

BAB II

STUDI PUSTAKA

II.1 Manajemen Proyek

Menurut (Nurjaman, 2014), Manajemen proyek merupakan proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan kegiatan anggota organisasi serta sumber daya lainnya sehingga dapat mencapai sasaran organisasi telah ditentukan sebelumnya. Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk dapat mengelola fungsi-fungsi manajemen hingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang ada dan telah ditetapkan serta untuk dapat mengelola sumber daya yang efisien dan efektif.

Beberapa fungsi dari manajemen proyek (Nurjaman, 2014) adalah:

1. Fungsi perencanaan (*Planning*)

Fungsi ini bertujuan dalam pengambilan keputusan yang mengelola data dan informasi yang dipilih untuk dilakukan dimasa mendatang, seperti menyusun rencana jangka panjang dan jangka pendek, dan lain-lain.

2. Fungsi Organisasi (*Organizing*)

Fungsi organisasi bertujuan untuk mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang memiliki aktivitas masing-masing saling berhubungan, dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mencapai tujuan organisasi, seperti menyusun lingkup aktivitas, dan lain-lain.

3. Fungsi Pelaksanaan (*Actuating*)

Fungsi pelaksanaan bertujuan untuk menyelaraskan seluruh pelaku organisasi terkait dalam melaksanakan kegiatan/ proyek, seperti pengarahan tugas serta motivasi, dan lain-lain.

4. Fungsi Pengendalian (*Controlling*)

Fungsi pengendalian bertujuan untuk mengukur kualitas penampilan dan penganalisisan serta pengevaluasian kegiatan, seperti memberikan saran-saran perbaikan, dan lain-lain.

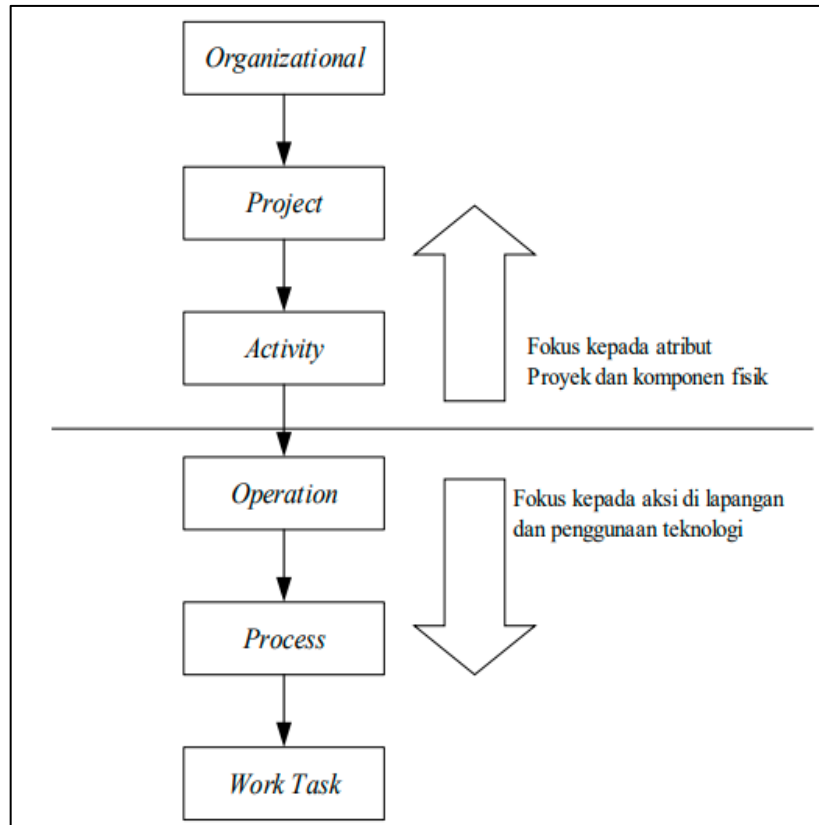
II.2 Proyek Konstruksi

Proyek merupakan suatu rangkaian pekerjaan yang bertujuan untuk mencapai tujuan proyek sesuai persyaratan yang telah ditetapkan pada awal proyek seperti persyaratan mutu, waktu dan biaya. Menurut Proyek konstruksi adalah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang didalamnya termasuk dalam bidang Teknik sipil dan arsitektur.

Dalam Suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu hal mengenai waktu, biaya dan mutu. Pada umumnya, mutu konstruksi merupakan elemen dasar yang harus dijaga untuk senantiasa sesuai dengan perencanaan. Namun demikian, pada kenyataannya sering terjadi pembengkakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan (Tjaturono, 2009). Dengan demikian, seringkali efisiensi dan efektivitas kerja yang diharapkan tidak tercapai. Hal itu mengakibatkan pengembang akan kehilangan nilai kompetitif dan peluang pasar.

II.2.1 Hirarki Proses Konstruksi

Hirarki konstruksi dimulai dari organisasi, proyek, kegiatan, operasi, proses, hingga *work task* (tugas). Organisasi, proyek dan kegiatan dapat digolongkan pada bagian manajemen yang fokus pada atribut dan komponen proyek. Sementara operasi, proses dan *work task* dapat digolongkan pada bagian rekayasa konstruksi yang fokus pada penggunaan teknologi dan aksi di lapangan (Daniel W. Halpin, 1992).



Gambar II. 1 Hirarki Proses Konstruksi

Sumber: (Daniel W. Halpin, 1992)

Pada setiap tingkat hirarki konstruksi, memiliki proses yang spesifik sesuai tingkatannya. Berikut proses pada setiap tingkatan proses konstruksinya (Daniel W. Halpin, 1992):

1. *Organizational*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada aspek legal dan struktur bisnis perusahaan, dan berbagai fungsi manajemen yang dikerjakan oleh interaksi antara kantor pusat dan perwakilan di proyek konstruksi.
2. *Project*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada pengendalian jadwal dan biaya.
3. *Activity*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada atribut sumber daya proyek yang penurunan dari *project*.
4. *Operation*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada teknologi dan detail bagaimana konstruksi berjalan.
5. *Process*, Proses konstruksi adalah suatu gabungan tugas yang unik di mana satu tugas dengan yang lainnya saling berhubungan erat berdasarkan teknologi dan urutan logika.

6. *Task*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada identifikasi porsi tugas pekerja di lapangan.

Berikut contoh pada setiap tingkatan proses konstruksinya:

1. Organisasi: CV. KBA (sub-kontraktor)
2. Proyek: Pekerjaan instalasi kaca eksterior dan dinding panel pada gedung terminal bandara
3. Kegiatan:
 - Instalasi kaca eksterior dan dinding panel gedung A
 - Instalasi kaca eksterior dan dinding panel gedung B
4. Operasi:
 - Instalasi panel
 - Instalasi kaca eksterior
5. Proses:
 - Pemasangan kerangka alumunium
 - Pemasangan panel dinding
 - Pemasangan kaca eksterior
6. Tugas:
 - Pengeboran tempat *clip fastener*
 - Memasang *clips*
 - Memasang kerangka alumunium
 - Mengukur kelurusan kerangka
 - Menempelkan panel dinding ke kerangka
 - Menempelkan kaca ke kerangka

II.2.2 Metode Pelaksanaan Konstruksi

Metode adalah suatu prosedur atau cara yang ditempuh untuk mencapai tujuan tertentu, pelaksanaan adalah suatu usaha atau kegiatan tertentu yang dilakukan untuk mewujudkan rencana atau program dalam kenyataan, konstruksi adalah suatu kegiatan membangun sarana maupun prasarana. Metode pelaksanaan konstruksi dapat diartikan suatu kegiatan pembangunan sarana ataupun prasarana dengan cara tertentu demi mencapai suatu tujuan (Onibala et al., 2018).

Penentuan sebuah metode pelaksanaan berperan signifikan dalam pengerjaan suatu proyek konstruksi sebab dengan metode pelaksanaan yang tepat dapat mewujudkan

hasil yang maksimal terlebih apabila ditinjau dari segi waktu dan segi biaya. Usaha yang dapat dilakukan pengelola proyek salah satunya yaitu dengan mengubah sistem konvensional menjadi lebih modern, dengan menerapkan sistem beton pracetak. Upaya ini tentunya bertujuan untuk memperbaiki dan mendapatkan hasil pekerjaan yang optimal dengan mutu yang baik.

II.2.3 Keterlambatan Proyek Konstruksi

Menurut (Mujiono, 2020), keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu merupakan kekurangan dari tingkat produktivitas dan sudah barang tentu semuanya ini akan mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan, baik berupa pembiayaan langsung dibelanjakan untuk proyek – proyek pemerintah, maupun berwujud pembekalan investasi dan kerugian – kerugian pada proyek swasta.

Sebagian waktu pelaksanaan yang tidak dimanfaatkan sesuai dengan yang direncanakan dapat menyebabkan keterlambatan dalam satu atau beberapa kegiatan yang mengikuti, yang berdampak pada ketidaksesuaian dengan jadwal yang telah direncanakan. Keterlambatan pelaksanaan proyek seringkali menimbulkan akibat merugikan baik bagi pemilik maupun kontraktor, seperti konflik, perdebatan penyebab keterlambatan, dan peningkatan tuntutan waktu serta biaya.

Kontraktor akan terkena denda pinalti sesuai dengan kontrak, disamping itu kontraktor juga akan mengalami tambahan biaya *overhead* selama proyek masih berlangsung. Dari sisi pemilik, keterlambatan proyek akan membawa dampak pengurangan pemasukan karena penundaan pengoperasian fasilitasnya.

Peran aktif manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan pengelolaan proyek. Pengkajian jadwal proyek diperlukan untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi.

II.2.3.1 Penyebab Keterlambatan Proyek

Pengelompokan faktor – faktor keterlambatan yang telah diuraikan oleh (Mujiono, 2020), yaitu sebagai berikut :

1. Faktor tenaga kerja (*labors*)

- a. Keahlian tenaga kerja.
 - b. Kedisiplinan tenaga kerja.
 - c. Motivasi kerja tenaga kerja.
 - d. Komunikasi antara tenaga kerja dan kepala tukang/ mandor.
2. Faktor bahan (*material*)
- a. Keterlambatan pengiriman barang/ bahan.
 - b. Kekurangan bahan konstruksi.
3. Faktor peralatan (*equipment*)
- a. Kemampuan mandor atau operator yang kurang dalam mengoperasikan peralatan.
 - b. Produktivitas peralatan.
 - c. Keterlambatan pengiriman/ penyediaan peralatan.
4. Faktor karakteristik tempat (*site characteristic*)
- a. Keadaan permukaan dan bawah permukaan tanah.
 - b. Akses ke lokasi proyek.
 - c. Karakteristik fisik bangunan sekitar lokasi.
5. Faktor keuangan (*financing*).
- a. Harga material.

