

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **II.1 Manajemen Proyek**

Menurut (Dimiyati & 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 (Soeharto, 1999). 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 (Dimiyati & 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 aktivitas yang dapat direncanakan, yang didalamnya menggunakan sumber-sumber daya (*inputs*) misalkan: uang, tenaga kerja serta peralatan konstruksi untuk mendapatkan manfaat (*benefits*) atau hasil (*returns*) dimasa yang akan datang, aktivitas proyek ini mempunyai saat mulai (*starting point*) dan saat berakhir (*ending point*).

Menurut (Gray, dkk, 1993) menyatakan bahwa proyek adalah kegiatan-kegiatan yang dapat direncanakan dan dilaksanakan dalam satu bentuk kesatuan dengan menggunakan sumber-sumber daya untuk mendapatkan manfaat (*benefit*).

Menurut (Tarore, 2002), Proyek adalah suatu kegiatan yang berlangsung dalam waktu tertentu dengan alokasi sumber daya terbatas untuk melaksanakan tugas yang telah ditetapkan.

Menurut (Dimiyati, 2014), beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk memahami arti proyek, yaitu sebagai berikut:

- a. Tujuan: proyek adalah aktivitas yang berlangsung dalam kurun waktu tertentu dengan hasil akhir tertentu.
- b. Kompleksitas: proyek biasanya melibatkan beberapa fungsi organisasi, karena diperlukan bermacam-macam keterampilan dan bakat dari berbagai disiplin dalam menyelesaikan pekerjaan dalam proyek.
- c. Keunikan: suatu proyek adalah pekerjaan yang sekali terjadi, tidak pernah terulang dengan persis sama.
- d. Tidak permanen: proyek merupakan aktivitas temporer. Organisasi sementara dibentuk untuk mengelola personalia, material, dan fasilitas untuk mencapai tujuan tertentu, biasanya dalam jadwal tertentu, dan sekali tujuan tercapai, organisasi akan dibubarkan dan dibentuk organisasi baru untuk mencapai tujuan lain lagi.
- e. Ketidakbiasaan: proyek biasanya menggunakan teknologi baru dan memiliki elemen yang tidak pasti dan berisiko.
- f. Siklus hidup: proyek adalah proses bekerja untuk mencapai tujuan, selama proses proyek akan melewati beberapa fase yang disebut siklus hidup proyek.

### **II.2.1 Studi Kelayakan Proyek**

Studi kelayakan proyek merupakan suatu studi untuk menilai proyek yang akan dikerjakan di masa mendatang. Penilaian disini tidak lain adalah untuk memberikan rekomendasi apakah sebaiknya proyek yang bersangkutan layak dikerjakan atau sebaiknya ditunda dulu. Mengingat di masa mendatang penuh dengan ketidakpastian, maka studi yang dilakukan tentunya akan melibatkan berbagai aspek dan membutuhkan pertimbangan-pertimbangan tertentu untuk memutuskannya (Febriyan et al, 2017).

Secara umum aspek-aspek yang dikaji dalam studi kelayakan meliputi:

1. Aspek Hukum,
2. Aspek Sosial Ekonomi dan Budaya,
3. Aspek Pasar dan Pemasaran,
4. Aspek Teknis dan Teknologi,
5. Aspek Manajemen,
6. Aspek Keuangan,

### **II.2.2 Perencanaan Konstruksi**

Perencanaan (*planning*) merupakan tindakan pengambilan keputusan yang mengandung data dan informasi ataupun fakta kegiatan yang akan dipilih dan akan dilakukan pada masa mendatang. Perencanaan proyek adalah celah pertama pada langkah-langkah, sumber daya, dana dan jadwal yang diinginkan untuk menyelesaikan proyek. Perencanaan adalah tahapan dalam manajemen proyek yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran, sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administrative untuk diimplementasikan. (Dimiyati, 2014).

Menurut (Alfa A, 2018) Tahapan konstruksi dapat di bedakan atas berikut ini:

- a. Pra Konstruksi, dimana pada tahapan ini terdapat kegiatan seperti studi kelayakan, survey lokasi, perencanaan (DED), lelang pengadaan barang/jasa, dan persiapan dokumen lainnya yang berkaitan dengan persiapan konstruksi.
- b. Konstruksi, pada tahapan ini proses pembangunan konstruksi dimulai yaitu diawali dengan pembersihan lokasi, pengukuran, pemasangan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan mekanikal dan elektrikal,

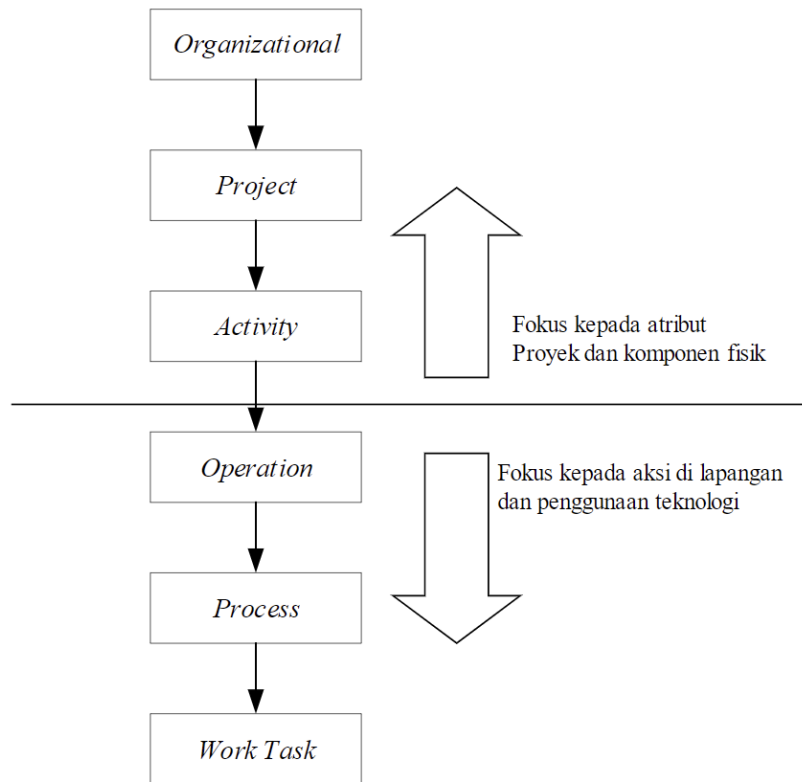
pekerjaan *Finishing* dan pekerjaan pembangunan utilitas bangunan (jika diperlukan) serta beberapa pekerjaan tambahan. Pada tahapan konstruksi ini dapat digolongkan pada 2 jenis kegiatan yaitu pekerjaan minor dan pekerjaan mayor. Pada tahapan ini akan melibatkan orang banyak dengan berbagai disiplin ilmu yang berbeda pula.

- c. Pasca Konstruksi, pada tahapan ini adalah dimana hasil pembangunan digunakan (operasi) sebagaimana mestinya dan tentunya akan diadakan perbaikan pada bagian-bagian yang memerlukan. Ada kalanya dilakukan perbaikan secara mayor, jika konstruksi yang ada dipandang perlu dilakukan perbaikan baik secara berkala maupun insidental akibat bencana.

### **II.2.3 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 (Halpin dan Riggs, 1992).

Hirarki proses konstruksi secara berurutan terdiri dari *organizational* (organisasi), *project* (proyek), *activity* (aktivitas), *operation* (operasi), *process* (proses), dan *work task* (tugas). (Halpin, 1992).



**Gambar II. 1** Hirarki Proses Konstruksi

Sumber: (Halpin, 1992)

Pada setiap tingkat hirarki konstruksi, memiliki proses yang spesifik sesuai tingkatannya. Berikut proses pada setiap tingkatan proses konstruksinya (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. *Task*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada identifikasi porsi tugas pekerja di lapangan.

