

## **BAB II STUDI PUSTAKA**

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

Manajemen proyek adalah praktik yang melibatkan perencanaan, pengorganisasian, pengendalian, dan pengawasan sumber daya proyek untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Ini mencakup pengelolaan waktu, biaya, kualitas, risiko, sumber daya manusia, dan komunikasi untuk memastikan keberhasilan proyek (Santoso dan Desianti, 2022). Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknik yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Husen, 2009).

### **II.2 Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi berkembang seiring dengan perkembangan teknologi. Dalam berbagai bidang kehidupan, industri jasa konstruksi dituntut untuk membangun proyek-proyek sesuai dengan kebutuhan yang ada. Proyek konstruksi untuk bangunan gedung perkantoran, sekolah, dan perumahan memiliki perbedaan signifikan dengan konstruksi bangunan pabrik, bendungan, jembatan, jalan, dan proyek sipil lainnya. Tahapan konstruksi dapat dibedakan sebagai berikut: (Alfa A, 2018):

- a. Pra Konstruksi, dimana pada tahapan ini terdapat kegiatan seperti studi kelayakan, survey lokasi, perencanaan *Detail Engineering Design* (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.

Dalam suatu proyek konstruksi terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan yaitu hal mengenai waktu, biaya and mutu. Pada umumnya, mutu konstruksi dengan perencanaan. Namun demikian, pada kenyataannya sering terjadi pembengkakan biaya sekaligus keterlambatan waktu pelaksanaan (Tjaturono, 2004).

### **II.2.1 Metode Pelaksanaan Konstruksi Konvensional**

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 (Najoan, 2016).

Metode konstruksi konvensional (*cast in situ*) adalah sistem di mana pengecoran elemen struktur dilakukan di tempat. Di Indonesia, untuk bangunan bertingkat banyak, kontraktor pelaksana biasanya mensubkontraktorkan pekerjaan ini kepada perusahaan beton *ready-mix*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi risiko ketidaksesuaian beton dengan spesifikasi yang diharapkan dan menghindari penumpukan material beton di lokasi proyek (Zainul Khakim dkk, 2011). Metode konvensional yang digunakan salah satunya yaitu struktur kolom yang dikerjakan ditempat pengecoran langsung yang mencakup keseluruhan dengan menggunakan *plywood* sebagai bekisting dan *scaffolding* sebagai perancah. Metode ini terbilang kuno dan paling banyak digunakan namun dapat memakan biaya yang tinggi dan waktu yang lama (Ervianto, 2006).

Proyek konstruksi dengan metode pelaksanaan konvensional masih sering digunakan di Indonesia, terutama untuk proyek-proyek kecil atau proyek-proyek

yang sederhana. Metode ini memiliki beberapa kelemahan, seperti membutuhkan waktu yang lama dalam pembangunan, tidak efisien dalam penggunaan sumber daya, kurang presisi dalam pembangunan, dan kurangnya akurasi dalam perhitungan (E Adityo, D Katni, A Nursandah, 2020). Sebagai contoh, penurunan produktivitas lainnya juga dialami oleh pembangunan proyek konstruksi Markas Komando Daerah Militer Manado yang menggunakan metode precast dan membutuhkan waktu pelaksanaan selama 198 hari dengan total biaya langsungnya adalah Rp 30,352,740,000,00, sedang untuk metode konvensional membutuhkan waktu pelaksanaan selama 226 hari dengan total biaya langsung Rp 30,230,145,000,00. Perbandingan biaya adalah Rp 122,595,000,00 sedang perbandingan waktu adalah 28 hari (CH Najoran et al, 2016).

## **II.2.2 Produktivitas Konstruksi**

Produktivitas adalah rasio *output* terhadap *input* yang mencerminkan efisiensi sistem yang produktif. Kesuksesan bisnis tidak hanya tergantung pada kualitas produk, tetapi juga pada peningkatan produktivitas untuk tetap kompetitif. Oleh karena itu, perusahaan konstruksi terus mengevaluasi metode dan keterampilan untuk meningkatkan nilai tambah dengan menggunakan sumber daya yang lebih sedikit (Rizk dan Leonard, 2010). Besarnya produktivitas menunjukkan kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan kuantitas pekerjaan yang ditentukan (G Thenu et al, 2019).

Istilah produktivitas mempunyai arti yang berbeda-beda untuk setiap individu. Secara umum produktivitas diartikan sebagai hubungan antara hasil nyata maupun fisik (barang-barang atau jasa) dengan masukan yang sebenarnya. Misalnya saja, “produktivitas” adalah ukuran efisiensi produktif (JP Hutasoit et al, 2017). Dalam mencari informasi tentang tingkat produktivitas tenaga kerja aktual pada suatu proyek terdapat beberapa metode, antara lain (AZP Rizky – 2019):

### *a. Work Sampling*

*Work sampling* adalah suatu teknik untuk mengadakan sejumlah besar pengamatan terhadap aktifitas kinerja dari mesin, proses atau pekerja / operator (Sritomo Wingjosoebroto, 2003).

### *b. Rated Activity Sampling*

*Rated Activity Sampling* adalah suatu teknik pengumpulan informasi di lapangan dimana informasi yang dihasilkan tidak hanya dapat diperoleh dengan cepat dan ekonomis, tetapi juga memiliki keakuratan yang dapat dipercaya. *Rated activity sampling* dapat digunakan sebagai alat dalam menentukan tingkat keproduktivan suatu kegiatan pada kondisi lapangan proyek konstruksi yang berbeda-beda (SSS Ohoiulun, 2012).

c. *Questionnaires/Interview*

Metode *Questionnaires/Interview* adalah teknik pengumpulan data penelitian yang melibatkan penggunaan pertanyaan tertulis (kuesioner) atau interaksi langsung dengan responden (wawancara). Tujuan dari metode ini adalah untuk mengumpulkan informasi subjektif dari responden tentang pendapat, pengalaman, atau pengetahuan mereka terkait dengan topik yang diteliti. Dengan menggunakan pertanyaan terstruktur, peneliti dapat memperoleh data yang sistematis dan dapat dianalisis untuk menjawab pertanyaan penelitian (AM Dewanto dan S Nurhayati, 2015) (F Sofiyanti, 2020).

d. *Time Lapse and Video Films*

Metode *Time Lapse* dan *Video Films* adalah teknik yang digunakan untuk merekam perubahan atau perkembangan suatu kejadian atau objek dalam jangka waktu tertentu. Sementara itu, metode *Video Films* melibatkan pengambilan gambar bergerak dalam bentuk video untuk merekam peristiwa secara kontinu. (SA Nugroho, 2018).

e. *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 (E Slamet et al, 2017).