II.3 Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah suatu proses pengelolaan pekerjaan pelaksanaan pembangunan fisik yang ditangani secara multidisiplin profesional, dimana tahapan-tahapan persiapan perencanaan, perancangan, pelelangan pekerjaan, pelaksanaan pekerjaan, dan penyerahan/ pengoperasiannya diperlukan sebagai suatu sistem yang menyeluruh dan terpadu dengan tujuan untuk mencapai hasil yang optimal dalam aspek memperkecil biaya, memanfaatkan waktu dan mempertahankan kualitas proyek (Tuelah et al., 2014).

Tujuan pokok dari manajemen konstruksi ialah mengelola atau mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil sesuai dengan persyaratan. Untuk itu perlu diperhatikan mengenai mutu bangunan, biaya yang digunakan, dan waktu pelaksanaan (Tuelah et al., 2014).

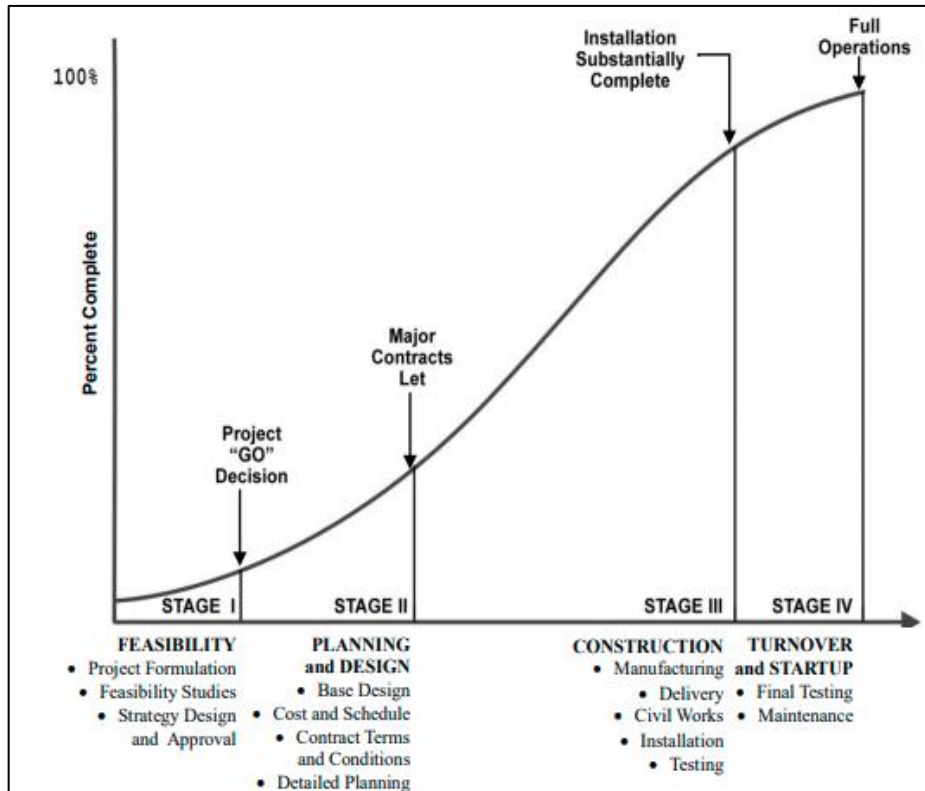
II.3.1 *Project Life Cycle (PLC)*

Karena sifat pekerjaan yang temporer, setiap proyek selalu memiliki siklus yang disebut sebagai siklus kegiatan proyek (*Project Life Cycle*). Siklus ini berlangsung mulai dari pra proyek hingga pasca proyek. Secara umum siklus ini memiliki fase yang tipikal untuk segala macam proyek yaitu fase awal, fase tengah dan fase akhir. Yang membedakan siklus proyek satu dengan yang lain adalah detail pelaksanaan proyek itu sendiri (Nugroho, 2016).

Siklus kegiatan proyek (*Project Life Cycle*) ini digunakan untuk menjabarkan tahap mulainya proyek hingga tahap selesainya proyek. *Project Life Cycle* ini secara umum menjabarkan tentang pekerjaan teknis apa yang harus dilakukan pada tiap fase dan siapa yang seharusnya terlibat pada tiap fase. Deskripsi kegiatan dalam fase-fase proyek bisa sangat sederhana sampai sangat detil. Namun karakteristik umum yang biasanya ada dalam deskripsi kegiatan pada tiap fase proyek adalah (Nugroho, 2016):

1. Biaya dan jumlah pekerja umumnya sedikit pada awal kegiatan dan terus meningkat hingga akhir kegiatan, dan kemudian menurun tajam seiring selesainya proyek tersebut.
2. Pada awalnya persentase kemungkinan menyelesaikan proyek berada pada titik terendah karena pada tahap awal ini segala kemungkinan yang dapat menghambat berjalannya proyek banyak dan mungkin terjadi. Sedangkan tingkat resiko dan ketidakpastian berada pada titik yang paling tinggi pada awal proyek karena pada resiko dan ketidakpastian akan terus bermunculan seiring berjalannya proyek. Kemungkinan keberhasilan proyek meningkat seiring dengan progres pelaksanaan proyek.
3. Kemampuan pemegang saham untuk mempengaruhi hasil akhir dari proyek sangat tinggi pada awal proyek dan kemudian menurun seiring berjalannya proyek. Penyebab hal ini biasanya adalah biaya terhadap perubahan dan koreksi terhadap kesalahan yang berkembang seiring berjalannya proyek.

Mengutip pendapat (Morris, 2000) dalam buku PMBOK, siklus hidup proyek konstruksi adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar II. 2 Project Life Cycle

Sumber: (PMBOK 2000)

Pada gambar II.2, fase proyek terdiri dari 4 tahap (*stage*). Tahap- tahap itu adalah :

1. Tahap I (*stage I*) adalah tahap *Feasibility* dimana suatu proyek direncanakan kemudian diadakan studi kelayakan serta mematangkan strategi desain dan mendapatkan persetujuan dari yang berwenang. Layak tidaknya suatu proyek akan ditentukan pada tahap ini.
2. Tahap II (*stage II*) adalah tahap desain dan perencanaan dimana desain dasar, biaya dan penjadwalan, dokumen kontrak kerja dan perencanaan yang lebih mendetail dibuat.
3. Tahap III (*stage III*) adalah tahap konstruksi dimana pada tahap ini bahan-bahan untuk proyek dibuat, diantarkan ke lokasi, dikerjakan oleh kontraktor, instalasi jaringan dan pengetesan. Pada akhir tahap ini fasilitas yang dikerjakan sudah harus selesai dan dapat dipergunakan dengan baik.
4. Tahap IV (*stage IV*) adalah tahap serah terima dan pengoperasian Dimana pada tahap ini dilakukan tes akhir dan pemeliharaan. Pada tahap ini fasilitas yang dibangun sudah dioperasikan secara penuh

II.3.2 *Stakeholder*

Stakeholder adalah setiap kelompok atau individu yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh pencapaian tujuan organisasi. Perusahaan beroperasi hanya untuk kepentingan perusahaan tersebut ataupun berorientasi pada keuntungan belaka, tetapi juga harus memberikan manfaat bagi para pemangku kepentingan yang terdiri dari pemegang saham, pelanggan, masyarakat, dan pihak-pihak lainnya (Zain et al., 2021).

Seluruh *Stakeholder* mempunyai hak untuk disediakan informasi tentang bagaimana kegiatan organisasi mempengaruhi mereka, bahkan mereka memilih untuk tidak menggunakan informasi tersebut dan bahkan ketika mereka tidak bisa secara langsung melakukan peran konstruktif dalam kelangsungan hidup organisasi.

1. Pemilik Proyek (*Owner*)

Pemilik Proyek (*Owner*) adalah nama atau istilah dari Amerika Utara yang artinya pemilik suatu proyek.

Konsultan Perencana

Adalah perusahaan atau lembaga yang memberikan jasa dalam merencanakan suatu bangunan dalam bentuk desain secara teknik beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan pelaksana dalam bidang administrasi maupun kerja dalam bidang teknik.

2. Konsultan Pengawas

Adalah perusahaan atau lembaga yang bertugas mengawasi pekerjaan secara menyeluruh dari awal sampai akhir pelaksana pembangunan dan meliputi seluruh bidang-bidang keahlian yang diperlukan.

3. Kontraktor Pelaksana

Kontraktor sebagai pelaksana proyek merupakan badan hukum yang dipilih sebagai pelaksana suatu proyek sesuai dengan keahliannya. Sistem kontraktor adalah suatu penawarannya telah diterima dan juga telah menandatangani surat perjanjian pemborong kerja dan pemberi tugas yang berhubungan dengan pekerjaan proyek tersebut.

II.3.3 *Project Delivery*

Project Delivery merupakan sistem tentang hubungan timbal balik, peran, tanggung jawab, dan kewenangan bagi setiap pihak yang terlibat untuk bersama mengelola seluruh tahapan proyek dari tahap desain sampai pemeliharaan (Carpenter & Bausman, 2016). Berikut jenis-jenis *Project Delivery*:

a. *Design-Bid-Build* (Tradisional)

Design-Bid-Build adalah metode pengadaan konstruksi yang paling umum digunakan dan mungkin ini adalah proses yang dipikirkan kebanyakan orang ketika memikirkan kontrak konstruksi. Seperti namanya, metode penyampaian ini terdiri dari tiga fase berbeda: fase desain, fase penawaran, dan fase pembangunan. *Design-Bid-Build* adalah pilihan yang baik untuk konstruksi komersial baru. Meskipun prosesnya panjang, hal ini memungkinkan pemilik untuk bekerja sama dengan arsitek dan insinyur untuk mendapatkan harga terbaik untuk proyek mereka.

Fase desain dimulai dengan pemilik mempekerjakan seorang desainer, baik arsitek atau insinyur, untuk merancang fasilitas baru. Saat merancang gedung baru, arsitek atau insinyur akan menyiapkan gambar dan spesifikasi yang diperlukan yang diperlukan tim kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi. Setelah pekerjaan desain selesai, proyek dibuka untuk penawaran. Selama fase penawaran, kontraktor umum akan meninjau dokumen konstruksi, berunding dengan subkontraktor yang diperlukan dan mengajukan pertanyaan klarifikasi kepada arsitek atau insinyur untuk mempersiapkan penawaran mereka. Setiap tawaran mewakili harga terbaik kontraktor umum untuk sebuah proyek, dan beberapa tawaran untuk proyek yang sama bisa sangat bervariasi. Setelah semua kontraktor umum mengajukan penawaran masing-masing, perancang akan meninjau setiap penawaran, meminta informasi tambahan kepada kontraktor, dan pada akhirnya, memilih penawaran yang menurut mereka paling sesuai dengan kebutuhan pemilik.