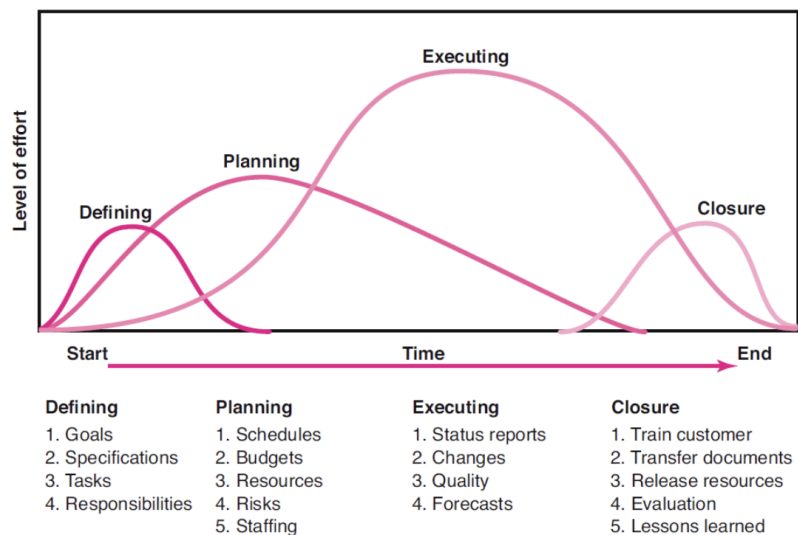
## II.3 Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah suatu proses pengelolaan pekerjaan pelaksanaan pembangunan fisik yang ditangani secara multi disiplin 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)

Menurut (Dimiyati & Nurjaman, 2014), siklus proyek ialah suatu penggambaran proses berjalannya sebuah proyek mulai dari tahap perencanaan, pengontrolan, sampai tahap pengawasan sejak proyek tersebut disepakati hingga proyek selesai.



**Gambar II. 2** Fase Project Life Cycle

Sumber: (Daddey n.d, 2023)

Terdapat tahapan kegiatan utama yang dilakukan dalam siklus hidup proyek yaitu (Dimiyati & Nurjaman, 2014):

1. Tahap inisiasi

Tahap Inisiasi proyek merupakan tahap awal kegiatan proyek sejak sebuah proyek disepakati untuk dikerjakan. Pada tahap ini, permasalahan yang ingin diselesaikan akan diidentifikasi.

2. Tahap Perencanaan

Ketika ruang lingkup proyek telah ditetapkan dan tim proyek terbentuk, maka aktivitas proyek mulai memasuki tahap perencanaan. Pada tahap ini, dokumen perencanaan akan disusun secara terperinci sebagai panduan bagi tim proyek selama kegiatan proyek berlangsung.

3. Tahap Eksekusi (Pelaksanaan Proyek)

Dengan definisi proyek yang jelas dan terperinci, maka aktivitas proyek siap untuk memasuki tahap eksekusi atau pelaksanaan proyek. Pada tahap ini, *deliverables* atau tujuan proyek secara fisik akan dibangun.

4. Tahap Penutupan

Tahap ini merupakan akhir dari aktivitas proyek. Pada tahap ini, hasil akhir proyek (*deliverables project*) beserta dokumentasi diserahkan kepada pelanggan, kontak dengan supplier diakhiri, tim proyek dibubarkan dan memberikan laporan pada *stakeholder* yang menyatakan bahwa kegiatan proyek telah selesai dilaksanakan.

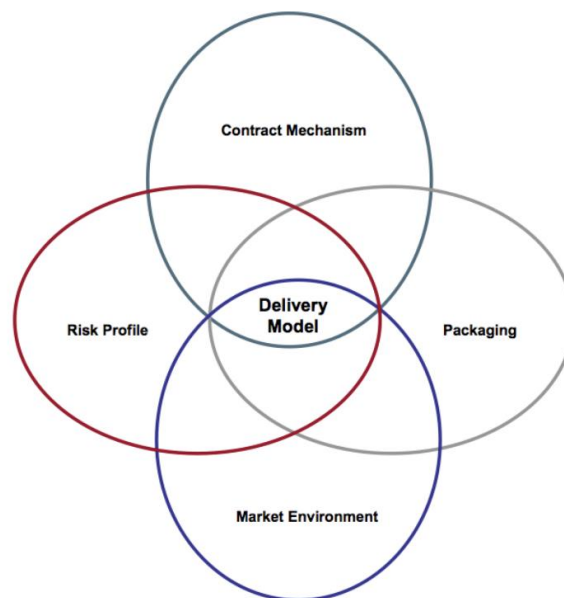
### **II.3.2 Project Delivery**

*Project Delivery Method* (PDM) 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 fasilitas (Alberto & Liman, 2012).

Metode ini memberikan realisasi tujuan utama proyek melalui peningkatan faktor-faktor seperti waktu dan biaya dan menciptakan kondisi untuk komunikasi yang terbuka dan efisien di antara pemangku kepentingan proyek, dan menciptakan bidang yang saling menguntungkan (Chan et al., 2004). Metode *Integrated Project Delivery* (IPD) juga berperan penting dalam kriteria biaya, terutama dalam

penghematan energi dan keberlanjutan (Azhar, 2014). Salah satu faktor penting dalam penerapan metode *Integrated Project Delivery* IPD adalah kepemimpinan yang baik, kepercayaan, rasa hormat, hubungan kerja yang sesuai dan tingkat partisipasi tim yang tinggi (El Asmar & Hanna, 2012).

*Department of Main Road, Queensland Government* menggunakan analisis resiko/*risk profile* untuk menentukan model pengadaan. Pemerintah tersebut menggunakan faktor profil resiko, mekanisme kontrak, kondisi pasar, dan *packaging* dalam memilih model pengadaan dalam pembangunan jalannya (N Faizal, AH Nasution, 2014).



**Gambar II. 3** Faktor yang mempengaruhi pemilihan model pengadaan jalan *Queensland Government*

Sumber: (N Faizal, AH Nasution, 2014)

Sistem pengadaan konstruksi ke dalam (Masterman, 2002):

1. Sistem pengadaan terpisah (*separated procurement system*) yang merupakan sistem konvensional di mana implementasi proyek yang meliputi perencanaan dan pembangunan berada di bawah tanggung jawab organisasi yang berbeda seperti konsultan perencana dan kontraktor, sementara klien adalah semua anggota dari tim proyek yang menangani dan bertanggungjawab untuk pendanaan dan pengoperasian fasilitas



2. Sistem pengadaan terintegrasi (*integrated procurement systems*), di mana satu organisasi (biasanya, tapi tidak selalu adalah kontraktor) bertanggungjawab untuk kegiatan disain dan konstruksi, antara lain *design build* dan *turnkey*.
3. Sistem pengadaan yang diorientasikan pada pengelolaan (*managementorientated procurement systems*), di mana pengelolaan proyek dilakukan oleh sebuah organisasi yang bekerja dengan desainer dan konsultan lain untuk menghasilkan desain dan mengelola operasi fisik yang dilakukan oleh kontraktor, misalnya *construction management contract*.

Jenis *Project Delivery Methods* (PDM) (SE Sugianto et al, 2022):

1. *Single General Contractor*

Struktur organisasi ini ditandai dengan adanya pemisahan kontrak antara *owner* dengan konsultan dan *owner* dengan *general contractor*. Pada PDM ini, general kontraktor juga dapat berkontrak dengan subkontraktor namun subkontraktor tidak berkontrak pada *owner* (Erviyanto, 2005). Menurut Bolpagni (2013), kelebihan *single general contractor* bagi *owner* adalah kontrol penuh atas detail desain dan tawaran harga kompetitif terendah. Sedangkan, kekurangan *single general contractor* adalah durasi proyek lebih lama karena proses konstruksi dimulai setelah desain selesai 100% dan risiko *owner* lebih tinggi karena pendekatan kontraktor melalui biaya terendah.

2. *Multiple Prime*

Menurut *The Construction Management Association of America* (2012), *owner* berkontrak langsung kepada konsultan dan beberapa kontraktor khusus sesuai keahlian masing-masing berdasarkan pendekatan penawaran yang kompetitif. Sehingga, *owner* harus memiliki kontrol dan tanggung jawab yang besar terhadap seluruh tahapan konstruksi (Kuprenas dan Rosson, 2012). Kelebihan dari *multiple prime* adalah adanya kesempatan untuk mempercepat tahapan konstruksi sebelum penyelesaian desain 100%, namun *owner* harus memikul tanggung jawab koordinasi antar pihak kontraktor (*The Construction Management Association of America*, 2012).