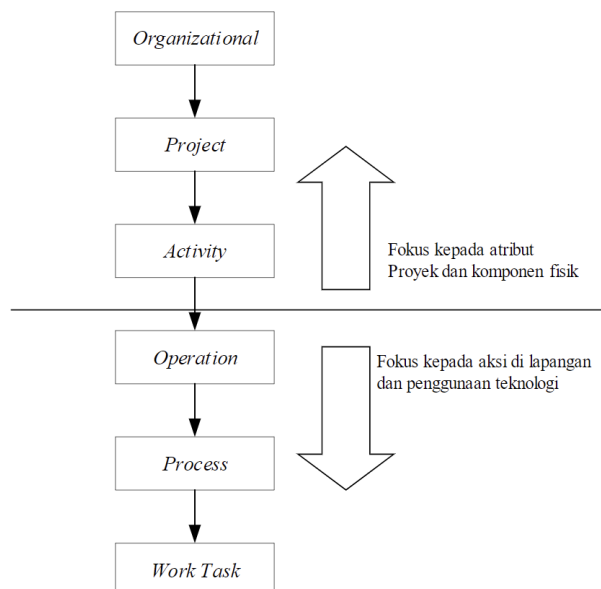
Pembangunan proyek konstruksi dengan metode konvensional dapat menurunkan produktivitas. Produktivitas tenaga kerja berpengaruh pada proses dan biaya produksi serta daya saing di pasar global. Penelitian menunjukkan bahwa upah, pendidikan, dan kesehatan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja (M Mukhlisiana dan MR Adry, 2021). Sebagai contoh, pada pembangunan Perumahan

di Green Hills Malang dengan pekerja yang berjumlah 37 orang. Besarnya pengaruh upah, tingkat pendidikan, kemampuan kerja, dan disiplin kerja terhadap produktivitas kerja sebesar 42,4% dan sisanya 57,6% (D Tanto, SM Dewi, SP Budio, 2012). Sebagai contoh sektor konstruksi Indonesia pada tahun 1998 terpuruk hingga mencapai -36,4%, sedangkan pertumbuhan perekonomian Filipina jatuh ke 0,6% pada tahun 1998 dari 5% pada 1997 (Tanesia et al. 2015). Dalam hasil suatu penelitian menunjukkan bahwa terdapat 44 risiko keterlambatan proyek konstruksi hotel di Bali (Imak Salain et al, 2019).

### II.2.3 Hirarki

Hierarki 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 (Halpin, 1992)

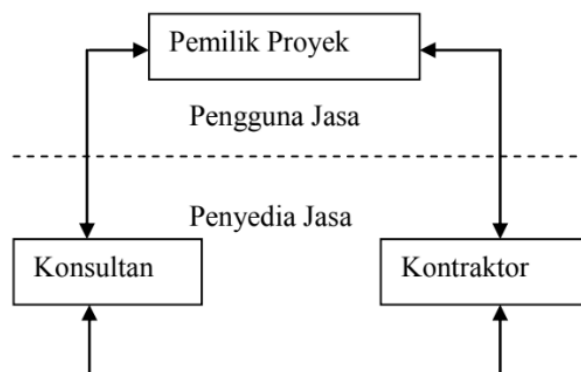
Pada setiap tingkat hirarki konstruksi, memiliki proses yang spesifik sesuai tingkatannya. Berikut proses pada setiap tingkatan proses konstruksinya (Halpin, 1992):

- a. *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.
- b. *Project*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada pengendalian jadwal dan biaya.
- c. *Activity*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada atribut sumber daya proyek yang penurunan dari *project*.
- d. *Operation*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada teknologi dan detail bagaimana konstruksi berjalan.
- e. *Task*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada identifikasi porsi tugas pekerja di lapangan.

### II.3 Manajemen Konstruksi

Manajemen proyek konstruksi adalah suatu metode untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur yang dibatasi oleh waktu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif (Yuliana A, 2016).

Pengelolaan pekerjaan pembangunan fisik melibatkan proses multi-disiplin profesional. Tahapannya meliputi persiapan perencanaan, perancangan, pelelangan pekerjaan, pelaksanaan, dan penyerahan/pengoperasian. Tujuannya adalah mencapai hasil optimal dengan mengurangi biaya, memanfaatkan waktu, dan menjaga kualitas proyek (Joel at all, 2014).



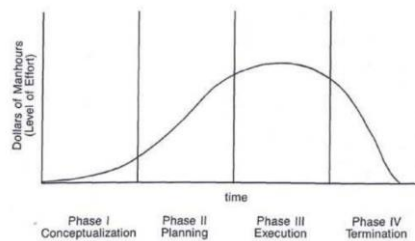
**Gambar II. 2:** Pihak-pihak dalam proyek konstruksi (Ervianto, 2005).

Manajemen merupakan hal yang sangat penting demi terciptanya pelaksanaan konstruksi dapat berjalan dengan baik, dengan melibatkan 5 M yaitu: *manpower* (tenaga kerja), *machiners* (alat dan peralatan), *material* (bahan bangunan), dan *money* (uang), serta *method* (metode) (Ummi Chasanah, 2017).

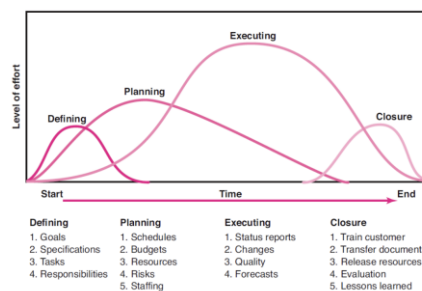
Implementasi dari manajemen konstruksi dapat mengatur semua kegiatan konstruksi dari permulaan sampai selesai, penentuan waktu yang diperlukan juga dapat mengurangi dana yang akan digunakan pada proses konstruksi.

### II.3.1 Project Life Cycle

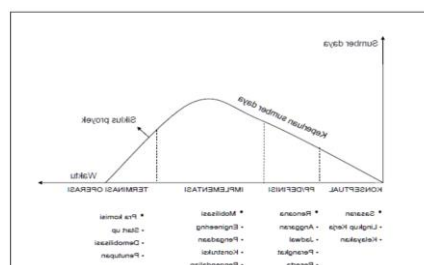
*Project Life Cycle* dalam konstruksi merujuk pada serangkaian tahapan yang terjadi dari awal hingga penyelesaian proyek konstruksi. Tahapan ini mencakup perencanaan, desain, konstruksi, pengujian, dan penyelesaian proyek (Assaf et al, 1995).