Setelah pemenang tender dipilih, tahap pembangunan dimulai, dan tim kontraktor umum dapat mulai bekerja membangun fasilitas baru. Fitur unik dari metode *Design-Bid-Build* adalah desainer akan mengawasi pekerjaan

kontraktor umum dan subkontraktor. Hal ini membantu memastikan bahwa pemilik menerima produk akhir yang berkualitas.

b. *Desain-Build (DB)*

Metode *Design-Build* diciptakan untuk mengurangi garis waktu panjang yang sering menyertai *Design-Bid-Build*. Hal ini dilakukan dengan mengganti perancang dan kontraktor dengan satu pihak yang mengisi kedua peran tersebut, yang disebut pembuat desain. Pembangun desain, yang biasanya adalah seorang arsitek, insinyur atau kontraktor, bertindak sebagai satu-satunya kontak pemilik untuk keseluruhan proyek. Meskipun hal ini memungkinkan terjadinya komunikasi yang efisien, hal ini juga berarti bahwa pembuat desain bertanggung jawab penuh atas hasil proyek.

Proses DB dimulai dengan pemilik menyusun desain proyek awal dan meminta proposal proyek dari berbagai pembuat desain. Proposal ini, seperti tawaran dalam metode *Design-Bid-Build*, umumnya mewakili harga terbaik bagi pembuat desain untuk proyek tersebut. Perbedaan utama antara penawaran dan proposal adalah proposal menyertakan catatan mengenai desain proyek, sedangkan penawaran tidak mengubah desain proyek. Pemilik biasanya memilih proposal yang memberikan nilai terbaik untuk proyek tanpa mengorbankan elemen desain.

Setelah pemilik memilih proposal tertentu, tim pembuat desain dapat mulai bekerja untuk mendapatkan izin dan segera memulai konstruksi. Proyek ini juga dapat diselesaikan secara bertahap, dimana tahap pertama dirancang dan konstruksi dimulai sementara tahap kedua dirancang, sehingga memungkinkan dimulainya konstruksi lebih cepat. Hal ini menjadikan *Design-Build* ideal untuk proyek besar yang memerlukan *timeline* yang dipercepat.

Namun manfaat DB juga menambah risiko bagi pemiliknya. Pemilik yang memilih metode penyampaian DB untuk proyek mereka kehilangan keuntungan karena ada pihak terpisah yang mengawasi kualitas konstruksi. Sebaliknya, pembuat desain memiliki otonomi penuh dalam tahap konstruksi. Jadi memilih pembuat desain yang terpercaya merupakan bagian integral dari kesuksesan dalam *Design-Build*.

c. *Construction Manager at Risk (CMAR)*

Construction Manager at Risk, juga disebut *CM at Risk* atau hanya *CMAR*, juga merupakan turunan dari proses *Design-Bid-Build*. Namun alih-alih desainer yang mengawasi proses desain dan kualitas konstruksi, seorang manajer konstruksi (CM) dipekerjakan oleh pemilik untuk mengawasi keseluruhan proyek. Faktanya, setelah diangkat, CM bertindak sebagai perwakilan pemilik dan memberikan advokasi dalam setiap langkah proses konstruksi mulai dari prakonstruksi, hingga desain dan penawaran, hingga konstruksi. Hal ini menjadikan CMAR ideal bagi pemilik proyek yang menginginkan bantuan ahli dalam mengelola proyeknya atau berkomunikasi antar pihak, dan terkadang CMAR mengizinkan pemilik untuk tidak ikut serta dalam sebagian besar proses konstruksi.

Ketika pemilik memutuskan untuk menggunakan metode penyampaian CMAR untuk proyeknya, mereka akan membawa desain awal ke CM, yang kemudian akan mulai berkonsultasi dengan desainer untuk menyusun rencana. Selama fase desain, CM akan bekerja atas nama pemilik untuk menilai insinyur dan menemukan peluang penghematan biaya jika memungkinkan. Sekitar pertengahan tahap desain, CM akan memberikan Harga Maksimum Terjamin (GMP) kepada pemiliknya. Dengan GMP mereka, CM menetapkan ambang harga yang mereka janjikan tidak akan dilampaui oleh proyek pemilik. Jika proyek berhasil mencapai ambang batas ini, CM kemungkinan besar akan diberi imbalan oleh pemiliknya melalui perjanjian pembagian biaya. Namun jika proyek melebihi GMP, maka CM mengambil risiko menanggung selisihnya.

Setelah tahap desain selesai, CM akan menerima tawaran dari kontraktor untuk proyek tersebut dan memilih tawaran yang mereka yakini paling memenuhi kebutuhan pemilik tanpa melewati ambang batas GMP. Setelah konstruksi dimulai, CM akan bekerja dengan kontraktor untuk menjadwalkan tahapan konstruksi, mengawasi kualitas pekerjaan kontraktor dan mengkoordinasikan setiap perintah perubahan yang diperlukan.

d. *Job Order Contract (JOC)*

Job Order Contract adalah metode pengiriman proyek dengan jumlah tidak terbatas dan kuantitas tidak terbatas, *Indefinite Delivery Indefinite Quantity (IDIQ)*. Artinya, beberapa proyek dapat diselesaikan selama masa satu kontrak jangka panjang, berbeda dengan kontrak proyek tunggal yang digunakan dalam metode penyerahan sebelumnya. Kontrak jangka panjang menjadikan JOC pilihan ideal bagi pemilik yang menyelesaikan proyek konstruksi dalam jumlah besar setiap tahunnya. Dibandingkan harus mengambil setiap proyek untuk ditawarkan, pemilik hanya menerima tawaran dari kontraktor satu kali di awal kontrak, lalu dapat mengakses layanan mereka tanpa harus melakukan penawaran ulang sepanjang masa kontrak. Itu semua dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Metode penyerahan proyek JOC didasarkan pada Buku Harga Satuan tugas konstruksi dengan harga yang telah ditentukan sebelumnya yang berlaku untuk keseluruhan kontrak. Di Gordian, kami menyebut Buku Harga Satuan kami sebagai *Construction Task Catalog (CTC)*, dan berisi biaya konstruksi lokal terverifikasi yang diharapkan dapat diselesaikan oleh pemilik pekerjaan di tempat yang mereka harapkan dapat diselesaikan. CTC memungkinkan pemilik untuk mengakses layanan kontraktor kapan saja selama jangka waktu yang disepakati tanpa harus menegosiasikan ulang harga untuk setiap proyek. Daripada melakukan penawaran pada masing-masing proyek, kontraktor mengajukan penawaran dengan menambahkan faktor penyesuaian pada CTC untuk memperhitungkan *overhead*, keuntungan, dan biaya operasional lainnya. Pemilik biasanya akan memberikan kontrak kepada penawar terendah yang responsif dan bertanggung jawab

II.4 Produktivitas

Produktivitas secara umum diartikan sebagai hubungan antara keluaran (barang atau jasa) dengan masukan (tenaga kerja, bahan, uang). Masukan sering dibatasi dengan tenaga kerja, sedangkan keluaran diukur dalam kesatuan fisik, bentuk dan nilai. Produktivitas adalah kemampuan memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya dari sarana dan prasarana yang tersedia dengan menghasilkan output yang

optimal bahkan kalau mungkin yang maksimal (Muizzudin, 2013). Pada dasarnya konsep siklus produktivitas terdiri dari empat tahap utama, yaitu:

1. Pengukuran Produktivitas (*Productivity Measurement*)
2. Evaluasi Produktivitas (*Productivity Evaluation*)
3. Perencanaan Produktivitas (*Productivity Planning*)
4. Peningkatan Produktivitas (*Productivity Improvement*)

II.4.1 Unsur-unsur Produktivitas

Terdapat dua unsur yang mempengaruhi produktivitas yaitu (Putri & Sahuri, 2017):

1. Efektivitas

Efektifitas merupakan salah satu unsur produktivitas yang mengarah terhadap pencapaian kerja yang maksimal yang berkaitan dengan kualitas, kuantitas, dan waktu. Efektivitas kerja adalah hubungan antara output dengan tujuan, semakin besar kontribusi (sumbangan) *output* terhadap pencapaian tujuan, maka semakin efektif organisasi, program atau kegiatan.

2. Efisiensi

Efisiensi merupakan unsur produktivitas yang berkaitan dengan Upaya membandingkan input dengan realisasi penggunaan atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan. Efisiensi adalah ketepatan cara (usaha kerja) dalam menjalankan sesuatu dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga dan biaya. Efisiensi juga berarti rasio antara input dan output atau biaya dan keuntungan.

II.4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Menurut (Talimbo et al., 2016) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja antara lain sebagai berikut.

1. Tingkat upah

Dengan pemberian upah kerja yang setimpal akan mendorong pekerja untuk bekerja dengan lebih giat lagi karena mereka merasa partisipasinya dalam proses produksi di proyek dihargai oleh pihak perusahaan.

2. Pengalaman dan keterampilan pekerja

Pengalaman dan keterampilan pekerja akan semakin bertambah apabila pekerja tersebut semakin sering melakukan pekerjaan yang sama dan dilakukan secara

berulang-ulang sehingga produktivitas pekerjaan tersebut dapat meningkatkan dalam melakukan pekerjaan yang sama.

3. Pendidikan dan keahlian

Para pekerja yang pernah mengikuti dasar pelatihan khusus (training) atau pernah mengikuti suatu pendidikan khusus (STM) akan mempunyai kemampuan yang dapat dipakai secara langsung sehingga dapat bekerja lebih efektif bila dibandingkan dengan pekerja yang tidak mengikuti pendidikan khusus.

4. Usia pekerja

Para pekerja yang usianya lebih muda relatif mempunyai produktivitas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan pekerja yang usia lebih tua (lanjut) karena pekerja yang usia lebih muda mempunyai tenaga yang lebih besar yang sangat diperlukan dalam pekerjaan konstruksi.

5. Pengadaan barang

Pada saat barang material (semen, tulangan, dan batu bata) datang ke lokasi maka pekerjaan para pekerja akan terhenti sesaat karena pekerja harus mengangkut dan memindahkan barang material tersebut ke tempat yang sudah disediakan (seperti gudang). Atau apabila pada saat pekerjaan sedang berlangsung dan material yang dibutuhkan tidak ada di lokasi proyek, maka produktivitas pekerjaan tersebut akan terhentikan karena akan menunggu suplai barang atau material tersebut.

