beban langsung dari beban yang ada di atasnya yang selanjutnya ditahan balok dan disalurkan menuju kolom.
5. Tangga; elemen penghubung antar lantai.
6. Atap; elemen struktur bangunan paling atas yang berfungsi melindungi penghuninya.

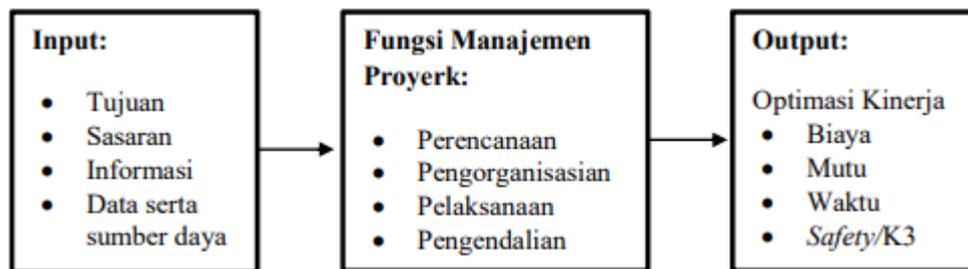
2.2 Manajemen Proyek

Proyek didefinisikan sebagai proses dari serangkaian kegiatan yang bersifat sementara dan memiliki titik awal dan akhir, serta melibatkan sumber daya yang juga bersifat terbatas untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pada kenyataannya, suatu proyek kerap dihadapkan dengan berbagai kendala yang dapat memengaruhi ketepatan dan kesesuaian mutu, waktu dan biaya serta penggunaan sumber daya manusia. Permasalahan-permasalahan yang ditemukan dalam kegiatan proyek sering kali mengakibatkan kerugian sehingga sasaran yang telah ditetapkan tidak tercapai sebagaimana mestinya. Sebagai upaya penyikapan risiko masalah tersebut, dibutuhkan sebuah manajemen agar dapat menyelesaikan progres kegiatan proyek dan meminimalisir kendala yang terjadi sehingga tujuan yang direncanakan dapat tercapai (Ulinata, 2022).

Ervianto I (2002) mendefinisikan manajemen proyek sebagai proses yang mencakup seluruh kegiatan proyek yang terdiri dari perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi proyek dimulai dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek dapat sesuai dengan mutu, waktu, dan biaya yang telah ditetapkan. Sedangkan menurut Rani (2016) manajemen proyek merupakan proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya proyek untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Jadi manajemen proyek dapat diartikan sebagai seni mengatur atau mengelola sumber daya proyek (*man, money, method, material, machine, market, and time*) dari tahap perencanaan, pelaksanaan sampai berakhirnya proyek, sehingga tercapai sasaran proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Mahapatni, 2019).

Proses manajemen proyek dimulai dari kegiatan perencanaan hingga pengendalian yang didasarkan atas input-input seperti tujuan dan sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta penggunaan sumber daya yang benar dan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Hubungan proses manajemen ini ditunjukkan dalam gambar berikut (Husen, 2010):



Gambar 2.1 Proses Manajemen Proyek

Menurut Soeharto (1999) dalam buku Manajemen Proyek menyatakan bahwa proyek konstruksi memiliki tujuan khusus. Tujuan ini dapat berupa produk hasil kerja penelitian dan pengembangan. Di dalam proses mencapai tujuan tersebut telah ditentukan sasaran proyek yang juga merupakan tiga kendala (*triple constraints*) yaitu jadwal pekerjaan, mutu, dan besar biaya yang dialokasikan. Berikut merupakan uraian penjelasan mengenai jadwal pekerjaan, mutu, dan biaya proyek:

1. Jadwal Pekerjaan

Proyek yang dikerjakan harus sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Apabila hasil akhir dari proyek tersebut merupakan suatu produk baru, maka penyerahan produk tidak boleh melebihi dari batas waktu yang telah ditentukan.

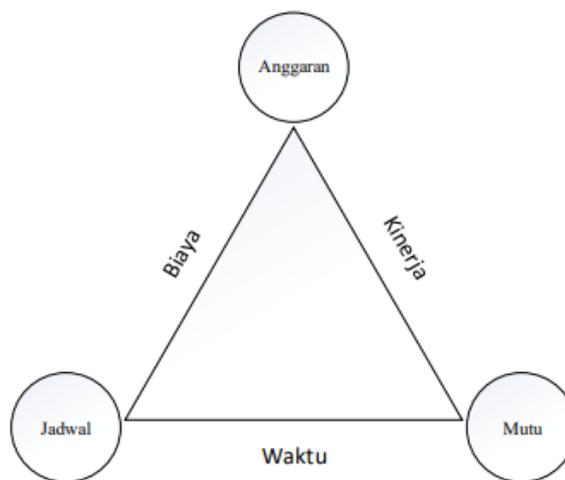
2. Mutu

Hasil akhir kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan pada kontrak proyek. Sebagai contoh, bila hasil akhir berupa instalasi pabrik,

maka kriteria yang harus dipenuhi adalah pabrik harus mampu beroperasi secara memuaskan dalam kurun waktu yang telah ditentukan.

3. Biaya (Anggaran)

Proyek yang dikerjakan harus dapat diselesaikan dengan biaya yang telah ditetapkan. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah yang besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau per periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan (anggaran per periode).



Gambar 2.2 *Triple Constrains*

Ketiga batasan yang telah dijelaskan merupakan batasan yang saling berkaitan. Artinya, jika ingin meningkatkan hasil konstruksi yang sudah disepakati, maka hal yang dilakukan adalah menaikkan mutu, yang selanjutnya akan berdampak pada kenaikan biaya. Begitupun sebaliknya, jika ingin menurunkan anggaran pekerjaan, maka pada umumnya harus dapat berkompromi mengenai mutu dan/atau jadwal pekerjaan. Dan untuk meningkatkan efisiensi serta mengurangi risiko tak terduga, faktor keselamatan dan kesehatan kerja (K3) harus terlibat dalam pekerjaan proyek.