**Gambar II. 3:** Fase *Project Life Cycle* (King & Cleland, 1983)



**Gambar II. 4:** Fase *Project Life Cycle* (Daddey n.d, 2023)



**Gambar II. 5:** Fase *Project Life Cycle* (Soeharto, 1999)

*Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, dipopulerkan oleh *Project Management Institute (PMI)*, adalah panduan manajemen proyek. Pendekatan umum tahapan proyek melibatkan identifikasi urutan langkah yang harus diselesaikan. Pendekatan tradisional ini mencakup lima komponen perkembangan proyek (empat tahap dan kontrol), serta tahapan penyelesaian yang disebut "Siklus Kehidupan Proyek". Siklus hidup proyek adalah metode yang menggambarkan perencanaan, pengendalian, dan pengawasan proyek dari awal hingga mencapai tujuan akhir. Terdapat lima tahap kegiatan utama yang dilakukan dalam siklus hidup proyek yaitu (Santoso dan Desianti, 2022):

- a. Perencanaan: Tahap perencanaan melibatkan identifikasi kebutuhan proyek, penentuan tujuan, pengumpulan informasi, dan penentuan anggaran. Ini melibatkan pembuatan rencana proyek, studi kelayakan, dan perizinan.
- b. Desain: Tahap desain melibatkan pengembangan konsep, perancangan teknis, dan persiapan gambar atau model. Di sini, spesifikasi teknis dan rancangan konstruksi dikerjakan.
- c. Konstruksi: Tahap konstruksi adalah implementasi fisik dari desain. Ini melibatkan pengerjaan konstruksi yang sebenarnya, termasuk pengerjaan struktur, instalasi sistem, dan pengadaan material.
- d. Pengujian: Setelah konstruksi selesai, tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa semua sistem berfungsi dengan baik dan sesuai dengan persyaratan. Pengujian melibatkan verifikasi kualitas, keandalan, dan keamanan proyek.
- e. Penyelesaian: Tahap penyelesaian melibatkan penyerahan proyek kepada pemilik atau pihak yang bertanggung jawab. Ini termasuk pemeliharaan akhir, penyelesaian administratif, dan pelaporan.

Evaluasi Proyek Konstruksi (Santoso dan Desianti, 2022):

- a. Evaluasi terhadap usulan proyek yang akan didirikan (*pre-project evaluation*).
- b. Evaluasi terhadap proyek yang sedang dibangun (*on-construction project evaluation*).
- c. Evaluasi terhadap proyek yang telah dioperasionalkan (*on-going project evaluation*).



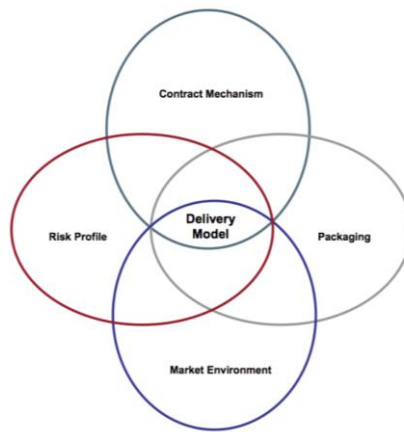
- d. Evaluasi terhadap proyek yang telah berakhir (*post-project evaluation study*).

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

*Project Delivery* dalam konstruksi mengacu pada proses atau metode yang digunakan untuk mengelola dan melaksanakan proyek konstruksi dari awal hingga penyelesaian. Ini mencakup bagaimana pemilik proyek, pihak desain, dan kontraktor bekerja sama dalam mengatur, melaksanakan, dan menyelesaikan proyek konstruksi (Alberto dan Liman, 2012) (Carpenter dan Bausman, 2016) (Miller dkk, 2000). Ada beberapa metode pengiriman proyek konstruksi yang umum digunakan, antara lain (B. Becerik-Gerber et al, 2010):

- a. Metode Tradisional: Dalam metode ini, pemilik proyek secara terpisah mengontrak pihak desain dan kontraktor. Pihak desain akan mengembangkan rancangan dan spesifikasi proyek, kemudian pemilik akan melaksanakan pelelangan untuk memilih kontraktor yang akan melaksanakan proyek sesuai dengan rancangan tersebut.
- b. Metode Desain-Tender-Konstruksi (*Design-Bid-Build*): Metode ini melibatkan pemilik proyek yang mengontrak pihak desain terlebih dahulu. Setelah rancangan dan spesifikasi proyek selesai, pemilik kemudian melaksanakan pelelangan untuk memilih kontraktor yang akan melaksanakan proyek sesuai dengan rancangan tersebut.
- c. Metode Desain dan Konstruksi Bersama (*Design-Build*): Dalam metode ini, pemilik proyek mengontrak satu entitas tunggal yang bertanggung jawab baik untuk perencanaan dan desain, maupun pelaksanaan konstruksi. Kontraktor desain-dan-konstruksi ini bekerja sama dengan pemilik proyek dari awal hingga penyelesaian, memungkinkan kolaborasi yang lebih erat dan pengurangan waktu dan biaya.
- d. Metode Manajemen Konstruksi (*Construction Management*): Dalam metode ini, pemilik proyek mempekerjakan seorang Manajer Konstruksi yang bertanggung jawab mengelola dan mengawasi seluruh proses proyek, termasuk pemilihan dan pengelolaan kontraktor. Manajer Konstruksi akan bekerja sama dengan pihak desain dan kontraktor untuk menjamin kelancaran proyek.

*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. 6:** Faktor pemilihan model pengadaan jalan (N Faizal, 2014)

### **II.3.3 Stakeholder**

Keberhasilan pekerjaan konstruksi sangat tergantung kepada bagaimana para pihak yang terlibat di dalam proyek bersikap satu sama lain. Dalam sebuah proyek biasanya melibatkan banyak sekali organisasi/ institusi/ perusahaan/ stakeholder yang berperan aktif maupun tidak. Besar kecilnya peran masing-masing stakeholder tetap menentukan jalannya proyek apakah sesuai dengan yang direncanakan (Bukit 2017). Pemahaman tentang praktik komunikasi dalam industri konstruksi merupakan elemen penting dalam proses peningkatan kinerja proyek konstruksi (Ejohwomu et al., 2017). Menurut PMBOK 2013, stakeholder adalah individu, kelompok, atau organisasi yang dapat mempengaruhi, atau menganggap diri mereka dipengaruhi oleh keputusan, kegiatan, atau hasil dari sebuah proyek (Kristiana R, 2021).

a. Pemilik Proyek (*Owner*)

Pemilik proyek (*owner*) adalah seseorang atau instansi tertentu yang memiliki hak terhadap suatu proyek yang dibangun dan membiayai seluruh pekerjaan dalam proyek tersebut. Dengan kata lain pemilik proyek (*owner*) merupakan

orang atau badan yang memiliki proyek dan memberikan pekerjaan kepada penyedia jasa serta membayar biaya pekerjaan tersebut. Pemilik proyek (*owner*) juga akan menunjuk suatu badan hukum pada jasa konstruksi sebagai konsultan perencana dan pemborong kerja atau kontraktor (Gambatase, 2012).