6. Cuaca

Pada musim kemarau suhu udara akan meningkat (lebih panas) yang menyebabkan produktivitas akan menurun, sedangkan pada musim hujan pekerjaan yang menyangkut pondasi dan galian tanah akan terhambat karena kondisi tanah sehingga tidak dapat dilakukan pengecoran pada saat kondisi hujan karena akan menyebabkan mutu beton hasil pengecoran berkurang.

7. Jarak material

Adanya jarak material yang jauh akan mengurangi produktivitas pekerjaan, karena dengan jarak yang jauh antara material dan tempat dilakukannya pekerjaan memerlukan tenaga kerja ekstra untuk mengangkut material.

8. Hubungan kerja sama antar pekerja

Adanya hubungan yang baik dan selaras antara sesama pekerja dan mandor akan memudahkan komunikasi kerja sehingga tujuan yang diinginkan akan mudah dicapai.

9. Faktor manajerial

Faktor manajerial berpengaruh pada semangat dan gairah para pekerja melalui gaya kepemimpinan, bijaksana, dan peraturan perusahaan (kontraktor). Karena dengan adanya mutu manajemen sebagai motor penggerak dalam berproduksi diharapkan akan tercapai tingkat produktivitas, laju prestasi maupun kinerja operasi seperti yang diinginkan.

10. Efektivitas jam kerja

Jam kerja yang dipakai secara optimal akan menghasilkan produktivitas yang optimal juga sehingga perlu diperhatikan efektivitas jam kerja, seperti ketetapan jam mulai dan akhir kerja serta jam istirahat yang tepat.

II.4.3 Metode Pengambilan Data Produktivitas

Terdapat beberapa metode untuk mengetahui tingkat produktivitas tenaga kerja. *Continuous Method* (*Time studies* dan *Method productivity delay model* (MPDM)) serta *Discrete method* (*Work sampling* dan *5 Minutes Rating*) adalah dua pendekatan yang umum digunakan dalam pengambilan data produktivitas berdasarkan pengamatan langsung di lapangan.

II.4.3.1 *Continuous Method*

Continuous Method (Metode Berkelanjutan) adalah pendekatan dalam pengambilan data produktivitas yang melibatkan pengamatan terus-menerus terhadap aktivitas yang sedang dilakukan oleh pekerja atau dalam proses produksi. Dalam metode ini, pengamat secara aktif memantau setiap tahap pekerjaan atau aktivitas tanpa jeda atau interval waktu tertentu (Tanne et al., 2024).

- ***Time studies Metode***

Time studies adalah teknik yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas atau aktivitas tertentu. Tujuan dari metode *Time studies* adalah untuk mendapatkan data yang akurat dan

objektif mengenai waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu tugas (Slamet et al., 2017).

Kegunaan utama dari *Time studies* adalah menghasilkan waktu standar suatu pekerjaan dengan kondisi tertentu, sehingga setelah itu dapat dihitung produktivitasnya. Tahap-tahap dalam menentukan standard time yaitu:

1. Mengukur *Basic time*, untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas pekerjaan.
2. Menentukan *Rate*, untuk memberi bobot pekerjaan yang diteliti.
3. Menghitung *standard time*.

Standard time adalah ukuran waktu yang dijadikan sebagai pedoman durasi pekerjaan suatu operasi konstruksi yang nilainya berbeda dari masing-masing proyek karena adanya perbedaan kondisi lapangan, kondisi manajemen, dan kemampuan tenaga kerja. Untuk menghitung *Standard Time* digunakan rumus :

$$\text{Standar Time} = \text{Basic time} + \text{Relaxation Allowance} + \text{Contingency Allowance} \quad (2.1)$$

- *Basic time*, adalah ukuran waktu normal yang dibutuhkan oleh tukang yang berkualifikasi untuk menyelesaikan suatu operasi konstruksi. Untuk mendapatkan *Basic time* bisa diperoleh dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Basic time} = \text{Observed time} \times \frac{\text{Observed Rating}}{\text{Standart Rating}} \quad (2.2)$$

- *Observed time* = waktu yang diperoleh pada saat observasi lapangan.
- *Observed rating* = bobot yang diperoleh dari tahap menentukan rate dengan menggunakan tabel 2.1

Tabel II. 1 Nilai Rate Pekerjaan

Rate	Deskripsi
0	Tidak ada aktivitas
50	Sangat lambat, tidak memiliki keahlian, tidak termotivasi
75	Tidak cepat, kemampuan rata-rata, tidak tertarik
100	Cepat, kemampuan yang terqualifikasi, termotivasi
125	Sangat cepat, kemampuan tinggi, termotivasi dengan baik
150	Sangat cepat, sangat berusaha dan berkonsentrasi

Sumber: (Slamet et al., 2017).

- *Standard rating* = adalah bobot standar yang diberikan untuk suatu pekerjaan, biasanya diberi bobot sebesar 100.

Relaxation Allowance, tujuan dari adanya *relaxation allowances* adalah untuk mencegah ketidak-akuratan nilai standard time akibat beberapa faktor yang tidak pasti waktunya seperti waktu menganggur, waktu menunggu, lamanya waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk relaksasi atau melakukan peregangan, dan waktu lainnya.

Contingency Allowance, sama dengan *relaxation allowances*, *contingency allowance* atau kelonggaran akibat hal tak terduga juga bertujuan agar standard time menjadi akurat, penyebabnya adalah karena beberapa faktor yang tidak pasti waktunya. *Contingency allowance* ini biasanya adalah hubungan antara kontraktor dengan beberapa pihak. Contoh hal tak terduga tersebut antara lain adalah penyesuaian dan perawatan alat-alat; waktu tunggu yang diakibatkan oleh subkontraktor, kerusakan mesin, kekurangan material, hal-hal yang tidak diinginkan terjadi dilapangan seperti jenis tanah yang buruk, angin kencang, dan cuaca buruk, waktu untuk pembelajaran, satu tugas off, perubahan desain, penerimaan instruksi dan lainnya.

- ***Method productivity delay model (MPDM)***

Method productivity delay model (MPDM) adalah teknik untuk mengukur, memprediksi dan memperbaiki produktivitas suatu metoda konstruksi dengan mengidentifikasi *delay* yang terjadi pada beberapa siklus suatu operasi (Tanne et al., 2024).

MPDM diterapkan pada 4 tahap, terdiri atas pengumpulan data, pengolahan data, penyusunan data, serta implementasi data. Tahap pengumpulan data harus didahului dengan menjelaskan tiga konsep dasar MPDM. Konsep-konsep tersebut yaitu pengertian dari:

1. Unit produksi

Unit produksi adalah didasarkan pada model yang akan diukur, diramal dan diperbaiki produktivitasnya.

2. Siklus produksi

Siklus produksi maksudnya ialah sebagai waktu diantara kejadian-kejadian yang berurutan dari setiap unit produksi. Siklus ini harus

merupakan satu kesatuan yang dengan mudah dapat diatur dan mewakili dari masing-masing produktivitas metode yang diamati.

3. Sumber daya utama dari metode

Sumber daya utama, ialah konsep dasar yang sulit dimengerti dan hanya mudah digunakan dari banyak orang yang telah terbiasa dengan proses metode MPDM saja. Ini merupakan dasar yang paling mendasar digunakan dalam metode konstruksi. Sumber daya ini menyatakan produktivitas dari modal secara langsung bahwa jika sumber daya ini dirubah dalam jumlah, akan merubah produktivitasnya tak peduli pada jumlah kehadiran atau kekurangan efisiensi langsung dan tak peduli pada jumlah atau perbaikan pada sumber daya lainnya.

Terdapat lima faktor tipe penundaan yang dipertimbangkan didalam menentukan produktivitas dalam MPDM ialah sebagai berikut.

1. Lingkungan (*Environment*)

Penundaan yang berkaitan dengan lingkungan dapat dicontohkan seperti perubahan cuaca, keramaian pada lingkungan sekitar, pergantian lokasi tumpukan material dan adukan spesi, dan gangguan yang terjadi akibat orang luar yang mengunjungi proyek sehingga mengganggu kelancaran pekerjaan.

2. Tenaga Kerja (*Labor*)

Penundaan yang berhubungan dengan tenaga kerja adalah pekerja satu menunggu pekerja yang lainnya, pekerja yang istirahat sebelum waktunya, pekerja yang tidak produktif karena tidak memiliki pengalaman dan pengetahuan mengenai pekerjaan yang bersangkutan seperti mengobrol yang membuang waktu pekerjaan dan merokok.

3. Peralatan (*Equipment*)

Penundaan yang berhubungan dengan peralatan adalah pengoperasian alat yang kurang dari kemampuan tingkat produksinya atau rusak.

4. Manajemen

Penundaan yang berhubungan dengan manajemen adalah perencanaan yang bersifat kurang baik, yang dilihat dari segi tenaga kerja ataupun

material. Misalnya diperintah meninggalkan suatu pekerjaan untuk mengerjakan pekerjaan yang lain.

5. Material

Penundaan yang berhubungan dengan material adalah tidak tersedianya material yang dibutuhkan, adanya kerusakan material dan terdapat material yang rusak atau cacat. Pendekatan untuk perhitungan produktivitasnya yaitu sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas Keseluruhan} = \frac{1}{\text{Rata-rata Waktu siklus keseluruhan}} \quad (2.3)$$

$$\text{Produktivitas Ideal} = \frac{1}{\text{Rata-rata Waktu siklus tak tertunda}} \quad (2.4)$$

$$\text{Siklus Produksi tak tertunda} = \frac{\text{Waktu siklus produksi} - \text{rata waktu tak tertunda}}{n} \quad (2.5)$$

$$\text{Siklus Produksi Keseluruhan} = \frac{\text{Waktu siklus produksi} - \text{rata waktu tak tertunda}}{n} \quad (2.6)$$

$$\text{Produktivitas Keseluruhan} = \text{Produktivitas ideal} \times (1 - \text{Een} - \text{Eeq} - \text{Ela} - \text{Emt} - \text{Emm}) \quad (2.4)$$

Dimana:

- Een = perkiraan % penundaan akibat lingkungan/ 100
- Eeq = perkiraan % penundaan akibat peralatan/ 100
- Ela = perkiraan % penundaan akibat tenaga kerja/ 100
- Emt = perkiraan % penundaan akibat material/ 100
- Emm = perkiraan % penundaan akibat manajemen/ 100

II.4.3.2 *Discrete method*

Discrete method (Metode Diskret) adalah pendekatan yang melibatkan pengamatan pada interval waktu tertentu atau dalam bentuk sampel-sampel diskret. Dalam metode ini, pengamatan dilakukan pada titik-titik waktu tertentu atau dalam periode waktu tertentu.