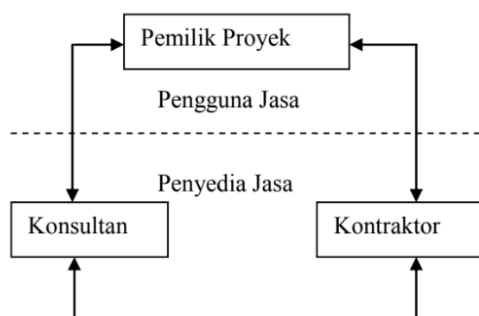
### 3. *Design Build Design build*

Ditandai dengan kontrak tunggal antara *owner* dengan satu perusahaan design build, yang mengerjakan mulai dari perencanaan, penerapan, dan pengendalian seluruh proyek (Carpenter dan Bausman, 2016). Tim *design build* bertanggung jawab penuh atas semua aspek pembiayaan sesuai pekerjaan yang telah disepakati (Fong dkk, 2014). Menurut Pooyan (2012), kelebihanannya pada durasi proyek berkurang karena *overlapping* antara pekerjaan konstruksi dan desain dan adanya integrasi pengetahuan konstruksi ke fase desain. Sementara, kekurangan bagi *owner* adalah kendali proyek yang terbatas/keterlibatan lebih minim dan tidak menerima penghematan biaya selama proses konstruksi.

### II.3.3 *Stakeholder*

Menurut (Rokhlinasari, 2016), *Stakeholder* adalah setiap kelompok atau individu yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh pencapaian tujuan organisasi. Menurut (Lindawati & Puspita, 2015) menyatakan bahwa dalam teori *stakeholder*, 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.

Seluruh *stakeholder* mempunyai hak untuk disediakan informasi tentang bagaimana kegiatan organisasi memengaruhi mereka, bahkan mereka memilih untuk tidak menggunakan informasi tersebut dan bahkan ketika mereka tidak bisa secara langsung melakukan peran konstruktif dalam kelangsungan hidup organisasi (Yamin., 2013)



**Gambar II. 4** Pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi

Sumber: (Ervianto, 2005)

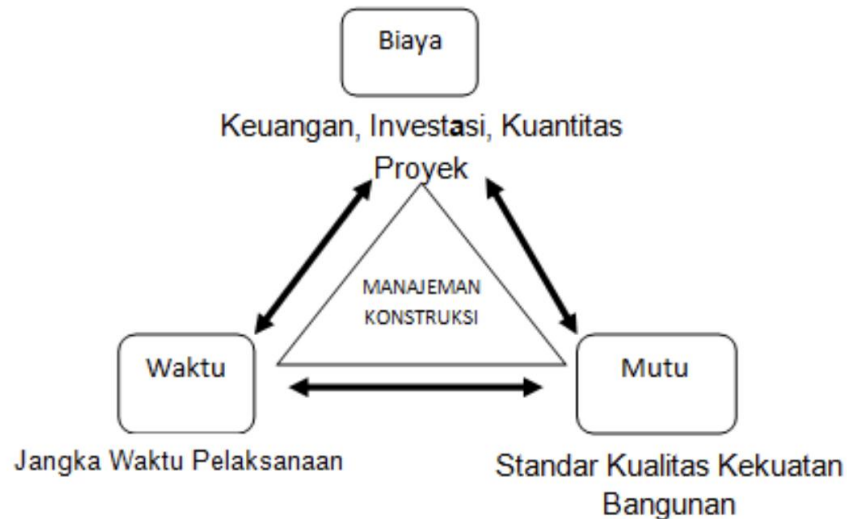
- a. **Pemilik Proyek (*Owner*)**  
Pemilik Proyek (*Owner*) adalah nama atau istilah dari amerika utara yang artinya pemilik suatu proyek (F Ahmad, 2021).
- b. **Konsultan Perencana**  
Adalah perusahaan atau lembaga yang memberikan jasa dalam merencanakan suatu bangunan dalam bentuk design secara teknik beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan pelaksana dalam bidang administrasi maupun kerja dalam bidang teknik (F Ahmad, 2021).
- c. **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 (F Ahmad, 2021).
- d. **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 (Triana & Oktavianto, 2013).

#### **II.3.4 Pengendalian Proyek Konstruksi**

Pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan tujuan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan, kemudian melakukan tindakan koreksi yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan (R.J Mockler, 1972).

Keterlibatan perencanaan yang baik diperoleh dari segi waktu, biaya, dan lingkup proyek untuk mewujudkan tujuan dan sasaran yang tepat bagi kontraktor maupun kepuasan pemilik proyek. Penjadwalan pada proyek sangat diperlukan sebagai alat untuk menentukan waktu yang dibutuhkan kapan mulai dan selesainya setiap kegiatan-kegiatan tersebut. Dan dapat mengetahui perkembangan dalam proyek apakah terlalu lambat dalam menyelesaikan atau melebihi target, dalam proyek

dibuatlah manajemen proyek dengan melalui metode network planning, bar chart, dan curva S (Esfianto et al, 2020).



**Gambar II. 5** Hubungan *Triple Constraint*

Sumber: (Lasari dan Sumarman, 2020)

Pengendalian waktu merupakan salah satu aspek yang terpenting pada manajemen suatu proyek, dimana waktu yang sudah digunakan dan yang akan digunakan harus seefektif dan seefisien mungkin. Pengendalian waktu juga harus disertai dengan pengendalian biaya, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu dan biaya. Hubungan antara waktu dan biaya sangat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek (Maya Massie et al, 2022).

Menurut (Soeharto, 1999) Pengendalian biaya merupakan salah satu aspek yang terpenting pada manajemen suatu proyek. dimana biaya yang mungkin timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya juga harus disertai dengan pengendalian waktu karena terdapat hubungan yang erat antara waktu dan biaya. Hubungan antara waktu dan biaya sangat penting dalam perencanaan suatu proyek.

Pengendalian mutu merupakan proses yang sangat penting, dimana menjamin bahwa hasil yang sesungguhnya sesuai dengan hasil yang direncanakan. Pengendalian mutu juga merupakan usaha sistematis untuk menentukan standar hasil yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang metode pelaksanaan, membandingkan pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan koreksi

yang diperlukan agar sumber daya dapat digunakan dengan efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran (Maya Massie et al, 2022).

Konsep *earned value* merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu. Konsep *earned value* menyajikan tiga dimensi yaitu penyelesaian fisik dari proyek (*the percent complete*) yang mencerminkan rencana penyerapan biaya (*budgeted cost*), biaya aktual yang sudah dikeluarkan atau yang disebut dengan *actual cost* serta apa yang yang didapatkan dari biaya yang sudah dikeluarkan atau yang disebut *earned value*. Dari ketiga dimensi tersebut, dengan konsep *earned value*, dapat dihubungkan antara kinerja biaya dengan waktu yang berasal dari perhitungan varian dari biaya dan waktu (Fleming & Koppelman, 1994).