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).

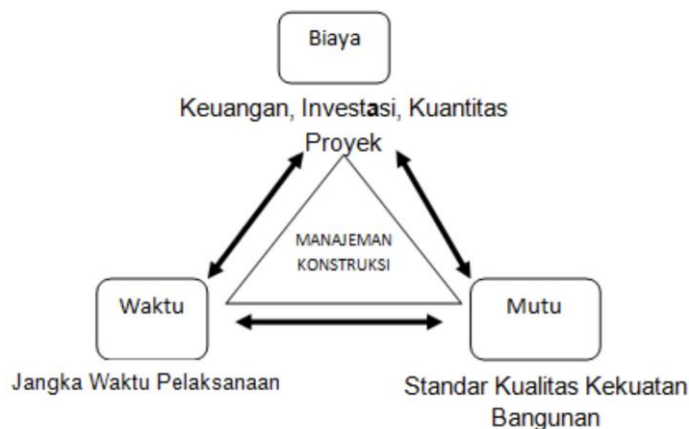
d. Kontraktor Pelaksana

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 dan Oktavianto, 2013).

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

Pengendalian Proyek Konstruksi adalah proses mengelola dan mengawasi proyek konstruksi untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan rencana, mengikuti jadwal yang ditetapkan, dan memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk mengontrol risiko, memaksimalkan efisiensi, dan mencapai tujuan proyek secara efektif. (R.J Mockler, 1972) (Esfianto et al, 2020).

Dalam proses mencapai tujuan dari kegiatan pelaksanaan proyek, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal (waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek), serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek sebagai sasaran pelaksanaan proyek. Ketiga batasan tersebut disebut tiga kendala (*tripleconstraint*) (Lasari dan Sumarman, 2020).



**Gambar II. 7:** Hubungan *Triple Constraint* (Lasari dan Sumarman, 2020)

a. Waktu

Waktu merupakan sumberdaya utama dalam pelaksanaan suatu proyek. Perencanaan dan pengendalian waktu dilakukan dengan mengatur jadwal, yaitu dengan cara mengidentifikasi titik kapan pekerjaan mulai dan kapan berakhir. Perencanaan dan pengendalian merupakan bagian dari penyusunan biaya. Dalam hubungan ini, sering kali pengelola proyek beranggapan bahwa penyelesaian proyek semakin cepat semakin baik. Akan tetapi pada kenyataannya perencanaan waktu harus dihitung berdasarkan man-hour dari perkiraan biaya, hal tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk menghitung lamanya kegiatan pada jadwal itu. Sehingga penggunaan waktu dapat optimal (Muzayanah, 2008)

b. Mutu

Mutu dalam Pengendalian Proyek Konstruksi mengacu pada pemenuhan standar dan spesifikasi yang ditetapkan untuk hasil akhir proyek konstruksi. Ini melibatkan pengawasan dan pengendalian terhadap kualitas material, proses konstruksi, dan hasil akhir yang diperoleh (Muzayanah, 2008)

c. Biaya

Biaya dalam Pengendalian Proyek Konstruksi adalah salah satu aspek penting yang dikelola dalam manajemen proyek konstruksi. Ini melibatkan pemantauan, analisis, dan pengendalian semua aspek biaya yang terkait dengan proyek konstruksi. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa pengeluaran proyek tetap sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan. (Muzayanah, 2008). Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah dokumen yang menyajikan perkiraan

biaya secara rinci yang akan dikeluarkan dalam suatu proyek konstruksi. RAB biasanya disusun pada tahap perencanaan proyek untuk memberikan gambaran mengenai jumlah dan alokasi biaya untuk setiap elemen pekerjaan yang terkait dengan proyek tersebut. RAB mencakup estimasi biaya untuk bahan, tenaga kerja, peralatan, subkontraktor, dan biaya lainnya yang terkait dengan pelaksanaan proyek konstruksi. Dokumen ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengendalian biaya proyek, memonitor kemajuan keuangan, dan sebagai dasar untuk perhitungan harga penawaran atau negosiasi kontrak dengan pihak terkait (Ervianto, 2003)

d. *Earned Value*

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 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 indikator dalam analisa konsep nilai hasil, yaitu ACWP (*Actual Cost Work Performed*), BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*), dan BCWS (*Budgeted Cost of Work Schedule*) (Ervianto, 2004):

- a. ACWP (*Actual Cost Work Performed*) adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan, yang dapat digunakan sebagai alat analisis biaya dan jadwal yang didesain untuk membantu mengevaluasi apakah proyek masih dalam batasan anggaran rencana atau tidak. Biaya ini diperoleh dari data-data bidang keuangan proyek pada masa pelaporan (misal pada akhir bulan). Sehingga ACWP merupakan jumlah nyata/aktual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan pada kurun waktu tertentu.
- b. BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*) adalah jumlah anggaran yang senilai untuk kegiatan yang telah terlaksana atau dapat dikatakan sebagai biaya yang seharusnya keluar sesuai dengan progres yang terlaksanakan.

$$BCWP = \% \text{ aktual} \times \text{Rencana Anggaran}$$

- c. BCWS (*Budgeted Cost of Work Schedule*) adalah anggaran yang direncanakan untuk kegiatan yang dilaksanakan atau anggaran yang sudah direncanakan sesuai jadwal pelaksanaan.

$$BCWP = \% \text{ rencana} \times \text{Rencana Anggaran}$$

## II.4 Teknologi Konstruksi

### II.4.1 Perkembangan Teknologi Konstruksi

Secara umum konstruksi dapat diinterpretasi dalam empat level, yaitu: sebagai aktivitas di lapangan (level satu), sebagai komprehensif siklus proyek (level dua), sebagai segala hal yang berhubungan dengan bisnis konstruksi (level tiga), dan sebagai proses secara luas dalam mengkreasi hunian manusia (level empat) (Du Plessis, 2007). Teknologi konstruksi terdiri atas tiga bagian, yaitu: teknologi proses konstruksi, teknologi produk konstruksi, dan teknologi manajemen konstruksi (Arman Jayady, 2018).