- ***Work sampling***

Work sampling adalah metode pengamatan acak (*random*) untuk mendapatkan informasi tentang aktivitas yang dilakukan. Ini memungkinkan peneliti untuk

mendapatkan fakta tanpa perlu untuk merekam segala sesuatu dan semua orang setiap saat (Tanne et al., 2024). Pengambilan sampel dilakukan dengan mengkategorikan kegiatan sampel dari Angkatan kerja dan menggunakannya untuk memproyeksikan kategori kegiatan untuk seluruh tenaga kerja.

Work sampling memiliki prinsip-prinsip tertentu dalam menjalankannya yaitu :

- a. Pengamat harus dapat dengan cepat mengidentifikasi individu dari sampel untuk dapat digolongkan.
- b. Sampel yang diamati tidak boleh kurang dari 384 pengamatan.
- c. Sampel terkumpul dari bermacam-macam bagian siklus tenaga kerja untuk memastikan setiap unit mempunyai kesempatan yang sama untuk diamati.
- d. Di kelompok besar manapun, sebuah sampel diambil secara acak yang akan mewakili sebagian atau seluruh karakteristik dari kelompok tersebut. Dengan kata lain sebuah sampel tidak boleh menunjukkan kondisi atau situasi khusus yang akan memberikan dampak bagi yang akan diamati.
- e. Untuk menghindari prasangka, pencatatan harus dilakukan secara cepat dan tanpa ragu-ragu seperti apa yang dilihat pertama kali.

Tujuan utama dari setiap rencana peningkatan hasil kerja adalah dengan meningkatkan jumlah pekerja yang terlibat dalam kategori pekerjaan efektif. Tetapi beberapa pekerjaan kontribusi penting dan diperlukan, sehingga membuat beberapa pengecualian untuk pekerjaan kontribusi termasuk penting saat melaporkan keseluruhan kinerja yang sama. Sebagian mengatakan bahwa pengecualian tidak dapat diberikan karena pekerjaan kontribusi tidak terlibat langsung dengan hasil akhir.

Labor Utilization Rate (LUR) adalah nilai efektivitas tenaga kerja yang didapat dari penjumlahan pengamatan antara *effective activities* dan $\frac{1}{4}$ *contributory activities*, lalu dibagi dengan total pengamatan yang dilakukan. Dimana nilai LUR yang normal pada pekerjaan proyek konstruksi adalah sekitar 40%-60%. Sehingga faktor utilitas pekerja pada LUR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Faktor utilitas pekerja} = \frac{\text{Waktu bekerja efektif} + \frac{1}{4} \text{waktu bekerja kontribusi}}{\text{Pengamatan total}} \times 100 \quad (2.7)$$

$$\text{Pengamatan total} = \text{waktu efektif} + \text{waktu kontribusi} + \text{waktu tidak efektif} \quad (2.8)$$

- **Five minute rating**

Five minute rating adalah metode yang efektif digunakan untuk melakukan evaluasi kerja secara umum. Metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang dilakukan dalam periode yang singkat, dengan jumlah pengamatan biasanya terlalu kecil untuk memberikan reliabilitas statistic dari sampel pekerjaan. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk menumbuhkan kesadaran pada pihak manajemen tentang keterlambatan dalam suatu pekerjaan, mengukur efektivitas pekerja, menunjukkan dimana pengamatan perencanaan yang lebih menyeluruh dan terperinci dapat menghasilkan penghematan.

Five minute rating hanya mengklasifikasikan pekerja dalam keadaan *working* dan *not working*, jika *delay* yang terjadi kurang dari 50% dari interval waktu pengamatan maka dikategorikan sebagai *working*, namun jika *delay* lebih dari 50% interval waktu pengamatan dikategorikan sebagai *not working*. Setiap kru minimal diamati selama lima menit.

$$\text{Five minute rating} = \frac{\text{Jumlah pengmatan yang bekerja}}{\text{Jumlah total pengamatan}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Jika hasil pengamatan *working* lebih dari 50% waktu pengamatan, maka pengamatan dikatakan mencapai efektif atau memuaskan.

II.4.4 Analisis Data Produktivitas

II.4.4.1 Method productivity delay model (MPDM)

Analisis data produktivitas dengan MPDM dimulai dengan menghitung total waktu produktif dan tidak produktif, yaitu waktu yang digunakan untuk aktivitas yang memberikan nilai tambah dan waktu yang hilang karena penundaan. Data penundaan dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab utama penundaan dan mengukur dampaknya terhadap produktivitas. Berdasarkan analisis ini, area yang memerlukan perbaikan diidentifikasi untuk mengurangi penundaan dan meningkatkan produktivitas (Sumarningsih et al., 2016).

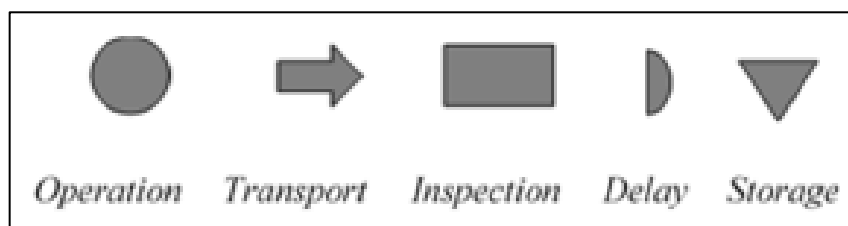
II.4.4.2 Cycle chart

Cycle chart digunakan untuk menggambarkan satu siklus operasi pekerjaan, dengan langkah-langkah sebagai berikut: 1) Menghitung durasi setiap siklus operasi, 2)

Mengambil durasi rata-rata dari setiap tugas dalam operasi dan memilih siklus yang paling mendekati nilai rata-rata tersebut, 3) Melakukan analisis perbaikan, dan 4) Membandingkan siklus awal dengan siklus yang telah diperbaiki (Tanne et al., 2024).

II.4.4.3 *Process chart*

Metode *Process chart* dilakukan dengan menyusun daftar langkah-langkah dalam suatu operasi secara kronologis. Biasanya, setiap item dalam daftar ini diberi simbol yang mengklasifikasikannya secara umum (Oglesby, 1989).



Gambar II. 3 Simbol *Process chart*

Sumber: (Oglesby, 1989)

Simbol-simbol dalam *process chart* masing-masing memiliki fungsi khusus, yaitu: 1) Operasi menggambarkan tindakan yang dilakukan pada suatu barang di satu lokasi, 2) Transportasi menunjukkan perubahan lokasi item, 3) Inspeksi menandakan item sedang atau telah diperiksa, 4) Penundaan berarti item dihentikan sementara atau ditahan, dan 5) Penyimpanan menandakan item berada dalam penyimpanan. *Process chart* berfungsi untuk menyusun daftar langkah-langkah logis dalam suatu operasi (Tanne et al., 2024).

II.4.4.4 *Crew balance chart*

Crew balance chart adalah teknik grafis yang digunakan untuk menggambarkan aktivitas berkelanjutan (dengan durasi waktu) dari tenaga kerja individu yang mengerjakan pekerjaan konstruksi berulang. Pembuatan *crew balance chart* dimulai dengan pencatatan waktu kerja untuk setiap pekerja dan peralatan yang digunakan (metode *time studies*). Data yang dicatat ini kemudian digunakan untuk menentukan waktu yang dihabiskan oleh setiap pekerja dan peralatan. Penggunaan kamera video selama pencatatan data merupakan alternatif yang patut

dipertimbangkan karena dapat menunjukkan aliran pekerja, material, dan peralatan (Kelvin & Sulistio, 2018).

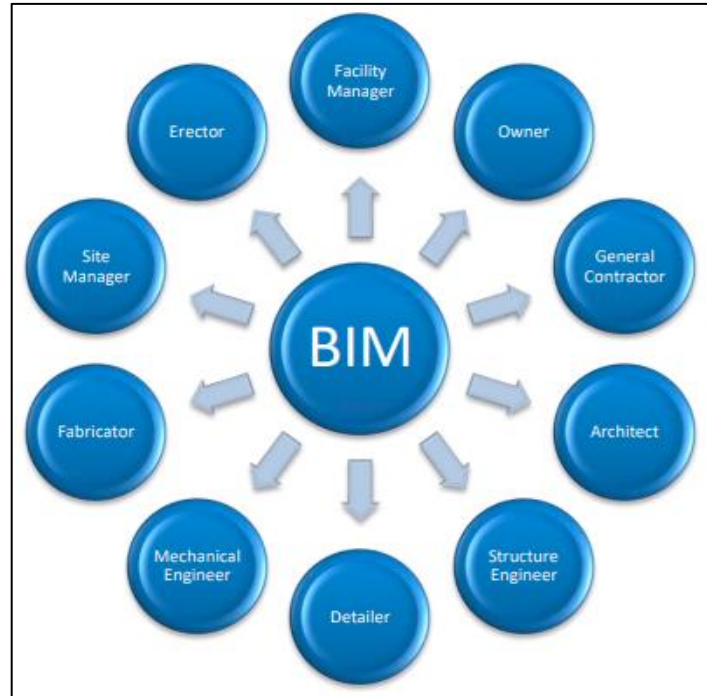
II.5 Building Information Modeling (BIM)

BIM adalah suatu proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu bangunan selama siklus hidupnya. BIM menggunakan *software* 3D, *real-time*, dan pemodelan bangunan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM yang meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan. BIM dapat digunakan untuk menunjukkan segala siklus hidup bangunan siklus hidup termasuk proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Sistem, pemasangan, dan urutan rangkaian dapat ditampilkan dalam skala relatif dengan segala fasilitas atau kelompok fasilitas. BIM menghendaki perubahan pada tahap-tahap arsitektural tradisional dan data share lebih banyak daripada yang digunakan arsitek dan insinyur pada umumnya. BIM dapat digunakan untuk mencapai kemajuan dengan gambar-gambar model dari bagian-bagian sebenarnya yang digunakan untuk membangun suatu gedung. Istilah *Building Information Model* pada dasarnya sama seperti *Building Product Model*, yang telah digunakan oleh Profesor Eastman secara luas dalam buku dan papernya sejak akhir tahun 1970-an. ('*Product Model*' berarti model data atau model informasi dalam bentuk rekayasa). Pelaksanaan pertama BIM dalam konsep *Virtual Building* oleh ArchiCAD Graphisoft pada tahun 1987. 7 *American Institute of Architects* (AIA) telah menetapkan BIM sebagai "sebuah model berbasis teknologi yang terhubung dengan database dari informasi proyek" dan ini mencerminkan kepercayaan umum pada teknologi database sebagai landasan. Di masa depan, dokumen teks terstruktur seperti spesifikasi mungkin dapat dicari dan terhubung pada standart-standart regional, nasional dan internasional (Simantu, 2018).