2.2.1 Manajemen Waktu

Manajemen waktu proyek (*Project Time Management*) adalah proses merencanakan, menyusun, dan mengendalikan jadwal kegiatan proyek, dimana dalam perencanaan dan penjadwalannya telah disediakan pedoman yang spesifik

untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien (Sears et al., 2015). Menurut Soemardi et al. (2008), Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Pendefinisian aktivitas yang merupakan proses identifikasi semua aktivitas spesifik yang harus dilakukan dalam rangka mencapai seluruh tujuan dan sasaran proyek (*Project Deliverables*).
2. Urutan aktivitas melibatkan identifikasi dari hubungan logis yang interaktif. Masing-masing aktivitas harus diurutkan secara akurat untuk mendukung pengembangan jadwal sehingga diperoleh jadwal yang realistik.
3. Estimasi durasi aktivitas sebagai proses pengambilan informasi yang berkaitan dengan lingkup proyek dan sumber daya yang diperlukan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan estimasi durasi atas semua aktivitas yang dibutuhkan proyek sebagai input dalam pengembangan jadwal.
4. Pengembangan jadwal berarti menentukan kapan suatu aktivitas dalam proyek akan dimulai dan kapan harus selesai. Pembuatan jadwal proyek merupakan proses iterasi dari proses input yang melibatkan estimasi durasi dan biaya hingga penentuan jadwal proyek.
5. Pengendalian jadwal yang merupakan proses untuk memastikan kinerja yang dilakukan sesuai dengan alokasi waktu yang sudah direncanakan.

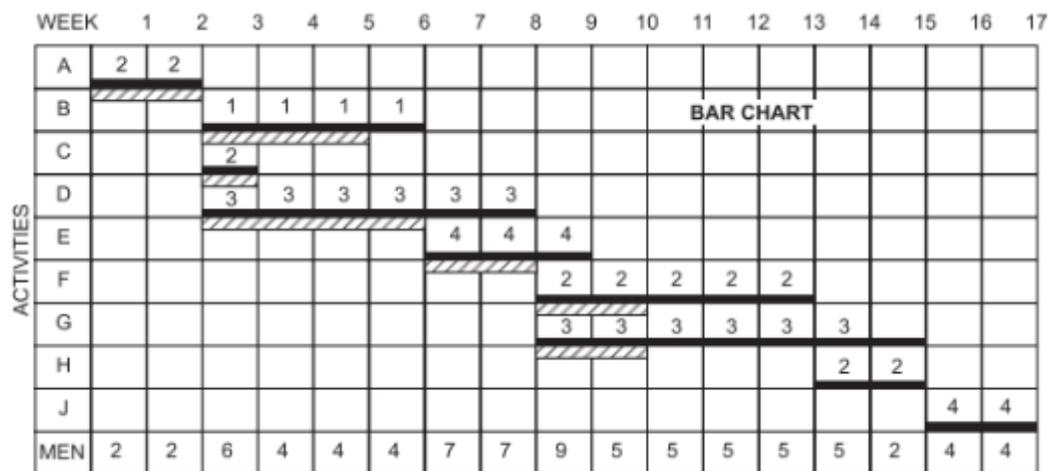
Pelaksanaan suatu proyek sangat memerlukan suatu penjadwalan, dimana dalam hal ini dalam penetapan jangka waktu pelaksanaan proyek sangat berhubungan dengan biaya proyek tersebut. Penjadwalan atau *scheduling* menurut Husen (2010) adalah kegiatan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan pekerjaan dalam rangka menyelesaikan sebuah proyek yang bertujuan untuk mencapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada. Soeharto (1999) menyatakan ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penyusunan penjadwalan proyek seperti metode bagan balok (*bar chart*) dan analisis jaringan kerja (*network analysis*).

2.2.1.1 Bar Chart/Bagan Balok

Metode penjadwalan dengan metode *bar chart* merupakan sebuah metode yang dibuat dalam bentuk balok dimana panjang balok merupakan representasi dari

durasi sebuah item pekerjaan. Kelebihan dari bagan balok adalah formatnya yang informatif, mudah dibaca serta efektif untuk komunikasi. Namun, penyajian informasi *bar chart* dapat dikatakan terbatas mengingat tidak adanya informasi mengenai hubungan antar kegiatan serta tidak adanya lintasan kritis. Dalam penyajiannya, *bar chart* seringkali dikombinasikan dengan Kurva-S (Husen, 2010).

Menurut Letser (2017) dalam penelitian Adira (2023) menjelaskan bagan balok terdiri dari sumbu y yang merupakan representasi dari kegiatan dan sumbu x yang menyatakan satuan waktu dalam satuan hari, minggu atau satuan durasi lainnya yang telah ditentukan. Sebuah kegiatan atau item pekerjaan pada bagan balok digambarkan dengan bentuk balok lurus horizontal. Panjang balok pada tiap kegiatan proporsional dengan durasi, waktu mulai serta waktu selesai kegiatan tersebut. Dengan adanya visualisasi secara grafis untuk tiap pekerjaan, maka dapat dilihat pula secara garis besar pekerjaan apa saja yang perlu dilakukan dalam sebuah proyek. Contoh bagan balok dapat dilihat pada gambar berikut.