Ada tiga elemen dasar yang menjadi acuan dalam menganalisa kinerja dari proyek berdasarkan konsep *earned value* (Priyo & Adi, 2008). Ketiga elemen tersebut adalah:

a. *Budgeted cost for work scheduled* (BCWS)

BCWS merupakan anggaran biaya yang dialokasikan berdasarkan rencana kerja yang telah disusun terhadap waktu. BCWS dihitung dari akumulasi anggaran biaya yang direncanakan untuk pekerjaan dalam periode waktu tertentu. BCWS pada akhir proyek (penyelesaian 100 %) disebut *Budget at Completion* (BAC). BCWS juga menjadi tolak ukur kinerja waktu dari pelaksanaan proyek. BCWS merefleksikan penyerapan biaya rencana secara kumulatif untuk setiap paket-paket pekerjaan berdasarkan urutannya sesuai jadwal yang direncanakan.

b. *Actual cost for work performed* (ACWP)

ACWP adalah representasi dari keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu. ACWP dapat berupa kumulatif hingga periode perhitungan kinerja atau jumlah biaya pengeluaran dalam periode waktu tertentu.

c. *Budgeted cost for work performed* (BCWP)

BCWP adalah nilai yang diterima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. BCWP inilah yang disebut *earned value*. BCWP ini dihitung

berdasarkan akumulasi dari pekerjaan-pekerjaan yang telah diselesaikan. Ada beberapa cara untuk menghitung BCWP diantaranya: *Fixed formula, Milestone weights, Milestone weights with percent complete, Unit complete, Percent complete dan Level of effort.*

#### **II.4 Perkembangan Teknologi Konstruksi**

Konsep teknologi manajemen konstruksi adalah metode atau teknik dalam pengelolaan sumber daya secara efektif yang digunakan dalam operasi bisnis konstruksi pada suatu perusahaan dalam berkompetisi. Metode dan teknik yang dimaksud adalah terdiri dari empat komponen utama, yaitu: *technoware (equipment, tools, dan machines), humanware (manpower), infoware (documented facts), orgaware (organizational framework)*. Kata konstruksi untuk frase teknologi manajemen konstruksi bermakna segala hal yang berhubungan dengan konstruksi. Hal tersebut dikarenakan, dalam menjalankan operasi bisnis konstruksi, manajer (eksekutif) terhubung dengan *stakeholder* secara luas yang terkait dengan bisnis konstruksi. (Arman Jayady, 2018). Teknologi Konstruksi diartikan sebagai koleksi dari perkakas (*tools*), peralatan (*equipment/machinery*), material, *software*, dan metoda/teknik pelaksanaan konstruksi.

Perkembangan teknologi konstruksi 1.0 ditandai dengan produksi energi dari sumber air dan tenaga uap sebagai sumber mekanik produksi energi (Klinc & Turk, 2019). Sebagian besar berorientasi pada tenaga kerja, dengan tidak banyak disiplin ilmu khusus yang sangat umum saat ini. Desain dan arsitektur, manajemen proyek dan lainnya dikerjakan oleh sekelompok orang yang sama. Hanya dengan peralatan sederhana yang digunakan oleh tenaga kerja untuk pembangunan proyek konstruksi (Rastogi, 2015).

Pada Konstruksi 2.0 mulai dikenalkan produksi massal dengan penggunaan listrik (Nowotarski & Paslawski, 2017). Mesin-mesin yang menggunakan tenaga listrik dapat beroperasi secara lebih efisien dibandingkan tenaga manusia. Pada konstruksi 2.0 ini beberapa peralatan yang menggunakan mesin sudah diterapkan, tetapi pekerjaan di lokasi di dominasi oleh tenaga kerja (Hatfina, 2020). Proses produksi menjadi relatif mudah, menghasilkan produktivitas massal mesin-mesin yang

dibantu tenaga kerja dan akibatnya dalam pembentukan kelas menengah sosial dengan kesejahteraan ekonomi (Klinc & Turk, 2019).

Pada konstruksi 3.0 mulai mengubah dari analog ke mesin digital yang menjadi kenyataan dengan menerapkan inovasi teknologi ke dalam prosedur dan rantai pasokan (Hatfina 2020). Revolusi industri ke-3 terkait dengan penemuan teknologi informasi dan pengenalan teknologi ke dalam produksi serta penggunaan otomatisasi dalam proses (Nowotarski & Paslawski, 2017). Teknologi arsitektur dan perancangan sudah mengembangkan BIM 2D dan BIM 3D dan juga penerapan konsep Lean mulai diperkenalkan untuk sistem produksi yang mengeliminasi *waste* (Rastogi, 2015).

Perkembangan Konstruksi 4.0 dikembangkan dari revolusi industri 4.0 dan yang telah berkembang dengan sukses di sektor manufaktur dan memerlukan penggabungan dunia fisik dan virtual menggunakan *Internet of Things*, simulasi dan virtualisasi (Temidayo, 2018). Dilihat dari sudut pandang teknis, industri konstruksi 4.0 dapat digambarkan sebagai peningkatan digitalisasi dan otomatisasi lingkungan untuk memungkinkan komunikasi antar semua pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi (Hatfina, 2020). Penggerak utama konstruksi 4.0 adalah berbagai teknologi digital dan interaksinya satu sama lain. Penelitian yang ada telah mencatat baik adopsi teknologi dan konsep dari berbagai sektor dan teknologi khusus industri sebagai pendorong yang signifikan (Karmakar & Delhi, 2021).

#### **II.4.1 Digitalisasi Konstruksi**

Menurut (Jung, 2013) "Digitalisasi Konstruksi" sebagai teknologi pabrik konstruksi yang berpusat pada mesin untuk diterapkan sistem robotik di bidang konstruksi. Pekerjaan mereka menunjukkan digitalisasi konstruksi membutuhkan penyesuaian substansial jadwal konstruksi dan pergeseran sumber proyek. Sejak konsep Industri 4.0 telah diperkenalkan sebagai istilah populer untuk digitalisasi dan digitalisasi lingkungan manufaktur, definisi digitalisasi konstruksi telah diperluas hingga mencakup pemodelan informasi dan digitalisasi (Oesterreich, 2016).

Teknologi digital diadopsi dalam upaya untuk meningkatkan profil keberlanjutan dan produktivitas industri jasa konstruksi, diharapkan dapat mendukung

pelaksanaan, pengadaan dan kegiatan-kegiatan konstruksi (H Elmunsyah & D Kustono, 2022)

#### **II.4.2 Otomatisasi Konstruksi**

Otomatisasi Robotika Konstruksi (ORK) juga didefinisikan sebagai teknologi yang berfokus untuk mengaplikasikan sistem robot pada konstruksi (A. Seyrfar et al, 2022).

Penerapan ORK dapat mendukung pembangunan berkelanjutan pada beberapa aspek diantaranya: aspek ekonomi (mengurangi *human error* dan *waste* konstruksi, sehingga tercapai penurunan biaya dan efisiensi), aspek lingkungan (pengurangan waste dan durasi proyek sehingga mengurangi dampak lingkungan selama proses konstruksi), dan aspek sosial (mengurangi kecelakaan kerja, perbaikan lingkungan kerja dengan optimalisasi layout dan kebersihan proyek, kepuasan kerja dan hasil pembangunan yang berkualitas). (M. Tafazzoli, 2022)

#### **II.4.3 Building Information Modeling (BIM)**

*Building Information Modeling* (BIM) merupakan suatu sistem terintegrasi dalam bidang arsitektur, teknik dan konstruksi yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keberhasilan proyek. Peningkatan dan keberhasilan proyek ini diwujudkan oleh BIM melalui sistemnya yang berupa konsep alur kerja berbasis model 3 dimensi dimana system ini memberikan hubungan antar komponen-komponen suatu proyek konstruksi (Borrmann et al, 2018). Terhubungnya berbagai komponen disuatu proyek konstruksi memberikan berbagai keuntungan seperti estimasi biaya yang lebih cepat dan akurat, mengurangi durasi proyek, mempermudah pendeteksian masalah serta hal lainnya.

BIM dapat menampilkan informasi-informasi menggunakan tiga dimensi secara *real-time*, *software* bangunan pemodelan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam membangun desain dan konstruksi. (Hutama & Sekarsari, 2018).

BIM memiliki lebih banyak tawaran untuk proyek konstruksi ketika perspektif siklus hidup diadopsi, diskusi tentang implementasi dan adopsi BIM dalam literatur telah diperluas mencakup tema yang lebih luas termasuk pengembangan



pendidikan dan kurikulum, kolaborasi proyek, interoperabilitas melalui fondasi industri kelas (IFC), pengiriman proyek terintegrasi, estimasi biaya, konstruksi ramping dan manajemen aset (Yalcinkaya & Singh, 2015).

Oleh karena itu, BIM memiliki peran utama dalam mengoordinasikan dan mengintegrasikan pertukaran informasi dan pengetahuan antara berbagai disiplin ilmu dan fase dalam proyek. Penggunaan BIM dalam proyek konstruksi memberikan manfaat untuk meningkatkan kualitas produk dan memungkinkan desain bangunan lebih berkelanjutan (Eastman, et al. 2011). Berdasarkan survei yang dilakukan di AS dan Inggris, termasuk manfaat BIM adalah kreativitas, keberlanjutan, peningkatan kualitas, pengurangan sumber daya manusia (SDM), serta pengurangan biaya dan waktu (Yan & Demian 2008).