II.5.1 Model Dimensi (D) dalam BIM

BIM merupakan sistem, manajemen, metode atau urutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan ke dalam model 3 dimensi. Di dalamnya melekat semua informasi bangunan tersebut, yang berfungsi sebagai sarana untuk

membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terkait di dalam proyek seperti konsultan, *owner*, dan kontraktor.



Gambar II. 4 Pihak-pihak yang terkait BIM

Sumber: (PUPR, 2018)

Konsep BIM membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, dan menganalisis dampak potensial (Smith, Deke 2007). BIM berimplikasi memberi perubahan, mendorong pertukaran model 3D antara disiplin ilmu yang berbeda, sehingga proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat dan berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi. (Eastman C., 2008). Dengan menggunakan BIM dapat diperoleh 3D, 4D, 5D, 6D dan bahkan sampai 7D. Dimana 3D berbasis objek pemodelan parametric, 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.

3D	2. Model Kondisi eksisting: a. Laser scanning b. Ground penetration (Konversi Radar (GPR)) 3. Model Logistik dan safety 4. Animasi, rendering, walkthrough 5. BIM Pre-Pabrikasi 6. Laser accurate BIM driven field layout
4D	SCHEDULING 1. Simulasi tahapan proyek 2. Mempelajari penjadwalan: a. Perencanaan akhir b. Just in Time (JIT) mengirim peralatan c. Instalasi simulasi detail 3. Validasi visual untuk persetujuan pembayaran
5D	ESTIMATING 1. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya 2. Ekstrak kuantitas untuk mensupport detail estimasi biaya 3. Trade verification dari model pabrik: a. Struktur baja b. Pembesian c. Mekanikal dan plumbing d. Elektrikal 4. Value Engineering: a. Skenario b. Visualisasi c. Ekstak kuantitas 5. Solusi Pre-fabrication: a. Ruang peralatan b. MEP c. Multi-trade Prefabrication d. Arsitektural unik dan elemen-elemen struktur
6D	SUSTAINABILITY 1. Analisis konsep energi (via Dprofiler) 2. Analisis detail energi (via Eco tech) 3. Sustainable element tracking 4. LEED tracking
7D	APLIKASI FACILITY MANAGEMENT 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 Iend Lease's digital exchange system

Gambar II. 5 Model Dimensi dalam BIM

Sumber: (PUPR,2018)

Dengan demikian, secara umum, BIM didefinisikan pada dua kepentingan yang berbeda, yaitu:

1. Adanya kerjasama antar *Stakeholder*, yang secara efisien bertukar informasi (baik data maupun geometri), berkolaborasi dalam mengefisienkan proses pembangunan/ konstruksi (kesalahan semakin sedikit, konstruksi semakin cepat), Pemodelan 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D, serta simulasinya dan LOD menghasilkan bangunan lebih mudah dioperasikan, serta dapat meminimalisir produksi limbah sekaligus mengeluarkan biaya yang lebih murah. Dengan demikian, kunci BIM tidak hanya ditekankan pada model tiga dimensi akan tetapi bagaimana suatu informasi dikembangkan, dikelola, dibagi, melalui kolaborasi yang lebih baik.
2. BIM juga dapat dilihat sebagai platform perangkat lunak yang memungkinkan untuk mengkoordinasikan atau menggabungkan karya masing-masing

Stakeholder menjadi satu Model Informasi Bangunan berorientasi obyek tiga dimensi (3D) dengan informasi yang melekat di dalamnya (Simantu, 2018).

II.5.2 Level dalam BIM

Teknologi BIM adalah metode kerja kolaboratif berdasarkan generasi dan pertukaran data dan informasi di antara para pemangku kepentingan yang terlibat dalam proyek. Berkat informasi ini, dimungkinkan untuk mengelola seluruh siklus hidup sebuah bangunan, mulai dari ide dan desain hingga penyelesaiannya. Dalam pengertian ini, BIM adalah bagian tak terpisahkan dari proses pengambilan keputusan.

Ada berbagai tingkat kolaborasi bersama dalam sebuah proyek, yang dikenal sebagai tingkat kedewasaan BIM. Model kematangan BIM kemudian dikenal dengan iBIM memiliki 4 tingkatan untuk menilai penerapan BIM, yaitu (Simantu, 2018):

1. Level 0 BIM, berarti bahwa proyek tersebut tidak menggunakan kolaborasi dan memanfaatkan teknik penyusunan CAD 2D berbasis kertas. Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan informasi (produk) dalam bentuk cetakan kertas atau elektronik. Ini adalah level rendah yang jarang digunakan oleh para profesional industri saat ini.
2. Level 1 BIM, melibatkan penggunaan penyusunan 3D CAD dan 2D. Sementara CAD 3D digunakan untuk pekerjaan konseptual, 2D digunakan untuk pembuatan dokumentasi persetujuan dan informasi produk. Pada tingkat ini, berbagi data terjadi secara elektronik menggunakan lingkungan data umum (CDE) yang dikelola oleh kontraktor. Selain itu, standar CAD diatur di bawah Standar Inggris. Pada tingkat ini, tidak ada atau rendahnya kolaborasi antara pemangku kepentingan yang berbeda karena setiap orang membuat dan mengelola datanya sendiri.
3. Level 2 BIM, ditentukan oleh Pemerintah Inggris untuk proyek sektor publik. Tingkat ini mendorong kerja kolaboratif dengan memberikan model CAD 3D masing-masing kepada pemangku kepentingan. Kerja kolaboratif adalah aspek pembeda dari level ini dan Level 2 membutuhkan pertukaran informasi yang

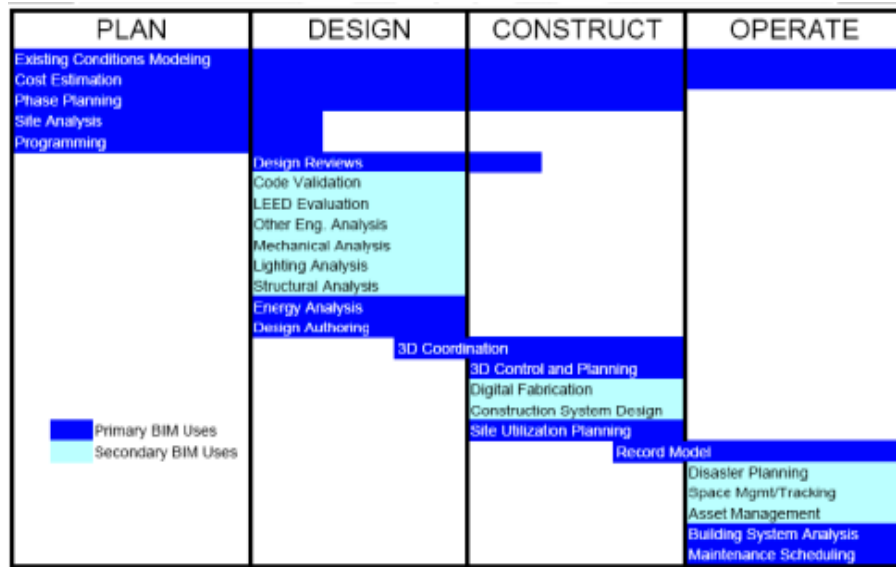
efisien terkait proyek dan koordinasi yang mulus antara semua sistem dan pemangku kepentingan.

4. Level 3 BIM, Sering disebut sebagai 'Open BIM', cakupan Level 3 belum sepenuhnya ditentukan meskipun menjanjikan kolaborasi yang lebih dalam antara semua pemangku kepentingan melalui model bersama yang disimpan di repositori pusat. Konsep level 3 memungkinkan semua peserta untuk mengerjakan model yang sama secara bersamaan yang menghilangkan kemungkinan informasi yang saling bertentangan. Level 3 mengusulkan penggunaan solusi terintegrasi yang dibangun di sekitar standar terbuka seperti IFC di mana satu server menyimpan semua data proyek.

Teknologi BIM merupakan teknologi yang secara luas digunakan oleh perusahaan AEC di seluruh dunia, termasuk di negara berkembang. Kajian kematangan BIM di negara berkembang untuk mengetahui seberapa dalam penggunaan teknologi BIM pada perusahaan *Architecture*, perusahaan *Structural Engineering*, perusahaan *Quantity Surveying*, dan perusahaan *Facility Management* telah dilakukan di Nigeria. Tingkat kematangan dari perusahaan tersebut dapat diketahui untuk data digunakan untuk mengkaji strategi ke depan untuk pengembangan BIM di Nigeria. Model kematangan BIM menjelaskan tingkat kematangan yang berkaitan tingkat kolaborasi pihak yang terlibat dalam proyek. Ada beberapa konsep kematangan dalam BIM yang telah dikaji baik untuk penerapan pada proses perencanaan sampai operasional dan pemeliharaan ataupun untuk sektor renovasi (Simantu, 2018).

II.5.3 Manfaat BIM dalam *Project Life Cycle*

Menurut (Wibowo, 2021) ada banyak kegunaan dari BIM untuk setiap proyek, seperti gambar dibawah ini:



Gambar II. 6 Manfaat BIM dalam PLC

Sumber: (Wibowo, 2021)

Selama tahap desain penggunaan BIM dapat mengurangi dampak buruk terhadap proyek karena kemampuan menghitung biaya proyek yang baik. BIM memberikan solusi sebelum masalah mengakibatkan permasalahan yang berdampak pada biaya proyek yang tinggi. Hal ini dapat diwujudkan melalui kerjasama dan koordinasi dari seluruh staf proyek, oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki kerjasama yang baik. Menggunakan BIM terutama meningkatkan upaya kolaborasi dari tim proyek. Arsitek dan insinyur dapat menguji ide-ide desain mereka termasuk analisis energi. Manajer konstruksi dapat memberikan *constructability*, *sequencing*, *value* dan *engineering reports*. BIM juga bisa memulai koordinasi 3D antara subkontraktor dan vendor selama tahap-tahap awal desain. Pemilik proyek dapat secara visual melihat desain yang diinginkan. Secara keseluruhan, BIM mempromosikan kolaborasi semua peserta proyek.