Teknologi Konstruksi diartikan sebagai koleksi dari perkakas (*tools*), peralatan (*equipment/machinery*), material, *software*, dan metode/teknik pelaksanaan konstruksi (Permatasari, 2021). Melalui sebuah program strategis untuk mengembangkan sistem produksi dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas industri nasional (Kagermann et al, 2013). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PPK) Nomor 18/PRT/M/2020 tentang Penerapan Sistem Informasi Manajemen Proyek Konstruksi. Peraturan ini menetapkan penggunaan sistem informasi manajemen proyek konstruksi sebagai syarat pelaksanaan proyek konstruksi pekerjaan umum.

Perkembangan Teknologi Konstruksi merujuk pada kemajuan dan inovasi dalam penggunaan teknologi dalam industri konstruksi. Hal ini mencakup penggunaan perangkat lunak, peralatan, material, dan metode konstruksi yang lebih canggih dan efisien. Perkembangan Teknologi Konstruksi telah membawa dampak signifikan pada berbagai aspek proyek konstruksi, termasuk desain, perencanaan,

pelaksanaan, dan pengelolaan. (Borja García de Sotoa, 2018) (H Elmunsyah dan D Kustono, 2022).

Industri 4.0 berasal dari konsep manufaktur cerdas yang merupakan sistem adaptif yang melayani berbagai macam produk dan kondisi yang sering berubah-ubah. Dengan demikian akan terjadi peningkatan produktifitas, kualitas dan fleksibilitas terhadap pemenuhan kebutuhan konsumen bersifat khusus (*customized*) dan masal secara berkelanjutan. Revolusi industri 4.0 ini merupakan fenomena yang akan terus bergulir di masa mendatang dan akan terus mengalami berbagai kemajuan (Rüßmann et al., 2015 dan Muhuri et al., 2019).

Persyaratan dan teknologi canggih ini telah membuat sistem penyajiannya menjadi lebih kompleks dan menyebabkan banyak tantangan yang tidak ada sebelumnya seperti keamanan informasi, keandalan dan integritas (Stock dan Seliger, 2016)

a. Teknologi Konstruksi 1.0 (Era Manual dan Alat Sederhana)

Pada era ini, konstruksi didominasi oleh pekerjaan manual dan penggunaan alat sederhana. Tenaga manusia dan tenaga hewan seperti kekuatan otot dan alat-alat sederhana seperti palu, gergaji tangan, dan peralatan tangan lainnya digunakan untuk membangun struktur. Proses konstruksi secara keseluruhan sangat bergantung pada keterampilan tenaga kerja manusia. (Klinc & Turk, 2019) (Rastogi, 2015).

b. Teknologi Konstruksi 2.0 (Era Mesin dan Mekanisasi)

Perkembangan mesin dan mekanisasi membawa perubahan signifikan dalam industri konstruksi. Mesin-mesin seperti alat berat, truk pengangkut, dan mesin-mesin konstruksi lainnya mulai digunakan secara luas untuk mempercepat dan mempermudah proses konstruksi. Teknologi konstruksi juga termasuk penggunaan beton bertulang, yang memungkinkan pembangunan struktur yang lebih tinggi dan lebih kuat (Nowotarski & Paslawski, 2017); (Hatfina 2020); (Klinc & Turk, 2019); (Rastogi, 2015).

c. Teknologi Konstruksi 3.0 (Era Digitalisasi dan Komputerisasi)

Era konstruksi ini ditandai dengan adopsi teknologi digital dan komputerisasi. Penggunaan perangkat lunak desain dan perencanaan seperti CAD (*Computer-Aided Design*) dan BIM (*Building Information Modeling*) membantu dalam merancang, menghitung, dan merencanakan proyek secara lebih efisien. Selain itu, peralatan dan mesin konstruksi juga semakin canggih dengan integrasi teknologi seperti GPS, sensor, dan kontrol otomatis (Nowotarski & Paslawski, 2017) (Rastogi, 2015).

d. Teknologi Konstruksi 4.0 (Era Teknologi Cerdas dan Digitalisasi Total)

Konstruksi 4.0 merupakan era terbaru yang ditandai oleh adopsi teknologi cerdas, digitalisasi total, dan konektivitas yang tinggi. Penerapan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), robotika, kecerdasan buatan (AI), big data, *Augmented Reality* (AR), dan *Virtual Reality* (VR) menjadi semakin umum dalam industri konstruksi. Ini menghasilkan pengelolaan proyek yang lebih efisien, pemantauan *real-time*, analisis data yang lebih baik, serta peningkatan produktivitas dan keamanan di lapangan konstruksi (Temidayo, 2018); (Hatfina, 2020); (Karmakar & Delhi, 2021). Konstruksi 4.0 memiliki konsep utama yakni kombinasi antara ekosistem digital dan *cyber-physical system* (CPS) untuk mendapatkan paradigma baru pada perancangan dan konstruksi untuk pembangunan. Integrasi antara *cyber* (komputasi) dan *physical* (fisik) dari sebuah teknologi kemudian menjadi enabler (perwujudan) dalam menjalankan konstruksi 4.0 (Sawhney et. al., 2020).

#### **II.4.1.1 Digitalisasi Konstruksi**

Digitalisasi konstruksi mengacu pada adopsi dan penerapan teknologi digital dalam industri konstruksi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan hasil proyek. Ini melibatkan penggunaan berbagai alat dan teknologi digital seperti perangkat lunak, sensor, komputasi awan, *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), *Augmented Reality* (AR), *Virtual Reality* (VR), dan lainnya.

Perencanaan dan Desain: Perangkat lunak desain dan perencanaan seperti BIM (*Building Information Modeling*) digunakan untuk membuat model digital yang komprehensif dari proyek konstruksi. *Building Information Modeling* (BIM) adalah suatu proses pengelolaan informasi terintegrasi yang digunakan dalam industri



konstruksi. BIM melibatkan penggunaan model digital yang komprehensif untuk merencanakan, merancang, membangun, dan mengelola bangunan atau infrastruktur. Model BIM secara visual merepresentasikan karakteristik fisik dari sebuah proyek konstruksi, termasuk elemen struktural, arsitektur, mekanikal, elektrik, dan sistem lainnya. Model ini tidak hanya berisi representasi grafis, tetapi juga data terkait seperti dimensi, spesifikasi material, waktu konstruksi, biaya, dan informasi lainnya yang diperlukan selama siklus hidup bangunan secara *real-time* (Hutama dan Sekarsari, 2018). Menurut Rayendra 2014 Keuntungan layanan *Building Information Modeling* (BIM)