Dasar pemikiran BIM adalah kolaborasi oleh pemangku kepentingan yang berbeda pada berbagai fase siklus hidup pelaksanaannya dari mulai memasukkan data, mengekstrak, memperbaharui atau memodifikasi informasi dalam BIM untuk mendukung dan mewakili peran dari pemangku kepentingan tersebut. Manfaat paling besar dalam penggunaan BIM adalah pengurangan biaya, penghematan waktu, dan kontrol yang lebih efisien di seluruh siklus hidup proyek (Bryde, et al. 2013).

#### **II.4.4 Peran BIM terhadap *Sustainability***

*Building Information Modeling* (BIM) adalah teknologi digital yang memungkinkan para profesional dalam industri konstruksi untuk mengintegrasikan data dan informasi proyek dalam satu model. BIM dapat memainkan peran penting dalam mendukung prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dalam proyek konstruksi. Dimensi 6D BIM merupakan bagian dari dimensi *pada Building Information Modeling* (BIM) yang mewujudkan dari analisis pada suatu bangunan yang berkaitan dengan keberlanjutan (*sustainability*) dari suatu *project* yang akan dibangun. 6D BIM berguna untuk desain bangunan hijau karena dapat membantu untuk menguji, menganalisis, dan mengembangkan alternatif desain (Yudi A et al, 2020) mengintegrasikan lingkungan dan membantu melakukan analisis konsumsi energi, efisiensi, kesehatan, keselamatan, dan keberlanjutan (Putera, I, 2022).

Dengan adanya dimensi 6D pada BIM, maka dalam memperhitungkan informasi-informasi yang terdapat pada model *project* seperti geometri *project* (bentuk, *layout*), properti fisik dari material (lapisan dinding, *thermal properties*, *visual properties*) jenis ruang/*space* di dalam bangunan, jalur pergerakan matahari, dan pola angin dapat dilakukan dengan lebih efisien dikarenakan saling terintegrasi dengan perencanaan dan keadaan sekitar *project* yang akan dibangun (Yudi A et al, 2020).

Hardin (2009) menetapkan tiga bidang utama desain berkelanjutan yang berhubungan langsung dengan BIM. Bidang-bidang ini adalah pemilihan dan penggunaan material, pemilihan dan pengelolaan lokasi, dan analisis sistem. Selain itu, Krygiel dan Nies (2008) menunjukkan bahwa BIM dapat membantu dalam aspek-aspek desain berkelanjutan berikut ini.

1. Menganalisis bentuk bangunan.
2. Mengurangi kebutuhan air dalam bangunan.
3. Mengurangi kebutuhan energi dan menganalisis energi terbarukan seperti energi matahari.
4. Mengurangi kebutuhan material dan menggunakan material daur ulang.

BIM berdampak positif pada tiga pilar keberlanjutan. Pertama, berkaitan dengan aspek ekonomi untuk mengurangi biaya desain dengan meningkatkan manajemen informasi dan meningkatkan koordinasi, sehingga lebih sedikit sumber daya yang terbuang. Kedua, berkaitan dengan aspek sosial, alat berbasis BIM memfasilitasi analisis dan simulasi berbagai parameter, yang dengan alat tradisional akan sangat rumit dan memerlukan entri data secara manual. Analisis kompleks (misalnya siang hari) dapat dilakukan untuk menciptakan kondisi kerja dan kehidupan yang lebih baik, sehingga menambah kenyamanan dan kesejahteraan. Ketiga, berkaitan dengan aspek lingkungan, BIM mendukung sejumlah analisis yang berbeda (Autodesk, 2005). Namun, kapasitasnya untuk meningkatkan kinerja lingkungan akan ditingkatkan melalui integrasi dengan alat khusus lainnya, seperti LCA (*Life Cycle Assessment*).



**Gambar II. 6** *Autodesk Revit*

Sumber: pngwing.com

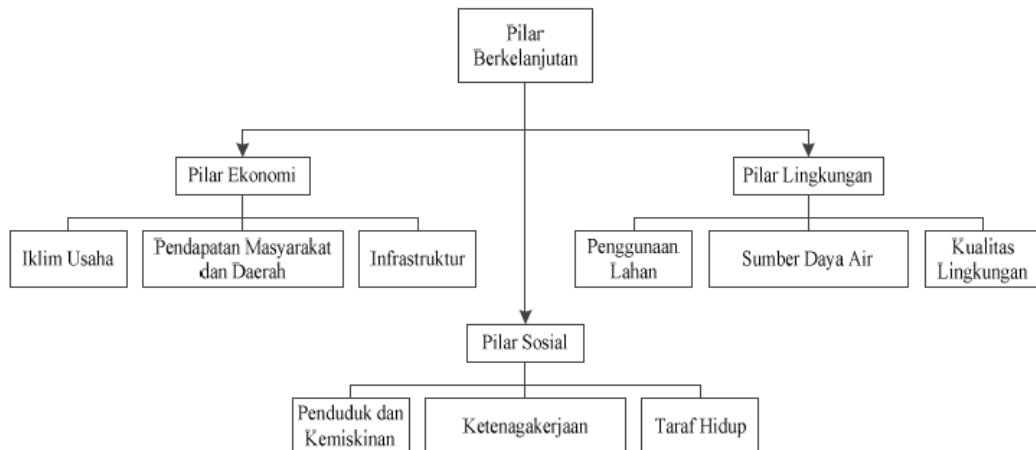
Salah satu *software* BIM yang membantu dalam proses pemodelan adalah *Autodesk Revit*. *Autodesk Revit* adalah salah satu BIM *software* yang membantu tim *Architecture, Engineering, and Construction* (AEC) dalam menciptakan bangunan dan infrastruktur berkualitas tinggi. *Revit* dapat digunakan untuk bentuk pemodelan, struktur, dan sistem 3D dengan akurasi, presisi, dan kemudahan parametrik. *Revit* juga mampu menyederhanakan pekerjaan dokumentasi dengan revisi instan untuk rencana, elevasi, jadwal, dan bagian saat proyek berubah. *Revit* mendukung pemberdayaan multidisiplin tim dengan perangkat khusus dan lingkungan proyek terpadu (Autodesk, 2022). Selain itu *Revit* dapat mendukung penggunaan aplikasi analisis seperti analisis *Green Building*, analisis struktur, *heat load*, dan sebagainya (Sanjaya, 2017). Output yang didapatkan meliputi energi yang dihasilkan pada proyek konstruksi (Wang and Hai, 2013; Huo and Zezhou, 2018; Wu Zezhou and Min, 2016).

## **II.5 Sustainable Development**

Pada tahun 1987, Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan membuat laporan “Masa Depan Kita Bersama” yang mendefinisikan istilah “Pembangunan Berkelanjutan”. Tahun 1992, Konferensi Lingkungan dan Pembangunan yang dilanjutkan dengan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi yang dihadiri oleh 179 Negara (termasuk Indonesia) diselenggarakan sebagai tanggapan terhadap masalah kondisi Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam yang memprihatinkan, antara lain pencemaran, perusakan Lingkungan Hidup serta pemborosan Sumber Daya Alam yang berlangsung secara global. Dalam pertemuan ini disepakati melaksanakan suatu pola pembangunan baru yang diterapkan secara global yang dikenal dengan *Environmentally Sound and Sustainable Development* (ESSD), dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan (PBBL).

Pada tahun 1992, dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi telah dipublikasikan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*)

yang mencakup tiga pilar utama, yaitu: (a) pembangunan ekonomi; (b) pembangunan sosial, dan (c) pelestarian lingkungan hidup. Ketiga pilar tersebut tidak mungkin dipisahkan karena satu sama lain saling terkait dan saling menunjang.