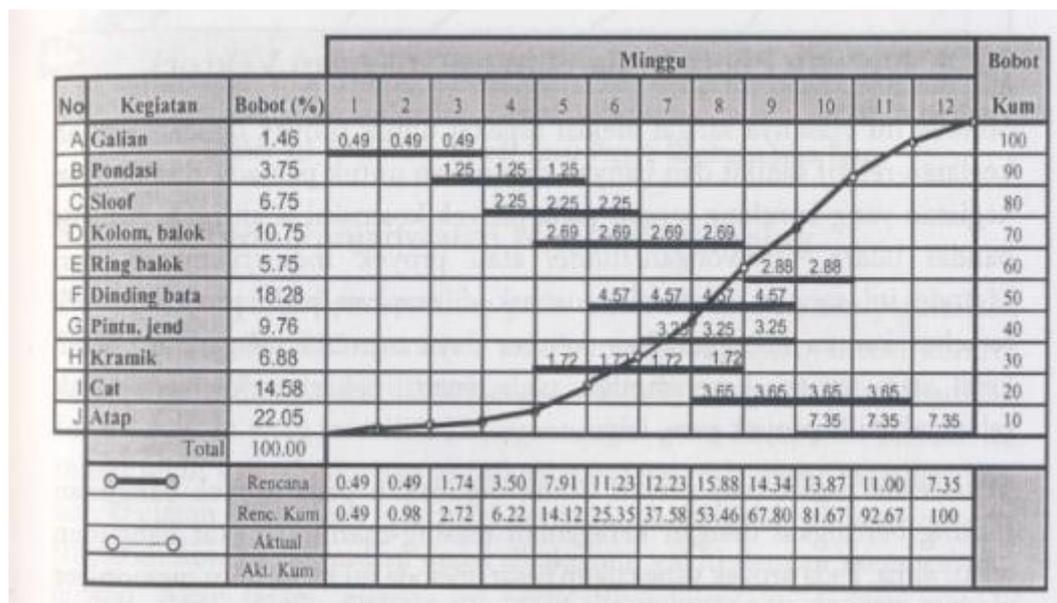
Gambar 2.3 Contoh *Bar Chart*

2.2.1.2 Kurva S

Husen (2010) mendefinisikan Kurva-S sebagai sebuah grafik yang menggambarkan kemajuan proyek mulai dari awal hingga akhir berdasarkan kegiatan, waktu serta bobot yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari kegiatan proyek secara keseluruhan. Visualisasi yang ada pada kurva-S menggambarkan informasi mengenai realisasi kemajuan proyek dan

perbandingannya terhadap kemajuan rencana. Visualisasi ini dapat dijadikan sumber informasi mengenai apakah sebuah proyek terlambat atau lebih cepat dari jadwal rencananya.

Kurva-S dibuat dengan membuat persentase kumulatif bobot pada masing-masing item pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu atau durasi kegiatan tersebut pada sumbu horizontal, sehingga saat diplot grafik akan membentuk kurva berbentuk huruf S. Bentuk ini terjadi karena volume pekerjaan yang perlu dikerjakan pada awal proyek biasanya sedikit sehingga kurva naik dengan landai, lalu saat pertengahan proyek volume pekerjaan akan meningkat dan kembali menjadi sedikit saat akhir masa pengerjaan proyek sehingga kurvanya kembali melandai. Contoh kurva-S di bawah ini merupakan contoh kurva-S yang dikombinasikan dengan *ganttt chart*.



Gambar 2.4 Contoh Kurva-S

2.2.2 Manajemen Mutu

Husen (2010) menjelaskan jaminan mutu (*quality assurance*) dapat diperoleh dengan melakukan proses berdasarkan kriteria material atau kerja yang telah ditetapkan hingga didapat standar produk akhir, dapat pula dengan melakukan suatu proses prosedur kerja yang berbentuk sistem mutu hingga didapat standar sistem mutu terhadap produk akhir. Pengendalian tiap-tiap proses (*quality control*)

dimaksudkan untuk menjamin mutu material atau kerja yang diperoleh sesuai dengan sasaran dan tujuan yang diterapkan.

Mendapatkan standar kinerja mutu yang baik dapat dilakukan dengan mengadopsi sistem perencanaan dan pengendalian mutu. Untuk melengkapi persyaratan sistem mutu sehingga didapat mutu terbaik terhadap standar produk akhir, dilakukan dengan cara membuat gambar kerja yang detail dan akurat, lalu membuat spesifikasi umum dan teknis terhadap pekerjaan dan material yang digunakan. Untuk pengendalian selama pelaksanaan proyek, jadwal pengiriman material harus tepat waktu, proses penyimpanan material aman dan terlindung, selain itu dibuatkan format standar prosedur operasinya mengikuti spesifikasi yang telah ditetapkan dalam penggunaan materialnya. Melengkapi pengendalian kinerja mutu dapat dilakukan dengan membuat prosedur dan instruksi kerja dari total *quality control* (Pengendalian Mutu Terpadu), yaitu dengan melakukan kegiatan Perencanaan (*plan*), pelaksanaan (*do*), pemeriksaan (*check*), tindakan koreksi (*corrective action*).

2.2.3 Manajemen Biaya

Manajemen biaya proyek (*Project Cost Management*) adalah pengendalian proyek untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai dengan anggaran biaya yang telah disetujui. Hal-hal utama yang perlu diperhatikan dalam manajemen biaya proyek adalah perencanaan sumber daya dan kuantitasnya (manusia, peralatan, material) yang berpengaruh terhadap estimasi biaya, penganggaran biaya, dan pengendalian biaya (Soemardi et al., 2008). Menurut Lerster (2017) dalam penelitian Adira (2023), estimasi biaya proyek merupakan salah satu tahap yang penting dalam manajemen proyek dikarenakan akan menjadi acuan pada tahapan *cost control* proyek. Jika estimasi biaya terlalu rendah, kontraktor dapat mengalami kerugian pada saat pelaksanaan pekerjaan, jika estimasi biaya terlalu tinggi, kontraktor juga dapat kehilangan kontrak karna dianggap *overprice*.

Estimasi biaya merupakan proses mengembangkan perkiraan biaya terhadap penggunaan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Langkah-langkah perhitungan estimasi biaya proyek dimulai dari menerjemahkan lingkup proyek (terdapat dalam kontrak, dokumen spesifikasi, dan gambar rencana)

yang kemudian disusun menjadi WBS (*Work Breakdown Structure*). WBS merupakan dekomposisi lingkup pekerjaan yang diturunkan hingga level terkecil, sehingga mudah untuk dikelola dalam mencapai tujuan dan hasil proyek. Sedangkan unsur utama dalam estimasi biaya yakni komponen utama yang mempengaruhi hasil akhir estimasi biaya proyek, antara lain harga material, upah tenaga kerja, biaya peralatan, biaya tidak langsung dan keuntungan perusahaan (Lestari et al., 2021).

2.2.3.1 Rencana Anggaran Biaya

Adira (2023) dalam penelitiannya mendefinisikan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai proses perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk biaya bahan, upah, serta biaya-biaya tidak langsung yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek yang dihitung secara teliti, cermat dan sesuai dengan persyaratan. Perhitungan RAB secara garis besar dilakukan dengan mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan merupakan hasil dari analisis yang disebut Analisis Harga Satuan Pekerjaan atau disingkat AHSP. Anggaran biaya pada bangunan dengan tipe sama akan berbeda pada daerah lain, dikarenakan perbedaan upah tenaga kerja dan harga bahan.