- a. Meminimalisir *desian lifecycle* dengan meningkatkan kolaborasi antara owner, konsultan dan kontraktor
- b. Kualitas tinggi dan akurasi dokumentasi dari proses konstruksi.
- c. Teknologi *Building Information Modeling* (BIM) digunakan untuk sistem hidup seluruh bangunan, termasuk fasilitas, operasi dan pemeliharaan.
- d. Produk dengan kualitas yang tinggi dapat memperkecil kemungkinan konflik
- e. Pemotongan biaya proyek dan meminimalisir limbah konstruksi
- f. Meningkatkan manajemen konstruksi

#### **II.4.1.2 Otomatisasi Konstruksi**

Otomatisasi Robotika Konstruksi juga didefinisikan sebagai teknologi yang berfokus untuk mengaplikasikan sistem robot pada konstruksi (A. Seyfar et al, 2022). Penerapan otomatisasi konstruksi 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). Perkembangan teknologi konstruksi di Indonesia sangat dipengaruhi oleh teknologi dari luar negeri dan bertujuan untuk membantu pelaksanaan pekerjaan konstruksi, namun belum menjadi sebuah inovasi yang berkelanjutan dan menjadi keuntungan untuk bersaing (Abduh, 2018). Secara

historis, perkembangan industri konstruksi di Indonesia dapat dikategorikan menjadi empat fase:

- a. Era pra-kemerdekaan (1940-an),
- b. Era awal kemerdekaan (1945 – 1965),
- c. Era pra-reformasi (1965 – 1998) dan pasca-reformasi.
- d. Era reformasi (1999 – sekarang).

#### II.4.1.3 Klasifikasi Teknologi Konstruksi 4.0

Tabel II. 1 Klasifikasi Teknologi Konstruksi 4.0

Klasifikasi ORK			
Teknologi		Deskripsi	Sumber
Reality Computing Technology	<i>Unmanned Aerial Systems</i> (Drones)	Suatu teknologi udara yang dapat bekerja secara mandiri atau dioperasikan dari jarak jauh dengan menggunakan <i>smartphone</i> atau tablet. <i>Drone</i> dapat digunakan untuk mengambil gambar/video dari jarak tertentu. Contoh penggunaan di konstruksi; Monitoring progress, evaluasi kondisi lapangan, inspeksi, dan dokumentasi proyek.	(Bademosi & Issa, 2022), (Irizzay & Costa, 2006), (Xu & Lu, 2018)
	<i>Laser Scanners</i>	Teknologi yang digunakan untuk mendapatkan data dan kondisi real di lapangan, baik dari segi kuantitas dan kualitas. Caranya adalah dengan mengukur lokasi memindainya, dan kemudian mengevaluasinya. Contoh penggunaan di konstruksi; <i>modeling</i> dan <i>mapping site</i> , monitoring konstruksi, inspeksi, dan lain-lain	(Bademosi & Issa, 2022), (Alizadehs alehi et al, 2015), (Xu & Lu, 2018)
	<i>Rovers</i>	Mesin yang dilengkapi dengan kamera beresolusi tinggi dan sensor perekam yang dapat menavigasi lokasi konstruksi. Contoh penggunaan di konstruksi; <i>Quality Control</i> , untuk mengambil foto di lingkungan kerja, memvalidasi situasi di lapangan,	(Bademosi & Issa, 2022)

		mengidentifikasi permasalahan di lapangan.	
	<i>360-degree Technologies</i>	Alat untuk mengambil gambar dengan menggunakan kamera 360 derajat. Gambar yang dihasilkan dapat merepresentasikan suatu lokasi secara realistis. Contoh penggunaannya di konstruksi: dokumentasi progres, identifikasi dan visualisasi bahaya di lapangan, dan lain-lain.	(Bademosi & Issa, 2022), (Moore et al, 2019)
<i>Visualization Technologies</i>	<i>Virtual Reality (VR)</i>	Teknologi yang memanfaatkan komputer untuk menciptakan suatu lingkungan yang dapat memberikan sensasi nyata pada penggunanya karena dapat melihat dan berjalan di sekitar model bangunan. Ketika menggunakan kacamata VR, kita seolah-olah ada di lokasi konstruksi. Contoh penggunaannya di konstruksi: estimasi biaya, optimasi layout lokasi proyek, monitoring progres, edukasi, pelatihan, dan lain-lain.	(Bademosi & Issa, 2022), (Delgado et al, 2020)
	<i>Augmented Reality (AR)</i>	Teknologi yang dapat memindahkan informasi digital ke dalam lokasi proyek secara real time. Ketika kita berjalan di lokasi proyek dengan menggunakan kacamata AR, maka kita dapat memonitor dan menginspeksi progres dengan membandingkan antara kondisi di lapangan dengan desain rencana.	(Bademosi & Issa, 2022), (Delgado et al, 2020), (Xu & Lu, 2018)
	<i>Mixed Reality (MR)</i>	Teknologi yang menggabungkan antara virtual dengan lingkungan nyata. Kita bisa melihat objek virtual (3D model) menyatu dengan lingkungan nyata (site konstruksi), sehingga memudahkan untuk inspeksi saat proses konstruksi berlangsung	(Bademosi & Issa, 2022)

	<i>Digital Twins (DT)</i>	Teknologi yang menduplikasi suatu objek real ke dalam bentuk digital. Tujuannya untuk dapat mengoptimalkan pemanfaatan suatu bangunan, menganalisis hal-hal yang tidak terlihat ( <i>unforeseen condition</i> ), sehingga pemeliharaan yang dilakukan sesuai dengan kondisi ter- <i>update</i> dari bangunan tersebut.	(Bademosi & Issa, 2022), (Kan & Anumba, 2019)
<i>Automation Technologies</i>	<i>Robotic System</i>	Mesin yang dapat diprogram untuk mampu melakukan suatu tindakan secara otomatis. Contoh dalam konstruksi: robot untuk memasang bata, ereksi baja, pengecatan, penyemprotan beton.	(Bademosi & Issa, 2022), (Delgado et al, 2020), (Xu & Lu, 2018)
	<i>Additive Manufacturing (AM) / 3D Printing</i>	Suatu teknologi yang bekerja seperti "printer", untuk mengubah informasi digital (3D model) menjadi bentuk fisik bangunan.	(Bademosi & Issa, 2022)
	<i>Prefabrication and Modularization</i>	Suatu komponen atau material yang dibuat di pabrik lalu kemudian dipindahkan dan bisa di pasang atau dirakit di lokasi proyek.	(Bademosi & Issa, 2022), (Delgado et al, 2020), (Chen et al, 2021)
	<i>Autonomous Equipment</i>	Kendaraan atau peralatan yang diprogram sehingga dapat beroperasi secara otomatis tanpa bantuan tenaga manusia.	(Bademosi & Issa, 2022), (Delgado et al, 2020)