Berikut manfaat BIM (BIM) dalam setiap tahapan PLC:

1. Tahap Perencanaan

Selama tahap perencanaan, BIM memungkinkan integrasi data yang lebih baik antara berbagai aspek proyek seperti desain, estimasi biaya, dan jadwal. Dengan menggunakan BIM, tim proyek dapat menghasilkan rencana yang lebih rinci dan realistis, yang membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum konstruksi dimulai.

2. Tahap Desain

Dalam tahap desain, BIM memfasilitasi kolaborasi yang lebih baik antara tim desain dan pemangku kepentingan proyek. BIM memungkinkan para desainer untuk membuat model yang lebih akurat dan memfasilitasi analisis yang lebih rinci, seperti analisis struktural dan simulasi energi. Hal ini membantu dalam mengoptimalkan desain proyek dan mengurangi kemungkinan revisi selama konstruksi.

3. Tahap Konstruksi

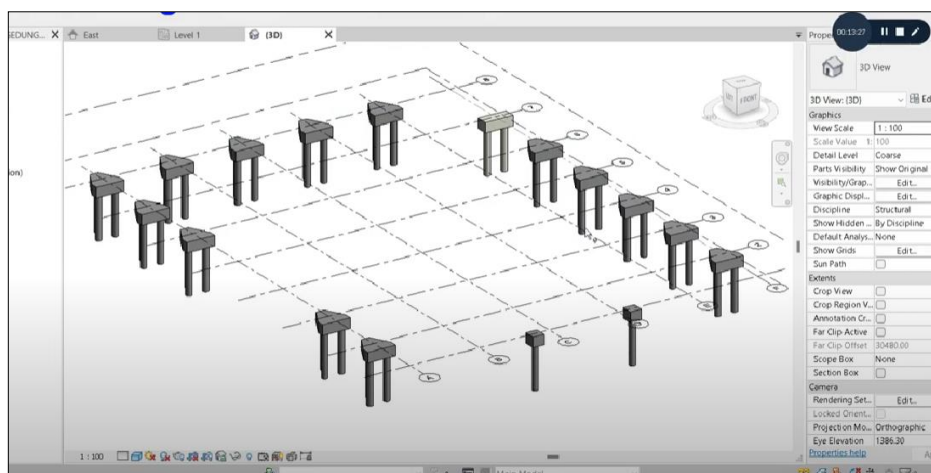
Selama tahap konstruksi, BIM digunakan untuk mengkoordinasikan aktivitas lapangan dan memfasilitasi manajemen risiko proyek. Penggunaan BIM pada tahap konstruksi dapat mengurangi konflik antara berbagai disiplin teknis dan meningkatkan efisiensi konstruksi. Ini membantu dalam mengurangi biaya dan waktu proyek secara keseluruhan.

4. Tahap Operasi dan Pemeliharaan

Setelah proyek selesai, model BIM tetap berguna dalam manajemen fasilitas dan pemeliharaan. BIM dapat digunakan untuk memperbarui informasi fasilitas, memfasilitasi pemeliharaan rutin, dan mengidentifikasi area di mana perbaikan diperlukan. Ini membantu dalam memastikan bahwa fasilitas tetap beroperasi secara efisien dan aman.

II.6 Software BIM

II.6.1 Autodesk Revit (Pemodelan Operasi Konstruksi)

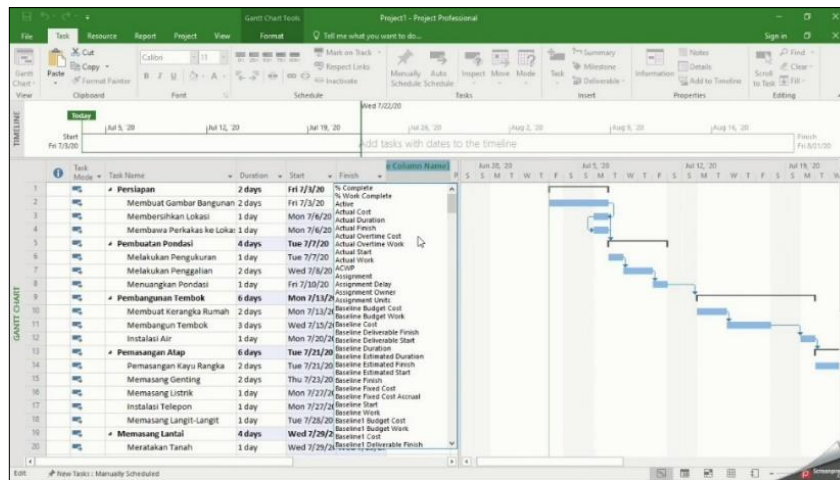


Gambar II. 7 Autodesk Revit

Sumber: (Youtube Dani Hamdani, 2020)

Autodesk Revit merupakan perangkat lunak BIM (BIM) yang digunakan untuk desain MEP (arsitektur, struktural, mekanikal elektrik dan plumbing). Perangkat lunak ini berguna dalam melakukan perancangan bangunan dan struktur dengan memodelkan komponen-komponen ke dalam model 3D serta bersamaan dengan gambar 2D juga. Penggunaan lebih jauh dapat berupa merencanakan penentuan tahapan perencanaan berdasarkan elemen bangunan dan dapat memberikan informasi Quantities Schedule.

II.6.2 *Microsoft project* (Penjadwalan)



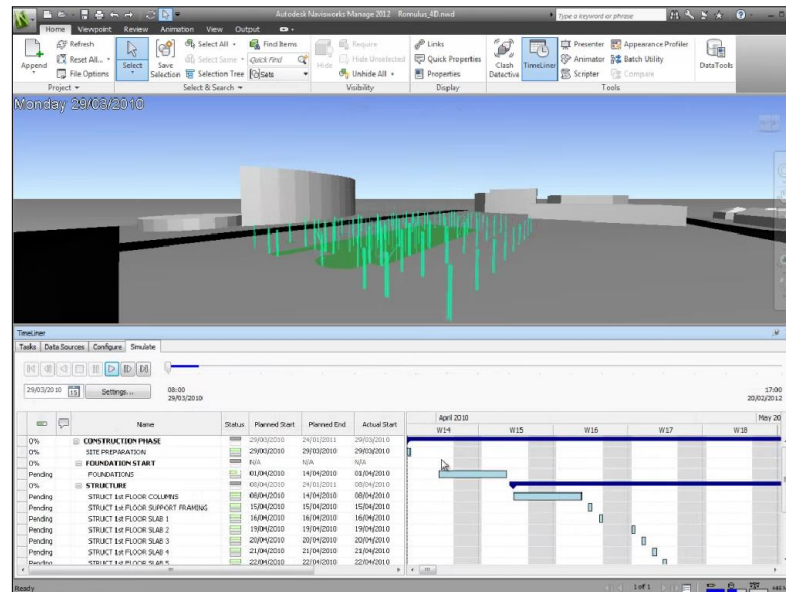
Gambar II. 8 *Microsoft project*

Sumber: (Youtube Jesi Rahayusinta, 2020)

Software *Microsoft project* adalah aplikasi yang digunakan untuk mengolah dan mengelola proyek konstruksi khususnya dalam perencanaan pekerjaan dan waktu suatu kegiatan dalam proyek konstruksi, *Microsoft project* mampu menampilkan atau memantau dan mengevaluasi suatu proyek yang sedang berjalan sesuai dengan tahapannya. Software ini dapat memberikan unsur-unsur manajemen proyek yang sempurna dengan mengkolaborasikan kemudahan dalam penggunaan, kemampuan dan fleksibilitas sehingga dapat meningkatkan produktivitas dengan mengintegrasikan beberapa program sejenis dengan *Microsoft Office* dalam pembuatan laporan, pengendalian perencanaan dan sebagai sarana yang fleksibel. Metode kerja *Microsoft project* mampu membuat jalur kritis berdasarkan prioritas (Critical Path) ditampilkan dalam Gantt Chart, mengelola durasi dan penjadwalan antar aktivitas, mengelola hubungan antar aktivitas, menentukan milestone dan constraint dari sebuah proyek, melakukan tracking pada jadwal proyek,

menentukan target proyek. Output dari software *Microsoft project* ini berupa tampilan tabel, grafik Gantt Chart, kemajuan dan optimasi proyek dan dapat berkolaborasi dengan Software Office lainnya.

II.6.3 Autodesk Naviswoks (Simulasi)



Gambar II. 9 Autodesk Naviswoks

Sumber: (Youtube BIM Media, 2021)

Naviswoks merupakan sebuah aplikasi yang membantu dalam proses desain dan scheduling sebuah pekerjaan arsitektural, struktur, mekanikal, elektrik dan plumbing yang bekerja dalam sebuah proyek. Fitur yang didapat pada Naviswoks adalah *clash detection*, *timeliner*, *animator*, *quantification workbook*, dll. Sebuah model 3D yang sangat dioptimalkan dengan digabungkan ditinjau secara interaktif, divisualisasikan dan dianalisis dengan berbagai cara untuk memvalidasi desain dan memberikan prediktabilitas untuk konstruksi dan pengoperasian.

II.7 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang sejenis mencakup analisis produktivitas operasi dan simulasi menggunakan teknologi BIM:

Tabel II. 2 Penelitian Terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul	Lokasi Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Eko Yulianto (2020)	Analisis Tingkat Produktivitas Pekerjaan Pemasangan Rangka Atap Baja	Gedung FIAI UII, Universitas Islam Indonesia	Analisis Produktivitas	MPDM (<i>Method productivity delay model</i>) & <i>Work sampling</i> dengan pendekatan <i>Productivity Rating</i>	MPDM menunjukkan produktivitas per jam untuk tukang 1-8: 2,94 m ² / jam, 6,60 m ² / jam, 5,87 m ² / jam, 6,60 m ² / jam, 7,49 m ² / jam, 2,20 m ² / jam, 8,37 m ² / jam, 2,05 m ² / jam. Hasil <i>Work sampling</i> menunjukkan bahwa 70% tukang memiliki nilai LUR yang normal, dengan rentang antara 31,51% dan 69,80% (Yulianto, 2020).
2	Fahtmayonei Hermando (2021)	Analisis Tingkat Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai	<i>Apartement</i> Yudhistira	Analisis Produktivitas	<i>Field Rating</i> , <i>Five minute rating</i> , <i>Productivity Rating</i>	Analisis produktivitas harian tenaga kerja pada pekerjaan pembesian pelat lantai menunjukkan hasil positif yaitu <i>Field Rating</i> 81.46% (>60%), <i>Five minute rating</i> 72.81% (>50%), <i>Productivity Rating</i> (berdasarkan <i>Labour Utilization Rate</i>) 57.13% (>50%) (Hermando, 2021).
3	Samsudin (2021)	Analisis Produktivitas Tukang Pada Pemasangan Batu Bata Menggunakan <i>Method productivity delay model</i>	Perumahan Vasana <i>Residence</i>	Analisis Produktivitas	MPDM	Produktivitas 3 tukang dalam 4 pengamatan pemasngan batu bata tukang 1 sebesar 10,0170 m ² / hari tukang 2 sebesar 7,8300 m ² / hari tukang 3 sebesar 8,7480 m ² / hari rata-rata peroduktivitas 3 tukang 8,8650 m ² / hari (Samsudin, 2021).