2.2.3.2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Menurut AHSP 2016 yang dikutip dalam Afandi (2022), Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan, dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu. AHSP terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri atas upah, alat dan bahan. Sedangkan biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum dan keuntungan. Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat ditiadakan dari proyek. Biaya tidak langsung ini biasanya berkisar 10% hingga 15% dari biaya langsung.

2.2.3.3 Volume Pekerjaan

Menurut Afandi (2022), volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume pekerjaan ini disesuaikan dengan kebutuhan per kegiatan pekerjaan yang dicantumkan dalam daftar kuantitas dan harga (*bill of quantity*). Agar menghasilkan perhitungan volume yang benar, estimator harus mengerti dan memahami gambar desain yang definitif.

2.2.4 Manajemen K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)

Husen (2010) menjelaskan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah suatu struktur komposisi yang kompleks dengan personel, sumber daya, program beserta kebijakan dan prosedurnya terintegrasi dalam wadah organisasi perusahaan atau badan atau lembaga. Secara ekonomis, K3 mempunyai manfaat sebagai berikut:

1. Menghemat biaya tidak terduga.
2. Meningkatkan moral dan produktivitas pekerja.
3. Mengurangi risiko dan menghemat biaya asuransi.
4. Reputasi yang baik bagi perusahaan mengenai K3 meningkatkan permintaan pasar terhadap keahlian perusahaan.
5. Meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja karena menekan risiko kecelakaan.

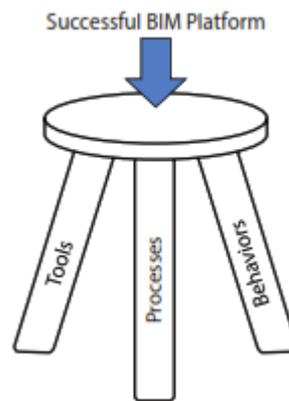
2.3 Building Information Modeling (BIM)

Menurut Pusdiklat SDA dan Konstruksi (2018) *Building Information Modeling* atau yang sering disebut BIM merupakan seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara terintegrasi dalam sebuah model digital, yang kemudian diterjemahkan sebagai gambar 3D. Teknologi tersebut juga merupakan proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu konstruksi selama siklus hidupnya. Perangkat lunak komprehensif ini membantu spesialis bangunan dan konstruksi untuk mendesain, simulasi, visualisasi, dan membangun bangunan yang lebih baik. Selain itu dari sisi pembinaan usaha, penggunaan BIM akan

meningkatkan kinerja organisasi pengguna jasa konstruksi dan penyedia konstruksi.

Nelson & Tamtana (2019) juga turut mendefinisikan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai suatu proses dalam mengelola dan menghasilkan data suatu bangunan selama siklus hidupnya. Siklus hidup yang dimaksud adalah proses konstruksi dan operasi fasilitas. BIM menggunakan *software* 3D, *real time*, dan pemodelan bangunan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. Konsep BIM menggambarkan konstruksi secara virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya dilakukan, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, menstimulasi dan menganalisa keadaan. BIM juga mencegah kesalahan dengan memungkinkan konflik atau benturan deteksi dimana model komputer visual memberikan gambaran kepada tim dimana bagian-bagian dari bangunan seperti yang dimisalkan dengan pipa dan bangunan struktural yang mungkin berpotongan.

Berdasarkan dua definisi di atas, penting untuk dicatat bahwa BIM bukan hanya sekedar perangkat lunak. BIM adalah sebuah proses dan perangkat lunak. BIM tidak hanya berarti menggunakan model cerdas tiga dimensi, tetapi juga membuat perubahan signifikan dalam alur kerja dan proses pelaksanaan proyek. Dengan satu langkah lebih maju, penggunaan BIM yang sukses membutuhkan tiga kunci utama, yaitu proses, teknologi, dan perilaku. Ketiga komponen ini dapat mendukung atau menghancurkan sebuah proyek yang melibatkan BIM. Hubungan ini sering digambarkan sebagai bangku kaki tiga untuk keberhasilan integrasi dan pengguna BIM seperti gambar berikut (Hardin & Mccool, 2015).



Gambar 2.5 *Three-Legged Stool of BIM*

BIM dapat pula didefinisikan sebagai sebuah sistem. Sistem ini merupakan proyeksi 3 dimensi dari sebuah konstruksi yang didalamnya memuat berbagai aspek informasi yang dibutuhkan dalam perencanaan, perancangan, pelaksanaan, pengendalian, dan pemeliharaan suatu konstruksi. BIM mendorong pertukaran model 3D antar disiplin ilmu yang berbeda sehingga proses pertukaran informasi antara pihak terkait konstruksi seperti konsultan, kontraktor, pengawas, dan *owner* menjadi lebih efektif dan efisien. Dengan konsep BIM ini dapat diperoleh tinjauan dari 3 dimensi hingga 7 dimensi. 3D berbasis obyek pemodelan parametrik, 4D adalah urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu, dan lain-lain, 5D termasuk estimasi biaya dan *part-lists*, dan 6D mempertimbangkan dampak lingkungan termasuk analisis energi dan deteksi konflik, serta 7D untuk fasilitas manajemen (Afandi, 2022).

Meskipun teknologi BIM telah dikembangkan sejak tahun 1970-an, namun implementasinya dalam dunia konstruksi di Indonesia masih tergolong rendah. Tingkat pemanfaatan BIM di Indonesia ini berada di angka persentase 6% untuk level 4D dan 3% untuk level 5D. Menurut penelitian terdahulu dinyatakan bahwa lebih dari 60% responden tidak mengenal tentang terminologi BIM. Rendahnya penggunaan BIM pada sektor industri konstruksi disebabkan oleh beberapa hambatan yang diperlihatkan pada Gambar berikut (Nindyapradana & Sabela, 2021).