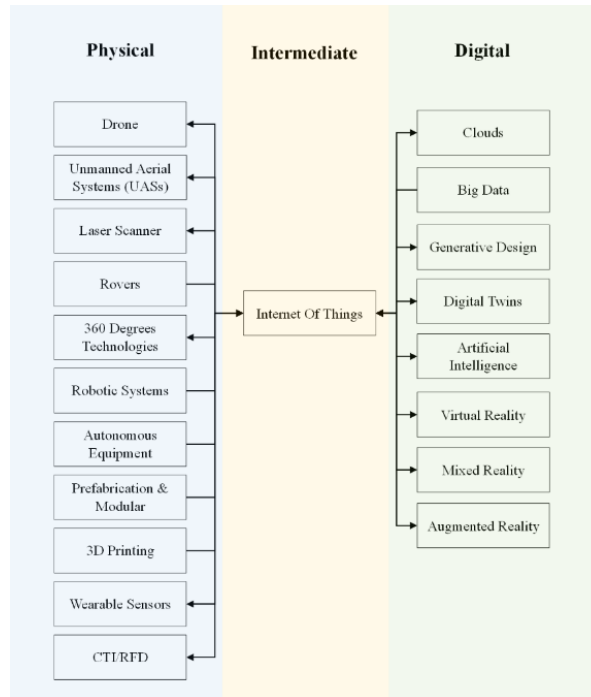
<i>Intelligent System</i>	<i>Internet Of Things (IOT)</i>	Sebuah sistem yang dimana internet akan terhubung dengan dunia nyata melalui sensor yang tersebar di berbagai lokasi. Yang memiliki kapasitas untuk mengatur, berbagi informasi, data, dan sumber daya secara otomatis, serta mampu bereaksi terhadap perubahan situasi dan lingkungan. Biasanya digunakan untuk mengawasi performa dan kondisi suatu objek.	(Bademosi & Issa, 2022), (Wimala & Emanuela, 2022), (Masse et al, 2021)
	<i>Artificial Intelligence (AI)</i>	Sistem yang dibuat untuk mampu menangkap dan menganalisis data dalam jumlah yang besar dan menentukan pola dan tren yang terjadi. Sistem ini memanfaatkan kekuatan mesin untuk dapat memodelkan kecerdasan manusia, menyelesaikan masalah dan menyelesaikan tugas dengan cepat dan akurat	(Bademosi & Issa, 2022)
	<i>Cloud Computing</i>	Sistem yang memanfaatkan internet sebagai tempat penyimpanan data dan aplikasi sehingga mengurangi penggunaan media penyimpanan secara fisik, dan bisa menjamin keamanan data.	(Bademosi & Issa, 2022), (Bello et al, 2021)
	<i>Big Data</i>	Sebuah media penyimpanan data dalam jumlah yang besar, dan juga dapat berfungsi untuk membuat penilaian dan memberikan pengambilan keputusan yang tepat berdasarkan data yang dimiliki.	(Bademosi & Issa, 2022)
	<i>Generative Design</i>	Proses eksplorasi desain dengan menggunakan analisis komputasi sehingga dapat menghasilkan kemungkinan desain yang berbeda menyesuaikan dengan Batasan yang diberikan seperti jenis material, bentuk, dan lain-lain.	(Bademosi & Issa, 2022)

<i>Communication and Tracking System/Radio Frequency Identification Device.</i>	Proses eksplorasi desain dengan menggunakan analisis komputasi sehingga dapat menghasilkan kemungkinan desain yang berbeda menyesuaikan dengan Batasan yang diberikan seperti jenis material, bentuk, dan lain-lain.	Bademosi & Issa, 2022), (Xu & Lu, 2018)
<i>Wearable Sensors</i>	Teknologi yang dikombinasikan dengan suatu alat yang dapat dikenakan pada tubuh manusia, sehingga dapat memantau kondisi Kesehatan penggunanya.	Bademosi & Issa, 2022), (Ahn et al, 2019)

Sumber: (YA Tanne, NLA Indrayani, 2023)

#### II.4.1.4 Kelompok Teknologi Konstruksi 4.0

*Physical technology* dalam konstruksi 4.0 meliputi perangkat keras atau peralatan fisik yang digunakan untuk membangun struktur fisik, seperti alat berat, mesin konstruksi, dan *physical* sendiri dapat difungsikan sebagai alat untuk memperoleh data. *Intermediate technology* meliputi penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk memfasilitasi proses konstruksi dan meningkatkan efisiensi. *Digital technology* dalam konstruksi 4.0 meliputi penggunaan teknologi digital yang melibatkan penerapan perangkat lunak, platform digital, dan solusi berbasis data, seperti *artificial intelligence* (AI), *big data analytics*, *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam industri konstruksi.



**Gambar II. 8:** Kelompok Teknologi Konstruksi 4.0

## II.5 Evaluasi Penggunaan Teknologi Konstruksi

Investasi adalah sebagai pengeluaran atau pembelanjaan penanam-penanam modal atau perusahaan untuk membeli barang-barang modal dan perlengkapan-perengkapan produksi untuk menambah kemampuan memproduksi barang-barang dan jasa – jasa yang tersedia dalam perekonomian (Sukirno, 1999)

Dalam prakteknya jenis investasi dibagi 2 macam yaitu (A Aisyah, 2016):

- a. Investasi nyata (*real investment*) Investasi nyata (*real investment*), merupakan investasi yang dibuat dalam harta tetap (*fixed asset*) seperti tanah, bangunan, peralatan atau mesin-mesin dan sebagainya.
- b. Investasi finansial (*financial investment*) Investasi finansial (*financial investment*), merupakan investasi dalam bentuk kontrak kerja, pembelian saham atau obligasi atau surat berharga lainnya.

Investasi dalam perusahaan dapat dibagi menjadi dua tipe berdasarkan jangka waktu penanamannya: investasi jangka pendek dan investasi jangka panjang. Investasi jangka pendek biasanya berlangsung kurang dari satu tahun dan bertujuan untuk memanfaatkan dana yang tidak digunakan sementara. Profitabilitas merupakan fokus utama dalam penilaian prestasi perusahaan, karena kemampuan

perusahaan menghasilkan laba dalam operasinya merupakan indikator kepuasan kewajiban terhadap para pemegang dana dan juga merupakan elemen dalam menciptakan nilai perusahaan yang menggambarkan prospek perusahaan di masa depan (HY Febriyan, 2017) (Sofyaningsih dan Pancawati, 2011).