**Gambar II. 7** Tiga Pilar isu Berkelanjutan

Sumber: (Ervianto, W. I, 2019)

Pembangunan berkelanjutan dimaksudkan untuk mengurangi munculnya isu terjadinya efek rumah kaca, pemanasan global dan perubahan iklim, termasuk isu tentang krisis sumber daya alam dan krisis energi. Oleh karena itu hampir semua sektor menerapkan gerakan-gerakan pembangunan hijau seperti *green economy*, *green industry*, *green construction* dan juga *green architecture* (Komalasari, 2014).

### II.5.1 *Sustainability* dalam Siklus Hidup Proyek

Pembangunan berkelanjutan dapat diterapkan pada siklus hidup proyek, Siklus hidup proyek mencakup empat tahap, yaitu perencanaan, desain, konstruksi, serta operasi dan pemeliharaan. Setiap tahap dapat mempengaruhi keberlanjutan proyek, dan implementasi prinsip-prinsip berkelanjutan dalam setiap tahap dapat meningkatkan keberlanjutan proyek secara keseluruhan.

#### 1. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan adalah tahap awal dalam siklus hidup proyek, dimana keputusan strategis dibuat tentang tujuan proyek, lokasi, kelayakan ekonomi serta gambar rencana yang dilengkapi dengan spesifikasi bahan yang akan

digunakan (Ervianto, W.I, 2009) (Ervianto, W.I, 2009). Dalam tahap ini, prinsip-prinsip berkelanjutan dapat diterapkan dengan mempertimbangkan dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi dari proyek. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan analisis dampak lingkungan (AMDAL), serta melibatkan pemangku kepentingan untuk memastikan bahwa tujuan proyek sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan lingkungan.

## 2. Tahap Desain

Tahap desain mencakup aspek-aspek tertentu yang mempertimbangkan dalam pengambilan keputusan awal seperti kualitas desain, rute pengadaan, aksesibilitas dan transportasi, penggunaan lahan dan ekologi, inovasi teknologi berkelanjutan. Adapun prinsip-prinsip dalam tahap desain dengan mempertimbangkan pemilihan material, minimalisasi limbah, efisiensi energi, daur ulang dan penggunaan kembali, dan sebagainya. (Tam and Le 2019).

## 3. Tahap Konstruksi

Tahap konstruksi melibatkan pemilihan dan pengadaan barang, serta rencana pengelolaan lingkungan konstruksi, dalam rencana pengelolaan lingkungan konstruksi mencakup dua bidang seperti rincian lokasi proyek dan lingkungan serta prosedur pengelolaan lokasi. Rincian situs dan lingkungan memberikan informasi tentang kondisi lingkungan seperti topografi, geologi, reseptor ekologi sensitif, layanan bawah tanah, air tanah, dan kondisi kontaminan (Dewan Auckland, 2015). Selain itu, biasanya rencana pengelolaan konstruksi menggambarkan praktik pengelolaan lokasi lingkungan seperti pengendalian dan pemantauan debu, pengendalian dan pemantauan bau, pengendalian dan pemantauan sedimen, penimbunan limbah, pembuangan tanah (Dewan Auckland, 2015).

## 4. Tahap Operasi dan Pemeliharaan

Tahap operasi dan pemeliharaan, ada beberapa faktor utama yang mempengaruhi pemeliharaan gedung: karakteristik bangunan seperti pelayanan bangunan, umur bangunan, luas bangunan, material yang digunakan, desain dan konstruksi bangunan, serta tata letak elemen bangunan.; pemeliharaan faktor-faktor seperti kendala anggaran, kualitas suku cadang dan material dan sebagainya (Perera et al 2016).

Bangunan konstruksi memiliki pengaruh besar terhadap lingkungan, termasuk menghasilkan emisi karbon yang berbahaya. Berdasarkan laporan yang dipublikasikan oleh Perserikatan Bangsa Bangsa (United Nations), berjudul '*Buildings and Climate Change*' menyatakan bahwa 30% sampai 40% energi dipergunakan untuk bangunan. Hal tersebut telah mendorong dikembangkannya standar *green building* dan proses sertifikasinya untuk mengurangi dampak dari pembangunan terhadap lingkungan (Widiati, I R, 2019).

### ***Green Building***

*Green Building* merupakan salah satu konsep yang muncul dalam mendukung pembangunan rendah karbon yakni melalui kebijakan dan program peningkatan efisiensi energi, air dan material bangunan serta peningkatan penggunaan teknologi rendah karbon. Penerapan *Green Building* bukan saja memberikan manfaat secara ekologis, tetapi juga bernilai ekonomis, dengan cara menurunkan biaya operasional dan perawatan gedung. Bangunan ramah lingkungan (*Green Building*) menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 8 tahun 2010 tentang Kriteria dan Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan, adalah suatu bangunan yang menerapkan prinsip lingkungan dalam perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pengelolaannya dan aspek penting penanganan dampak perubahan iklim (Syahriyah D.R, 2017).

Konsep *green building* telah didorong untuk menjadi trend dunia bagi pengembang *property* saat ini. Karena kalau kita tidak fokus pada *green building* maka kita tidak akan memiliki kesempatan untuk mencegah terjadinya perubahan iklim global. Penerapan *green building* mempunyai kontribusi menahan laju pemanasan global dengan membenahi iklim mikro. Poin terbesar dalam penerapan konsep ini adalah penghematan air dan energi. Oleh karena itu, konsep *green building* ini sudah menjadi suatu keharusan dalam dunia konstruksi sejak dua dekade belakangan ini (Massie et al, 2018).

### **II.5.2 Sustainable Construction**

Seiring dengan meningkatnya nilai konstruksi di Indonesia dari tahun ke tahun dan belum diterapkannya pendekatan yang tepat dalam mengelola proyek, akan berpotensi menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan. Hal ini disebabkan

karena proses pengambilan dan pemanfaatan material menjadi tak terkendali terutama untuk material tak terbarukan. Dalam dokumen konstruksi Indonesia 2030, dinyatakan bahwa konstruksi Indonesia mesti berorientasi untuk tidak menyumbangkan terhadap kerusakan lingkungan namun justru menjadi pelopor perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan. Salah satu agenda yang diusulkan adalah melakukan promosi *sustainable construction* untuk penghematan bahan dan pengurangan limbah (bahan sisa) serta kemudahan pemeliharaan bangunan pasca konstruksi (LPJKN, 2007). *Council International du Batiment*, (1994) menyatakan bahwa tujuan *sustainable construction* adalah menciptakan bangunan berdasarkan desain yang memperhatikan ekologi, menggunakan sumberdaya alam secara efisien, dan ramah lingkungan selama operasional bangunan.

Du Plessis & Chrisna (2002) menyatakan bahwa bagian praktik dalam tahap konstruksi adalah *Green Construction* merupakan proses holistik bertujuan untuk mengembalikan dan menjaga keseimbangan antara lingkungan alami dan buatan. *Green construction* didefinisikan “Suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan konstruksi agar tercipta keseimbangan antara daya dukung lingkungan konstruksi dengan kebutuhan proses atau kegiatan konstruksi di masa mendatang” (Ervianto, W.I., 2015).

### ***Green Construction***

Menurut (USEPA, 2010) mendefinisikan *green construction* merupakan praktik membangun dengan menerapkan proses yang memperhatikan lingkungan dan efisiensi sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan dari tapak untuk perencanaan, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi. *Green construction* menurut (Glavinich, 2008) adalah perencanaan dan pengelolaan proyek konstruksi agar supaya pengaruh proses konstruksi terhadap lingkungan seminimal mungkin. (Glavinich, 2008) menyatakan bahwa konsep *green construction* mencakup hal-hal sebagai berikut: perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi, konservasi material, tepat guna lahan, manajemen limbah konstruksi, penyimpanan dan perlindungan material, kesehatan lingkungan kerja,

menciptakan lingkungan kerja yang ramah lingkungan, pemilihan dan operasional peralatan konstruksi, dokumentasi.

Menurut Usman (2010) bahwa penekanan konstruksi hijau di tahapan awal perencanaan adalah pemilihan sistem desain dan penggunaan material bangunan yang ramah terhadap lingkungan dimana menuntut agar nantinya proses konstruksi dapat dilaksanakan dengan tetap memperhatikan keselerasan antara bangunan dan lingkungan serta mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh proses konstruksi itu sendiri.