Gambar 2.6 Hambatan Implementasi BIM di Indonesia

Berdasarkan angka implementasi BIM di Indonesia karena adanya beberapa hambatan dalam pemanfaatannya, sangat disayangkan bahwa pada kenyataannya pelaku konstruksi di Indonesia berarti masih bergumul dengan metode konvensional. Padahal, menurut Pusdiklat SDA dan Konstruksi (2018), BIM dan CAD (*Computer Aided Design*) sebagai metode konvensional berangkat dari pendekatan yang berbeda. Adanya perbedaan ini sekaligus menunjukkan bagaimana BIM lebih unggul dibanding CAD sebagai metode konvensional. Berikut perbedaan BIM dan CAD yang disajikan dalam bentuk Tabel.

Tabel 2.1 Perbedaan BIM dan CAD

No.	BIM (<i>Building Information Modeling</i>)	CAD (<i>Computer Aided Design</i>)
1.	Aplikasi BIM meniru proses bangunan sebenarnya.	Aplikasi CAD meniru proses desain tradisional.
2.	Bangunan sebenarnya dimodelkan dari elemen konstruksi nyata seperti dinding, jendela, lempengan dan atap, dll.	Desain dan dokumentasi bangunan dibuat dari elemen grafis 2 dimensi seperti garis, <i>hatch</i> dan teks.
3.	Semua objek yang digambar memiliki informasi (material, dimensi, ketebalan dengan penggambaran langsung pada 3D).	Semua objek yang digambar hanya memuat informasi vektor.
4.	Setiap objek gambar memiliki keterkaitan dengan objek lainnya karena sifatnya yang <i>bi-directional relationship</i> .	Tidak ada keterkaitan antar objek yang digambar sehingga perubahan desain perlu ditindaklanjuti dan diterapkan secara manual pada setiap gambar CAD.

2.3.1 Manfaat BIM

Penting untuk diingat bahwa BIM bukan hanya perubahan teknologi, tetapi juga perubahan proses. Dengan memungkinkan sebuah bangunan direpresentasikan oleh

objek cerdas yang membawa informasi rinci objek itu sendiri dan juga memahami hubungannya dengan objek lain dalam model bangunan, BIM tidak hanya mengubah cara pembuatan gambar dan visualisasi bangunan, tetapi juga secara signifikan mengubah semua proses utama yang terlibat dalam pembangunan sebuah bangunan. Hal ini mengacu kepada bagaimana permintaan klien dicatat dan digunakan untuk mengembangkan rencana ruang dan konsep tahap awal; bagaimana alternatif desain dianalisis untuk aspek-aspek seperti penggunaan sumber daya, struktur, biaya, kemampuan konstruksi, dan seterusnya; bagaimana sejumlah anggota tim berkolaborasi dalam sebuah desain, baik dalam satu disiplin ilmu maupun berbagai disiplin ilmu; bagaimana bangunan tersebut dibangun; dan bagaimana fasilitas gedung tersebut dioperasikan dan dipelihara. BIM memberikan dampak pada setiap proses ini dengan menghadirkan lebih banyak kecerdasan dan efisiensi yang lebih besar (Eastman et al., 2011).

Manfaat BIM yang dijelaskan Pusdiklat SDA dan Konstruksi (2018) menerangkan bahwa BIM mampu mengurangi kesalahan dan kelalaian, mengurangi proses pengerjaan berulang, dan mampu mengurangi durasi proyek dan meningkatkan keuntungan bagi yang berada di industri konstruksi. Sedangkan menurut Eastman et al. (2011) dalam *BIM Handbook*, manfaat BIM dapat dirincikan sebagai berikut:

1. Manfaat pra konstruksi untuk *owner*
 - a. Mematangkan perencanaan konsep, kelayakan dan manfaat desain.
 - b. Meningkatkan kinerja dan kualitas bangunan
2. Manfaat desain
 - a. Visualisasi desain yang lebih akurat
 - b. Tingkat koreksi tinggi ketika membuat perubahan desain
 - c. Menghasilkan gambar 2D yang akurat dan konsisten di setiap tahap desain
 - d. Beberapa kolaborasi disiplin desain
 - e. Memudahkan pemeriksaan terhadap desain
 - f. Memperkirakan biaya selama tahap desain
 - g. Meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan
3. Manfaat konstruksi dan fabrikasi
 - a. Menemukan kesalahan desain sebelum konstruksi (mengurangi konflik)

- b. Bereaksi cepat untuk desain atau masalah proyek
 - c. Menggunakan model desain sebagai dasar komponen fabrikasi
 - d. Implementasi yang lebih baik dan Teknik konstruksi ramping
 - e. Sinkronisasi pengadaan dengan desain dan konstruksi
4. Manfaat sesudah konstruksi
- a. Mengelola dan mengoperasikan fasilitas yang lebih baik
 - b. Mengintegrasikan dengan operasi sistem manajemen fasilitas

2.3.2 Model Dimensi dalam BIM

Building Information Modeling (BIM) dapat dibagi menjadi beberapa dimensi berdasarkan perkembangan konsep dan aplikasinya. Menurut Pusdiklat SDA dan Konstruksi (2018), dimensi BIM dapat diperhatikan pada gambar berikut.

3D	<ul style="list-style-type: none"> 2. Model Kondisi eksisting: <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Laser scanning</i> b. <i>Ground penetration</i> (Konversi Radar (GPR)) 3. Model Logistik dan <i>safety</i> 4. Animasi, <i>rendering</i>, <i>walkthrough</i> 5. BIM Pre-Pabrikasi 6. <i>Laser accurate BIM driven field layout</i>
4D	<p>SCHEDULING</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Simulasi tahapan proyek 2. Mempelajari penjadwalan: <ul style="list-style-type: none"> a. Perencanaan akhir b. <i>Just in Time</i> (JIT) mengirim peralatan c. Instalasi simulasi detail 3. Validasi visual untuk persetujuan pembayaran
5D	<p>ESTIMATING</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya 2. Ekstrak kuantitas untuk mensupport detail estimasi biaya 3. Trade verification dari model pabrikan: <ul style="list-style-type: none"> a. Struktur baja b. Pembesian c. Mekanikal dan plumbing d. Elektrikal 4. Value Engineering: <ul style="list-style-type: none"> a. Skenario b. Visualisasi c. Ekstak kuantitas 5. Solusi Pre-fabrication: <ul style="list-style-type: none"> a. Ruang peralatan b. MEP c. Multi-trade Prefabrication d. Arsitektural unik dan elemen-elemen struktur
6D	<p>SUSTAINABILITY</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Analisis konsep energi (via Dprofiler) 2. Analisis detail energi (via Eco tech) 3. Sustainable element tracking 4. LEED tracking
7D	<p>APLIKASI FACILITY MANAGEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Strategi Life cycle BIM 2. BIM as-builts 3. BIM embedded O&P Manuals 4. COBe data population dan extraction 5. Perencanaan Pemeliharaan BIM dan Technical support 6. BIM file hosting on lend Lease's digital exchage system