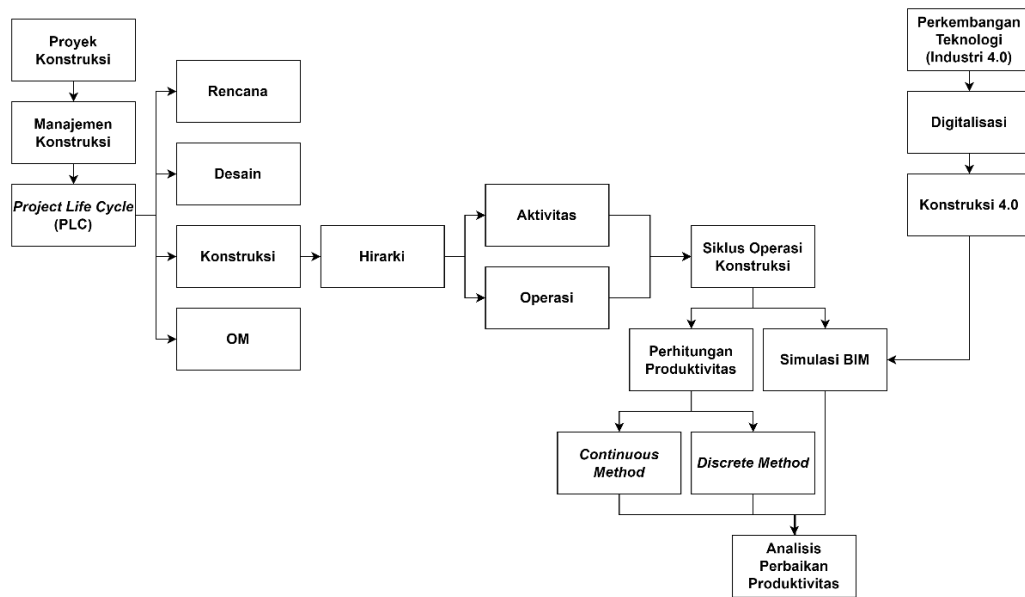
No	Penulis dan Tahun	Judul	Lokasi Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Cahyo Kurnia Sandi, Ndaru Cahyono Ibnu Toto Husodo, Putri Anggi (2020)	Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode <i>Time studies</i> pada Pekerjaan Kolom (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi Pasar Johar Kota Semarang)	Pasar Johar Kota Semarang	Analisis Produktivitas	<i>Time studies</i>	Nilai rata-rata produktivitas pekerja untuk pekerjaan <i>chipping</i> kolom adalah 7,36 m ² / OH, penulangan kolom 42,81 kg/ OH, bekisting kolom 14,47 m ² / OH, <i>grouting</i> kolom 0,41 m ³ / OH, pemasangan FRP kolom 4,40 m ² / OH. Lalu untuk pekerjaan <i>chipping</i> cendawan 6,65 m ² / OH, penulangan cendawan 21,87 kg/ OH, bekisting cendawan 5,16 m ² / OH, <i>grouting</i> cendawan 0,36 m ³ / OH, pemasangan FRP cendawan 5,70 m ² / OH (Husodo & Anggi, 2020).
5	Moreira Braz Napoleão, Mulyadi Lalu, Iskandar Tiong (2019)	<i>Analysis of the Productivity of a Mason in the Work of the Red Brick Wall in the St.Thomas Aquinas Chapel Development Project</i>	Kapel St, Institut Teknologi Nasional Tomas Aquinas Malang	Analisis Produktivitas	MPDM	Rata-rata produktivitas tukang batu ideal untuk pekerjaan tukang batu adalah 1.544 m ² / jam. Tingkat Produktivitas Keseluruhan para tukang batu adalah 1,7403 m ² / jam dan rata-rata nilai koefisien produktivitas tukang batu adalah 0,1110 OH sedangkan SNI-nya 0,1 OH (Napoleão et al., 2019)
6	Yongki Alexander Tanne, Andhyka Putra Pratama, Reza Rahardian (2024)	Analisis Produktivitas Operasi Pemasangan Balok Baja (Studi Kasus: Pembangunan Kampus II Universitas Pasundan)	Kampus II Universitas Pasundan	Analisis Produktivitas	<i>Continuous Method</i> (MPDM, <i>Time studies</i>), <i>Discrete method</i> (<i>Work sampling, Five minute rating</i>)	Produktivitas pemasangan balok baja mencapai 62% pelaksanaan dan 38% <i>delay</i> . Meski cukup baik, masih ada ruang untuk peningkatan. Preventif <i>delay</i> peralatan dan peningkatan efisiensi pekerja bisa meningkatkan produktivitas dari 10,36 menit/ unit menjadi 6,25 menit/ unit (Tanne et al., 2024).

No	Penulis dan Tahun	Judul	Lokasi Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
7	Rofiq Maulana, Febriyanti Maulina, Noer Fadhly (2023)	BIM (BIM) 4D pada Proyek Pembangunan Gedung Pusat Pelayanan Syariat Islam dan Keistimewaan Aceh	Gedung Pusat Pelayanan Syariat Islam dan Keistimewaan Aceh	Simulasi BIM 4D	Revit, Naviswoks, Microsoft project, Lumion	Software Naviswoks mengintegrasikan <i>Network Planning</i> dari <i>Microsoft project</i> untuk membuat <i>Time Liner</i> atau Pertumbuhan Proyek 4D. Model 3D yang dihasilkan dari BIM 4D di render menggunakan Lumion, dengan kolaborasi antar <i>software</i> untuk pembuatan model dan <i>rendering</i> (Maulana et al., 2023)
8	M. Ammar Alzarrad, Gary P. Moynihan, Aakash Parajuli and Mayuri Mehra (2021)	<i>4D BIM Simulation Guideline for Construction Visualization and Analysis of Renovation Projects: A Case Studies</i>	H.M. Comer Hall	Simulasi BIM 4D	CAD, Revit, Naviswoks	<i>Paper</i> ini memberikan langkah-langkah untuk mengekstraksi informasi dari model 2D dan mengubahnya menjadi model 4D. <i>Paper</i> ini membuka peluang penerapan pedoman renovasi pada bangunan. Analisis kasus menunjukkan visualisasi 4D proses renovasi Aula selama proyek berlangsung (Alzarrad et al., 2021)
9	Harsha Vardhan Tirunagari, Venkatesh Kone (2019)	<i>Simulation of Construction Sequence using BIM 4D Techniques</i>	-	Simulasi BIM 4D	Revit, Naviswoks	Penelitian ini menyoroti pentingnya simulasi 4D dalam meningkatkan perencanaan prakonstruksi dengan visualisasi proses konstruksi secara berurutan. Sementara itu, BIM di industri konstruksi mendukung pengiriman proyek yang terpadu dengan melibatkan semua pemangku kepentingan, mulai dari awal hingga akhir, untuk hasil yang lebih optimal (Tirunagari & Kone, 2019)

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis tingkat produktivitas dalam pekerjaan konstruksi serta untuk mengeksplorasi penerapan BIM guna meningkatkan efisiensi manajemen proyek. Salah satunya adalah penelitian oleh Eko Yulianto pada tahun 2020 tentang analisis produktivitas pemasangan rangka atap baja di Gedung FIAI UII, Universitas Islam Indonesia, menggunakan Metode Produktivitas *Delay Model* (MPDM) dan *Work sampling* dengan pendekatan *Productivity Rating*. Hasilnya menunjukkan variasi produktivitas antara tukang. Sementara itu, penelitian oleh Rofiq Maulana, Febriyanti Maulina, dan Noer Fadhly pada tahun 2023 membahas penerapan BIM 4D pada proyek Gedung Pusat Pelayanan Syariat Islam dan Keistimewaan Aceh, menggunakan perangkat lunak seperti *Revit*, *Navisworks*, *Microsoft project*, dan *Lumion*. Hasilnya menunjukkan bahwa BIM memungkinkan pemangku kepentingan untuk memvisualisasikan perkembangan proyek secara detail dan mengidentifikasi potensi perubahan atau konflik yang mungkin terjadi. Dengan demikian, penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa analisis produktivitas dan penerapan BIM memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam industri konstruksi. Penelitian ini akan menggabungkan kedua pendekatan ini dengan menganalisis produktivitas pekerjaan konstruksi dan mensimulasikannya menggunakan BIM, untuk mencapai efisiensi yang lebih besar dalam manajemen proyek konstruksi.

II.8 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka berfikir yaitu landasan konseptual yang digunakan untuk mengorganisir, memahami, dan menganalisis informasi atau masalah yang kompleks. Dengan menggunakan kerangka berfikir, seseorang dapat mengidentifikasi hubungan antara berbagai konsep atau elemen yang terlibat dalam suatu konteks tertentu, serta memandangnya dari berbagai sudut pandang (Ibrahim et al., 2024). Berikut adalah kerangka berpikir dari penelitian ini:



Gambar II. 10 Kerangka Pikir Penelitian

Penelitian ini merangkum berbagai aspek dimulai dari proyek konstruksi, penelitian ini menyoroti pentingnya manajemen konstruksi yang efektif dalam mengatur dan mengelola aspek dari PLC, salah satunya pada pelaksanaan konstruksi. Tahap konstruksi pada penelitian ini berada pada tahap aktivitas dan operasi yang diuraikan untuk memahami urutan dan keterkaitan antara tugas-tugas yang harus diselesaikan. Siklus operasi konstruksi menjelaskan tahapan yang terjadi dalam setiap tahap pekerjaan. Perhitungan produktivitas pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu *Continuous Method* dan *Discrete method*. Kedua metode ini memungkinkan evaluasi yang mendalam terhadap kinerja proyek.

Dalam konstruksi 4.0, pemanfaatan teknologi BIM menjadi alat yang sangat berguna dalam simulasi progres pekerjaan secara virtual. Dengan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dan efisiensi, tim proyek dapat mengidentifikasi potensi perbaikan, termasuk peningkatan koordinasi atau perubahan dalam metode kerja.