Adapun aspek-aspek *green construction* yang dapat direncanakan antara lain sebagai berikut (Maulidianti N.A et al, 2021):

1. Tepat Guna Lahan

Aspek ini mendorong manajemen yang baik dalam pengelolaan lahan serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan konstruksi.

2. Efisiensi dan konservasi Energi

Aspek ini mendorong dalam penghematan konsumsi energi dengan melakukan pemantauan pemakaian dan melakukan penerapan langkah-langkah efisiensi energi, serta mengendalikan penggunaan sumber energi yang memberikan dampak terhadap lingkungan.

3. Konservasi Air

Mendorong dalam penghematan pemakaian air dengan melakukan pemantauan pemakaian dan melakukan penerapan langkah-langkah efisiensi dengan cara mengoptimalkan pemakaian air.

4. Manajemen Lingkungan Proyek Konstruksi

Melaksanakan pengolahan sampah selama proses konstruksi dan mendorong mengurangi terjadinya sampah sehingga mengurangi beban TPA (Tempat Pembuangan Akhir Sampah). Selain itu aspek ini juga berupaya untuk mengembangkan kualitas dalam ruangan khususnya aspek pencahayaan, kesejukan ruang serta kualitas udara termasuk dalam pengendalian asap rokok dan kebakaran.

5. Sumber dan Siklus Material



Aspek ini bertujuan untuk merencanakan dan mengoptimalkan penggunaan material untuk mengurangi pemakaian material baru dan penggunaan material ramah lingkungan untuk mengurangi limbah konstruksi.

6. Kesehatan dan kenyamanan di Lokasi Proyek

Melakukan perencanaan dan penerapan sistem kualitas udara dengan upaya menjaga dan meningkatkan kebersihan dan kenyamanan di lingkungan proyek seperti mengurangi dampak asap rokok, debu dari kegiatan konstruksi serta tidak menggunakan material yang dapat membahayakan kesehatan.

### **II.5.3 Penerapan *Sustainable Construction***

Keterkaitan antara konstruksi berkelanjutan dan pembangunan berkelanjutan yaitu, pembangunan konstruksi yang mengintegrasikan lingkungan kerja yang sehat, efisiensi kerja dan kualitas hidup (Abd Jamil & Fathi, 2016) melalui efisiensi proses desain, pengadaan berkelanjutan, dan pelaksanaan konstruksi berkelanjutan (Abrahams, 2017).

Sektor konstruksi memiliki peran penting dalam menyediakan infrastruktur daerah dan permukiman bagi manusia, serta bertanggung jawab atas sejumlah besar penggunaan sumber daya, baik sumber daya yang terkait langsung dengan kegiatan konstruksi, maupun sumber daya lainnya yang turut terkena dampak kegiatan konstruksi, seperti lingkungan, sosio-ekonomi, dan budaya.

Beberapa hasil studi tentang penerapan konsep ‘konstruksi berkelanjutan’ di berbagai negara menunjukkan penekanan yang berbeda-beda, disesuaikan dengan bagaimana konsep tersebut diadopsi untuk kepentingan mendesak di masing-masing negara. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri PUPR 05/PRT/M/2015 telah mengatur konstruksi berkelanjutan pada penyelenggaraan infrastruktur bidang pekerjaan umum dan permukiman.

Hasil penelitian Ervianto (2015) mengkonfirmasi bahwa Indonesia sedang fokus pada pembangunan konstruksi yang berwawasan lingkungan. Adapun beberapa negara lainnya seperti Malaysia menekankan pada pengelolaan limbah konstruksi (Abd Hamid & Kamar, 2012), Sri Lanka pada kebijakan, sumber daya, dan pendidikan (Athapaththu & Karunasena, 2018), Nigeria dan Afrika Selatan pada promosi menggunakan material konstruksi berkelanjutan (Aghimien et al., 2019).

Perencanaan tata letak lokasi konstruksi adalah suatu proses penyusunan rencana dalam penempatan fasilitas atau utilitas proyek yang akan digunakan untuk menunjang kegiatan proyek (Tawfik & Fernando, 2001). Perencanaan ini dilaksanakan oleh pihak kontraktor pra-konstruksi dan disetujui oleh pengawas. Perencanaan utilitas ini penting untuk mencegah penurunan produktivitas, mencegah adanya kerugian material, dan mencegah peningkatan harga transportasi (Tawfik & Fernando, 2001). Perencanaan ini biasanya dibuat dengan mempertimbangkan variabel-variabel proyek dan pengalaman. Dikarenakan belum ada metode pasti dalam merencanakan tata letak utilitas proyek, seringkali apabila metode di atas digunakan akan menimbulkan cukup banyak kerugian (Tawfik & Fernando, 2001).

Perencanaan tata letak konstruksi (*Site Layout*) merupakan tahap awal dari keseluruhan proses konstruksi, dengan tujuannya:

1. Mempersiapkan lokasi agar siap menjadi tempat pelaksanaan kegiatan utama (konstruksi);
2. Lokasi bangunan / konstruksi sementara
3. Posisi akhir bangunan utama (dimensi, geometri, kontur)
4. Memberikan jaminan bahwa semua kebutuhan (sumberdaya: material, peralatan, pekerja, energi, dsb.) tersedia di lokasi dalam jumlah cukup pada waktu yang telah ditetapkan, sesuai penjadwalan sumber daya.
5. Memberikan jaminan keamanan dan keselamatan lokasi dan semua benda dan orang yang berada di lokasi dan di sekitarnya.

Perencanaan tata letak lokasi konstruksi secara signifikan mempengaruhi efisiensi energi dan produksi polusi dalam proyek konstruksi. Perencanaan tata letak lokasi konstruksi adalah bagian penting dari tahap konstruksi dalam siklus hidup bangunan, yang melibatkan koordinasi dan pergerakan material, manusia, dan produk bangunan dalam jumlah besar. Alat berat yang digunakan selama tahap konstruksi dapat menghasilkan emisi yang cukup besar, mulai dari proses penggalian hingga tahap pembongkaran (Sandanayake and Sujeeva, 2016; Sepasgozar et al., 2019). Perencanaan ini biasanya dibuat dengan mempertimbangkan variabel-variabel proyek dan pengalaman. Dikarenakan belum

ada metode pasti dalam merencanakan tata letak konstruksi (*Site Layout*), seringkali apabila metode di atas digunakan akan menimbulkan cukup banyak kerugian (Tawfik & Fernando, 2001). Dalam proses ini, emisi dan polutan lingkungan seperti energi, suhu dan debu (Wang and Hai, 2013; Huo and Zezhou, 2018; Wu Zezhou and Min, 2016). Waktu tempuh alat berat saat bekerja di proyek konstruksi terkait dengan jarak antara tempat parkir mobil dari area utama konstruksi, dan ini secara langsung mempengaruhi emisi karbon selama konstruksi (Avetisyan, et al., 2017; Lu Ming et al., 2019). Strategi pengelolaan energi dan emisi bergantung pada area perakitan, lokasi penyimpanan material, metode pembuatan beton di lokasi, dan kondisi cor di tempat, yang semuanya dipengaruhi oleh rencana tata letak, topografi, aksesibilitas, dan peralatan penanganan yang tersedia di lokasi (Khan et al., 2018; Wang et al., 2005).

#### **A. Faktor-faktor perencanaan *Site Layout***

Adapun beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam perencanaan Tata letak lokasi konstruksi (*Site Layout*) (Cynthia et al, 2019):

##### **1. Konsevasi Energi**

Tata letak lokasi konstruksi (*Site Layout*) hijau harus diatur sesuai dengan persyaratan konservasi energi (Zhang X et al, 2015). Manajer lokasi harus merancang lokasi konstruksi dengan tujuan mencegah erosi tanah, menghindari polusi air, mengurangi polusi udara, menerapkan langkah-langkah pembuangan yang efektif untuk limbah, pembongkaran konstruksi, dan penghematan energi. Beberapa subfaktor lainnya seperti rasio pengoptimalan energi, pemanfaatan fasilitas hemat energi, efektivitas pembuangan limbah dan pengumpulan limbah padat, rasio cakupan hijau dan efektivitas pengendalian debu.