Gambar 2.7 Model Dimensi dalam BIM

Eastman et al., (2011) dalam *BIM Handbook* menjelaskan mengenai masing-masing dimensi adalah sebagai berikut:

1. 3D BIM/*Parametric Data for Collaborative Work*

BIM 3D menjadi sarana kolaborasi multidisiplin antara pihak-pihak yang terkait pada proyek mulai dari memodelkan hingga menganalisis masalah spasial dan struktural. Manfaat utama dari 3D BIM adalah mudahnya visualisasi dan komunikasi desain dan meminimalisir kesalahan komunikasi antar disiplin pada tahap desain. Aspek yang ada pada BIM 3D diantaranya adalah:

- a. *3D building data and information*
- b. *Existing model data*
- c. *Reinforcement and structure analysis*
- d. *Field layout and civil data*

2. 4D BIM/Scheduling

BIM 4D memungkinkan untuk memvisualisasikan *progress* yang berlangsung selama masa proyek sehingga penjadwalan proyek menjadi lebih optimal. Aspek yang termasuk pada BIM 4D adalah:

- a. *Project schedule and phasing*
- b. *Just in time schedule*
- c. *Installation schedule*
- d. *Last planner schedule*
- e. *Critical point*

3. 5D BIM/Estimating

BIM 5D memungkinkan pelacakan anggaran dan kegiatan biaya terkait proyek. Adapun aspek yang termasuk dalam BIM 5D adalah:

- a. *Conceptual cost planning*
- b. *Quantity extraction to cost estimation*
- c. *Trade verification*
- d. *Value engineering*
- e. *Prefabrication*

4. 6D BIM/Sustainability

BIM 6D memungkinkan untuk merencanakan penggunaan energi selama masa siklus hidup bangunan serta penerapan konsep *green building* pada proyek tersebut. Yang menjadi aspek pada BIM 6D diantaranya adalah:

- a. *Energy analysis*

- b. *Green building element*
 - c. *Green building certification tracking*
 - d. *Green building management*
5. *7D BIM/Building Management*

BIM 7D memungkinkan pihak manajemen bangunan untuk mengetahui data dari asset yang terdapat pada bangunan seperti status komponen, spesifikasi, manual pemeliharaan, serta garansi dan detail lainnya yang relevan dengan kondisi dan perawatan bangunan. Aspek yang ada pada BIM 7D adalah:

- a. *Building life cycle*
- b. *BIM as built data*
- c. *BIM cost operation and maintenance*
- d. *BIM digital lend lease planning*

2.3.3 Pemodelan 3D

Proses BIM yang dimulai dengan menciptakan 3D model digital dan didalamnya berisi semua informasi bangunan tersebut, yang berfungsi sebagai sarana untuk membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terkait dalam proyek. Model 3D merupakan perwakilan lebar, panjang, dan tinggi suatu objek. Pemodelan 3D adalah prosedur pengembangan model 3 dimensi menggunakan perangkat lunak khusus. Prosedur ini dilakukan sebagai proses untuk menciptakan model yang mewakili objek sebenarnya secara tiga dimensi.

Sebuah model tiga dimensi dibuat dengan menggunakan sejumlah titik dalam ruang 3D, yang dihubungkan dengan berbagai data geometris seperti garis, bidang datar, dan permukaan melengkung yang menghasilkan bentuk 3 dimensi utuh menyerupai objek yang dijadikan model. Berikut merupakan kebutuhan informasi pada pemodelan disajikan pada tabel berikut (Pusdiklat SDA dan Konstruksi, 2018b).

Tabel 2.2 Kebutuhan Informasi pada Pemodelan

A.	Informasi Proyek
	a. Definisi proyek, tipologi, lokasi, koordinat

	b. Memodelkan kondisi eksisting c. Analisis tapak d. Validasi program ruang dan perangkat (<i>equipment</i>)	
B.	Informasi Model	
1.	<i>Level of Development (LoD)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tahap Konseptual • Tahap Skematik • Tahap Pengembangan Rancangan • Tahap konstruksi • Tahap Khusus
2.	Pemodelan Arsitektural	<ul style="list-style-type: none"> • Model spasial dan material • Visualisasi untuk komunikasi dan analisis fungsional • Pengecekan standar • Evaluasi strategi keberlanjutan
3.	Pemodelan dan Analisis Struktural	
4.	Pemodelan dan Analisis MEP	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis energi • Analisis distribusi beban listrik • Analisis aliran udara • Analisis pencahayaan • Analisis <i>engineering</i> lainnya
5.	<i>Quantity Take-off</i> dan Perencanaan Biaya	
6.	Pemodelan Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Clash Detection/Coordination</i> • <i>Digital Fabrication</i> • Perencanaan <i>schedule</i> konstruksi dan urutan pekerjaan (4D)
7.	Pengelolaan Fasilitas / <i>As-built Models</i>	<ul style="list-style-type: none"> • COBiel Commissioning • <i>Handover/Commissioning System</i> • <i>Security Assesment</i> dan Perencanaan Tangga Bencana

Clash Detection adalah proses dimana menemukan “*clash*” pada model BIM. Deteksi benturan/bentrokkan ini mempunyai arti yang sangat penting ketika ingin

menghapus permasalahan yang ditemukan selama peninjauan. *Clash detection* bisa dibedakan menjadi tiga jenis, sebagai berikut:

1. *Hard Clash* (Bentrokkan Keras)

Bentrokkan keras hanya ketika dua benda menempati ruang yang sama (misalnya pipa melewati dinding dimana tidak ada pembukaan).

2. *Soft Clash/Clearance Clash* (Bentrokkan Lembut)

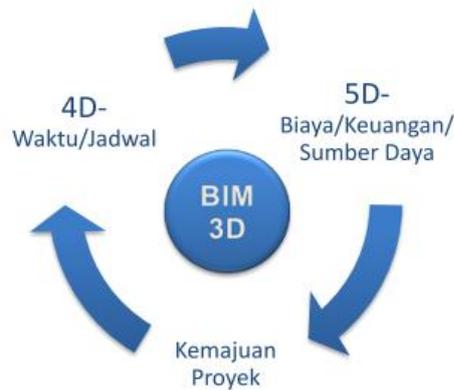
Bentrokkan lembut mengacu pada toleransi atau ruang yang diizinkan. Sebagai contoh, zona penyangga antara komponen yang tersisa untuk menyediakan ruang untuk masa depan pemeliharaan.

3. *4D/Workflow Clash* (4D/Bentrokkan Alur Kerja)

Clash yang terjadi pada penjadwalan pelaksanaan biasanya dari sisi pekerjaan yang waktunya bertumbukan pada saat simulasi. Contoh material lebih dulu datang di sisi lain lokasi belum siap untuk proses *loading* material.

2.3.4 Ruang Lingkup Model 4D dan Model 5D

Pusdiklat SDA dan Konstruksi (2018) memuat penjelasan mengenai hubungan antara pemodelan 3D terhadap model 4D dan 5D BIM dalam Modul 5 dari rangkaian modul pelatihan perencanaan konstruksi dengan sistem teknologi BIM. BIM merupakan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsi sebuah fasilitas. Pemodelan 3D dapat memperlihatkan kondisi eksisting serta memvisualisasikan keluaran proyek konstruksi. Kemudian, menambahkan dimensi keempat yaitu jadwal proyek dengan model 3D disebut model 4D. Dan selanjutnya, menghubungkan data biaya dengan daftar kuantitas yang dihasilkan dari model 3D disebut model 5D.



Gambar 2.8 Ruang Lingkup Model 4D dan Model 5D

Sebuah model 4D BIM menghubungkan elemen 3D dengan *timeline* pengiriman proyek untuk memberikan sebuah simulasi virtual dari proyek di lingkungan 4D. Model 4D dihasilkan dengan kemampuan memvisualisasikan urutan konstruksi, yaitu integrasi fase konstruksi proyek dan urutan ke model tiga dimensi. Sedangkan model 5D yang menghubungkan data biaya dengan *bill of quantity* hasil pemodelan 3D akan memberikan estimasi biaya yang lebih akurat. Dapat mengandung berbagai tingkat rincian untuk digunakan dalam berbagai fase konstruksi oleh pemilik, subkontraktor, dan lainnya.

Melalui pemodelan 3D BIM terpadu, rincian pengukuran diambil langsung dari data perancang, sehingga jika desainer membuat beberapa perubahan, perkiraan dapat diperbarui secara otomatis. Selanjutnya penjadwalan pekerjaan dapat dilakukan dengan kesadaran yang lebih besar dari dinamika konstruktif yang terlibat, dengan membandingkan status pekerjaan dengan perkiraan waktu penyelesaian, dan untuk setiap aktivitas tunggal dan elemen konstruktif pekerjaan, untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi. Selain itu, analisis yang cermat terhadap biaya dan pemanfaatan sumber daya dapat mengarah pada pemeriksaan biaya yang harus ditanggung tepat waktu. Pada tahap pertama estimasi, *quantity take-off* memungkinkan adanya penentuan pengukuran yang tepat untuk setiap artikel metrik. Perhitungan secara langsung berasal dari sifat-sifat kuantitatif dari objek yang ditarik dalam model arsitektur dan struktural.

2.3.5 Software BIM

Mengikuti penelitian tedahulu, dalam penelitian tugas akhir Rudiansyah (2022), *software* BIM dan fungsi utamanya ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Software BIM

No	Nama Produk	Pabrik	Fungsi Utama
1	Cubicost TAS	Glodon	<i>Takeoff Architecture and Structure</i>
2	Cubicost TRB	Glodon	<i>Takeoff reinforcement Bar</i>
3	Cubicost TME	Glodon	<i>Take-off Mechanical and Electrical</i>
4	Cubicost TBQ	Glodon	<i>Takeoff Bill of Quantities</i>
5	Revit Architecture	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and Parametric Design</i>
6	AutoCAD Architecture	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
7	Revit Structure	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
8	Revit MEP	Autodesk	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
9	AutoCAD MEP	Autodesk	<i>3D MEP Modeling</i>
10	AutoCAD Civil 3D	Autodesk	<i>Site Development</i>
11	Tekla Structures	Tekla	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
12	PowerCivil	Bently Systems	<i>Site Developmen</i>
13	Cadpipe HVAC	AEC Design Group	<i>3D HVAC Modeling</i>
14	Site Design, Site Planning	Eagle Point	<i>Site Developmen</i>

2.4 Perangkat Lunak Cubicost

Menurut Institut Teknologi Illinois yang dimuat oleh Saeful (2022) salah satu program BIM yang dipasarkan di Indonesia adalah program yang dikembangkan oleh Glodon. Glodon merupakan sebuah perusahaan perangkat lunak yang berbasis

di China sejak tahun 1998 dan terdaftar di Dewan Usaha Kecil dan Menengah. Perusahaan ini berfokus pada pengembangan perangkat lunak BIM yang berkaitan dengan siklus hidup konstruksi. Perangkat lunak berbasis BIM yang dikembangkan Glodon adalah Cubicost. Dalam jurnalnya, Anindya & Gondokusumo (2020) menjelaskan bahwa Cubicost yang berasal dari kata '*cubic*' mengacu pada bentuk kubus yang mencerminkan kemampuannya untuk menerapkan BIM sebagai inti *core*, dan '*cost*' mengacu pada kemampuan memberikan solusi biaya untuk klien di industri AEC.