##### **2. Efisiensi Konstruksi**

Tata letak lokasi konstruksi (*Site Layout*) hijau perlu memenuhi banyak persyaratan untuk meningkatkan efisiensi konstruksi, termasuk menghasilkan hasil konstruksi secara tepat waktu, menempatkan fasilitas sementara di lokasi yang sesuai, menghindari penanganan ulang material, dan memperpendek jarak transportasi di lokasi (Su Xing, 2012) serta dapat mempermudah pergerakan personel, material dan peralatan yang efektif (Paul & Taylor, 2008).

Beberapa subfaktor lainnya seperti Efektivitas jalan sementara, integrasi fasilitas konstruksi, efektivitas drainase sementara dan penghematan total biaya transportasi.

3. Pemanfaatan Ruang

Untuk mengukur efisiensi penggunaan ruang. semakin kecil area fasilitas konstruksi sementara, semakin banyak ruang yang tersisa untuk pergerakan fasilitas dan perubahan tata letak (You & Xiao, 2015). Beberapa subfaktor lainnya seperti Fleksibilitas ruang situs, tingkat ruang yang digunakan dan proporsi rata-rata tapak yang ditempati oleh fasilitas konstruksi.

4. Pendekatan dalam perancangan bangunan dengan pengguna

Prinsip ini mencakup pertimbangan faktor-faktor seperti kesehatan, keamanan, aksesibilitas, dan kualitas lingkungan, serta memastikan bahwa lingkungan tersebut memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna (Paul & Taylor, 2008). Beberapa subfaktor lainnya seperti kepuasan dan kenyamanan karyawan dan tindakan manajemen keselamatan.

5. Metode Pelaksanaan Konstruksi

Metode pelaksanaan konstruksi dan fasilitas lokasi yang berbeda diperlukan untuk masing-masing tahapan konstruksi. Rencana tata letak lokasi konstruksi hijau harus memperhatikan sifat dinamis aktivitas lokasi dan menyusun rencana yang seimbang untuk setiap tahapan konstruksi agar transisi antar tahapan dapat berjalan dengan lancar selama periode proyek konstruksi seperti precast atau cor ditempat (Ebeltagi et al, 2004). Beberapa subfaktor lainnya efektivitas rencana jadwal sumber daya dan efektivitas peralihan peralatan.

**B. Komponen dalam perencanaan *Site Layout***

Adapun beberapa komponen dalam perencanaan *Site Layout* (Zhang Jiaying, 2022):

1. *Site Space* (Tempat bekerja, ruangan rapat, ruangan K3).
2. *Boundary* (Pagar, gerbang).
3. *Road* (Jalan Utama, jalur evakuasi).
4. *Facility* (Gudang, bedeng).
5. *Equipment* (Mobile, alat berskala besar).
6. *Material* (Pasir, besi, bata merah dll).

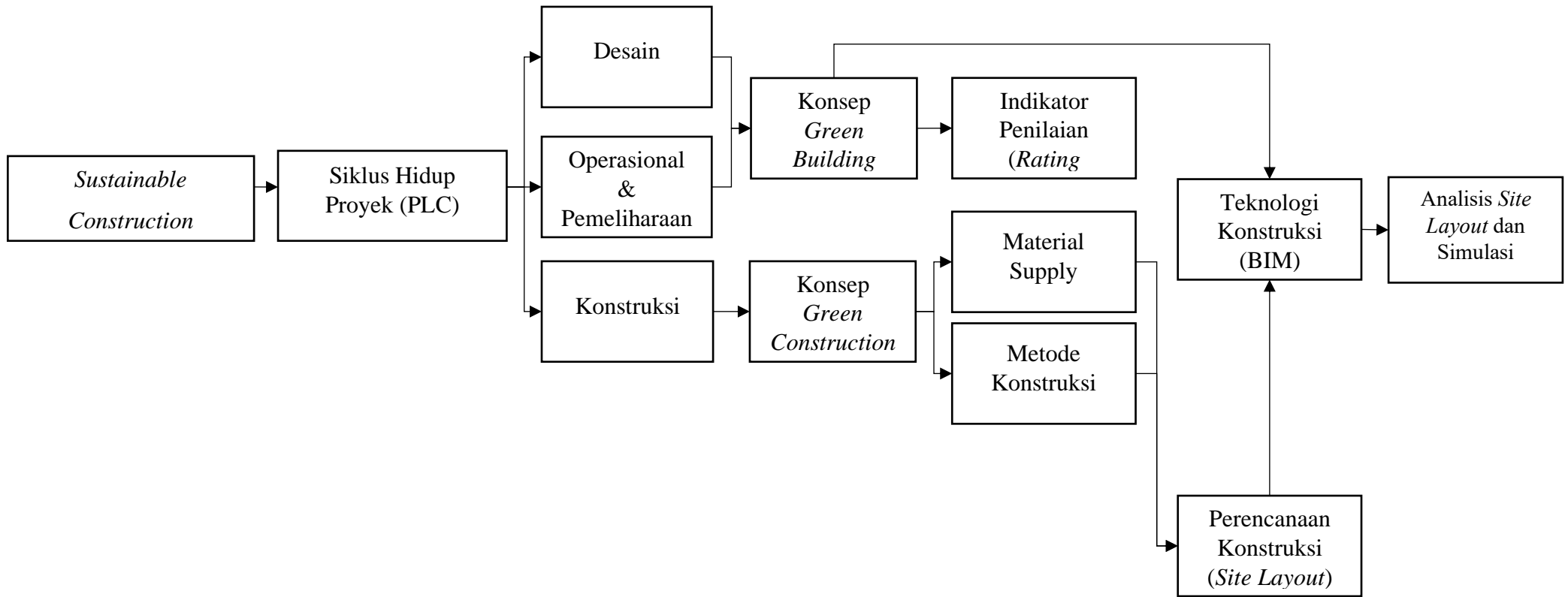
## 7. *People* (APD).

### **II.5.4 Hambatan *Sustainable Construction***

Adapun beberapa hambatan Berdasarkan (Abrahams, 2017), pemahaman tentang konstruksi berkelanjutan yang mendukung pembangunan berkelanjutan harus lebih luas dalam industri konstruksi untuk memastikan kolaborasi yang efektif di seluruh sektor secara keseluruhan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses desain, pengadaan dan konstruksi, hambatan budaya, kurangnya teknologi dan teknik ramah lingkungan, kualitas spesifikasi, kepemimpinan dan tanggung jawab, keterlibatan pemangku kepentingan, sistem perbandingan (Sarhan dan Fox, 2013; Samariet al.,2013;Djokotoet al.,2014;Fronter, 2017) dan keamanan, efisiensi, produktivitas dan minimalisasi limbah (Abd Jamil dan Fathi, 2016).

Menurut (Ervianto, W I), beberapa kendala yang terjadi adalah:

1. Persoalan teknologi ramah lingkungan, misalnya teknologi daur ulang; alternatif bahan bakar non fosil; ragam material terbarukan.
2. Peran aktif pemilik proyek, misalnya penggunaan kayu bersertifikat yang membutuhkan biaya lebih mahal namun pemilik proyek enggan mengalokasikan biaya yang lebih untuk hal ini.
3. Persoalan regulasi, hal ini terkait dengan pihak penyedia peralatan konstruksi yang masih menggunakan peralatan tahun pembuatan relatif lama (lebih dari 5 tahun) sehingga cenderung menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> lebih tinggi.
4. Persoalan kapasitas tukang dalam proyek konstruksi, pada umumnya pekerja konstruksi belajar secara mandiri melalui seniornya dan tidak melalui pendidikan formal yang diselenggarakan oleh lembaga resmi. Pola ini akan menghasilkan tukang berkualitas jika mendapatkan pengetahuan dari tukang yang berkualitas demikian juga sebaliknya.
5. Persoalan pembiayaan proyek, pada umumnya pemilik proyek cenderung memilih penyedia jasa yang menawarkan biaya pembangunan relatif rendah, padahal dengan proses konstruksi ramah lingkungan berpotensi meningkatkan biaya  $\pm 10\%$  s/d  $15\%$  dibanding proses konvensional.



**Gambar II. 8** Kerangka Pikir Penelitian