Cubicost dihadirkan dalam empat jenis produk perangkat lunak berbasis BIM. Dikutip dari PT Adhyaksa Persada Indonesia (2018), *series* yang dikeluarkan ini salah satunya adalah untuk membantu perhitungan *quantity*. Sedangkan tiga lainnya dipakai untuk menghitung pembiayaan konstruksi. Berikut ini jenis serial Cubicost yang bisa dipakai saat ini:



Gambar 2.9 *Series Cubicost by Glodon*

1. Cubicost TAS (*Take off for Architecture and Structure*)
Serie ini digunakan khusus untuk *takeoff quantity* pada elemen arsitektur, struktur serta *finishing*-nya.
2. Cubicost TRB (*Take off Rebar*)
Serie ini dipakai untuk *takeoff quantity* pada elemen pembesian dengan detail dan akurat.
3. Cubicost TME (*Take off for Mechanical and Electrical*)
Serie ini khusus membantu *takeoff quantity* mekanikal, termasuk pada elemen elektrikal dan *plumbing*-nya.

4. *Cubicost* TBQ (*Takeoff Bill of Quantities*)

Serie ini khusus digunakan dalam pembuatan *bill of quantity* dan pembiayaan pada konstruksi.

Semua produk *Cubicost* berfokus pada kebutuhan bisnis survei kualitas yang berbeda. Semuanya secara berkolaborasi bisa mencakup persyaratan umum dalam bisnis estimasi biaya konstruksi. Hasilnya, estimasi biaya pun lebih efisien, akurat, dan profesional. Cara ini lebih efektif dibandingkan memakai metode konvensional. Melihat kelebihan produk dari Glodon ini, bisa dikatakan bahwa *Cubicost* adalah solusi canggih para arsitek dan kontraktor untuk implementasi BIM dalam proyek konstruksi.

Menurut Saeful (2022), berdasarkan data yang didapat dari PT Glodon hingga bulan Desember 2021, *Cubicost* telah dipercaya oleh 206 pengguna di Indonesia yang terdiri dari kontraktor, *developer*, konsultan bahkan institusi pendidikan. Sedangkan, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat perusahaan pelaku konstruksi di Indonesia mencapai 203.403 unit usaha. Dengan demikian, pengguna aplikasi *Cubicost* di Indonesia adalah sebesar 0,1% dari total perusahaan pelaku konstruksi. Kontraktor yang menggunakan *Cubicost* juga terdiri dari berbagai kelas seperti PT Perumahan Pembangunan (PP), PT Adhi Karya, PT Wijaya Karya, PT Brantas Abipraya, PT Nusa Konstruksi, PT Hutama Karya, dan PT Mitra Konstruksi untuk kualifikasi kontraktor Besar 2 (B2) serta PT Acset Pondasi Indonesia dan PT Waringin Megah untuk kualifikasi kontraktor Menengah 1 (M1).

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang saat ini dilakukan sebelumnya sudah terdapat beberapa penelitian terdahulu yang bersifat serupa dalam membahas mengenai kelebihan dan kekurangan penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada dunia konstruksi. Berikut ini peneliti jabarkan hasil penelitian terdahulu yang sudah selesai dilakukan dalam bentuk tabel sebagai kumpulan dan perbandingan penelitian serupa mengenai *Building Information Modeling* pada proyek-proyek gedung.

No	Penulis dan Tahun Penelitian	Judul	Lokasi Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Pachrul Muhamad Rudiansyah (2023)	Penerapan Metode <i>Building Information Modeling</i> (BIM) 5D pada Gedung Kuliah Universitas Siliwangi	Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi	Mengetahui perbandingan estimasi biaya proyek dengan menerapkan metode BIM 5D pada pekerjaan struktur dan arsitektur pada proyek pembangunan gedung dengan bantuan perangkat lunak.	BIM menggunakan <i>software</i> Cubicost TAS sebagai <i>quantity take off</i> pekerjaan struktur dan arsitektur serta Cubicost TRB sebagai <i>quantity takeoff</i> kebutuhan pembesian.	Perbandingan estimasi biaya proyek untuk pekerjaan struktur dan arsitektur dengan berbasis volume yang didapat dari data proyek didapat total sebesar Rp7.408.688.317,72 sedangkan estimasi biaya proyek berbasis BIM hanya sebesar Rp7.130.591.808,88. Dari kedua hasil estimasi biaya proyek ini didapat selisih sejumlah Rp278.096.508,83 atau sekitar 4%.

2.	Vizqy Abid adira (2023)	Implementasi Konsep 5D <i>Building Information Modeling</i> (BIM) pada Proyek Gedung	SMP Islam Al-Azhar 55 Jatimakmur	Mengetahui estimasi biaya dan waktu dari implementasi 5D BIM pada elemen struktural dan arsitektural proyek gedung dengan menggunakan bantuan perangkat lunak.	BIM menggunakan <i>software Autodesk Revit</i> sebagai BIM <i>authoring tools</i> dan <i>Autodesk Navisworks Manage</i> sebagai BIM <i>integration tools</i> .	Hasil perbandingan rencana <i>time schedule</i> proyek menunjukkan hasil kurva S yang cenderung sama dengan total waktu pelaksanaan yang juga sama, namun didapati biaya untuk tiap persentase pekerjaannya <i>time schedule</i> yang disusun berbasis BIM lebih murah dibanding <i>time schedule</i> berbasis volume dari data proyek yaitu dengan selisih sejumlah Rp505.178.293,94 atau sekitar 2,89%.
3.	Penelitian yang diusulkan Riva Alisiana Putri (2023)	Penggunaan Perangkat Lunak Cubicost Terhadap Implementasi	Proyek Gedung SMP Islam Al-Azhar 55 Jatimakmur	Mengetahui estimasi biaya dan waktu dari penggunaan <i>software Cubicost</i> dalam	BIM menggunakan <i>software Cubicost TAS</i>	Penelitian yang diajukan.

		<i>Building Information Modeling (BIM) 5D</i> Pada Proyek Gedung SMP Islam Al-Azhar 55 Jatimakmur		implementasi metode BIM 5D pada pekerjaan struktur dan arsitektur pada proyek pembangunan gedung.	sebagai <i>quantity takeoff</i> pekerjaan struktur dan arsitektur serta Cubicost TRB sebagai <i>quantity takeoff</i> kebutuhan pembesian.	
--	--	--	--	---	--	--