### **II.5.1 Analisis Pengembalian Investasi Teknologi Konstruksi**

Analisis Proyek Menurut Kriteria Investasi didalam melakukan investasi modal pada suatu proyek perlu diadakan suatu analisis yang bertujuan (Papulete, 2011):

- a. Mengetahui tingkat keuntungan yang diperoleh dari investasi
- b. Menghindari pemborosan
- c. Mengadakan penilaian terhadap peluang investasi yang ada, sehingga kita dapat memilih alternative proyek yang paling menguntungkan
- d. Menentukan prioritas investasi

Penggunaan teknologi konstruksi memiliki potensi *Return on Investment* pada saat *Project Life Cycle*, invetasi teknologi konstruksi memang memerlukan biaya yang cukup tinggi tetapi setelah pengadopsian teknologi konstruksi ini mungkin akan jadi lebih menguntungkan (AM Madni, CC Madni, SD Lucero, 2019).

Dengan uraian di atas, telah dikembangkan metode untuk menganalisis berbagai peluang investasi, yaitu kriteria investasi (*Investment Criteria*). Kriteria investasi digunakan untuk menentukan apakah suatu proyek layak dilaksanakan secara ekonomis dan teknis. Setelah evaluasi, proyek dapat diklasifikasikan sebagai proyek yang direkomendasikan atau proyek yang tidak direkomendasikan. Kriteria investasi dapat dibedakan sebagai berikut (Manopo et al, 2013):

- a. Nilai Sekarang Bersih (NPV=*Net Present Value*)  
*Net Present Value* (NPV) adalah perbedaan antara nilai aliran kas masuk sekarang dengan nilai aliran kas keluar yang tergabung dengan proyek investasi (R Rumiyanto dan H Irwan, 2015).
- b. Tingkat Pengembalian Internal (IRR=*Internal Rate of Return*)  
Metode *Internal Rate of Return* (IRR) adalah metode pemeringkatan usulan investasi dengan berpatokan pada IRR dari aktiva bersangkutan, dimana IRR dihitung dengan menyamakan nilai sekarang dari arus kas masuk masa



mendatang dengan nilai sekarang dari biaya investasi (R Rumiyanto dan H Irwan, 2015).

- c. Perbandingan Pendapatan dan Pengeluaran ( $BCR=Benefit Cost Ratio$ )  
*Benefit Cost Ratio* adalah perbandingan jumlah nilai sekarang dari pendapatan (*benefit*) dan pengeluaran (*cost*) proyek selama umur ekonomisnya (Sulianti dan Tilik, 2013).
- d. Indeks Profitabilitas ( $IP=Index Profitability$ )  
*Profitability Index* (PI) dihitung dengan membandingkan nilai sekarang penerimaan kas bersih di masa yang akan datang (*proceeds*) dengan nilai sekarang investasi (*outlays*). Kriteria kelayakan *Profitability Index* (PI) jika *Profitability Index* (PI) lebih besar dari satu. Sebaliknya, jika *Profitability Index* (PI) suatu investasi lebih kecil dari satu maka investasi tersebut dinyatakan tidak layak (Sutanto, 2021).
- e. Periode Pengembalian ( $PP=Period Payback$ )  
*Payback Period* (PP) adalah metode yang menghitung periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan arus kas bersih (R Rumiyanto dan H Irwan, 2015).
- f. Titik Impas ( $BEP=Break Even Point$ )  
Analisis *Break Even Point* adalah merupakan suatu teknik analisis yang ditunjukkan untuk menghasilkan informasi dan dengan memusatkan perhatian pada penentuan suatu keadaan dimana volume kegiatan (yang diukur dengan hasil penjualan) tidak menghasilkan laba tetapi juga tidak mengalami kerugian (Sunyoto, 2013).

## II.5.2 Komponen Biaya Teknologi Konstruksi

Komponen biaya Proyek konstruksi (estimasi biaya) terdiri dari biaya langsung proyek konstruksi dan biaya tidak langsung proyek konstruksi (M Natalia, A Aguskamar, J Atmaja, 2019):

- a. Biaya Langsung  
Biaya langsung adalah elemen biaya yang memiliki kaitan langsung dengan volume pekerjaan yang tertera dalam item pembayaran atau menjadi komponen

permanen hasil akhir proyek (AACE,1992). Komponen biaya langsung antara lain; Biaya Pekerja, Biaya Material, Biaya Peralatan, Biaya Subkontraktor.

b. Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan elemen biaya yang tidak terkait langsung dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek, tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan atau proyek (AACE, 1992). Komponen biaya tidak langsung antara lain; Pajak (*Taxes*), Kondisi Umum (*General Condition*), Biaya Risiko (*Risk Cost*) terdiri dari: keuntungan (*Profit*) dan biaya tak terduga (*Contingency Fee*).

c. Biaya tak terduga (*unexpected costs*)

Biaya tak terduga adalah biaya yang perlu disiapkan untuk kemungkinan peristiwa yang mungkin atau mungkin tidak terjadi. Contohnya adalah kerusakan akibat gempa bumi yang menyebabkan longsor atau runtuh dalam proyek, yang memerlukan pembiayaan khusus untuk penanganannya. Beberapa contoh biaya tak terduga saat pelaksanaan pekerjaan termasuk kesalahan pelaksanaan akibat gambar kerja yang tidak tepat, kesalahan pemakaian bahan yang berbeda dari yang direncanakan, ketidakpastian hasil pengujian seperti perbedaan hasil uji tes tanah dengan kondisi lapangan, serta variasi efisiensi yang terjadi selama pelaksanaan (Siregar dan Ardiansyah, 2022).

**Tahapan *Cost/ Benefit Analysis*** adalah (Whitten, 2009):

a. Identifikasi Biaya

Biaya merupakan nilai dari input (faktor produksi) yang digunakan untuk menghasilkan produk (*output*) baik berupa barang maupun jasa. Biaya dapat berupa aset dalam bentuk uang tunai atau non-uang yang digunakan untuk menghasilkan barang atau jasa dengan tujuan mendapatkan keuntungan bagi perusahaan di masa sekarang maupun masa depan. Biaya tetap adalah biaya yang relatif tetap, sedangkan Biaya Variabel adalah biaya yang berubah secara proporsional dengan faktor-faktor tertentu (Sulistiyorini dan Moediarso, 2012) (Guan, Hansen dan Mowen, 2009) (Whitten, 2007).

b. Identifikasi Manfaat

*Tangible Benefit* adalah manfaat yang dapat diukur dengan mudah. Diantaranya adalah; keuntungan dari pengurangan biaya operasional, keuntungan dari

pengurangan kesalahan-kesalahan proses, keuntungan dari pengurangan biaya telekomunikasi, keuntungan akibat peningkatan penjualan, keuntungan akibat pengurangan biaya persediaan, dan keuntungan akibat pengurangan kredit yang tidak tertagih, sementara *Intangible Benefit* adalah manfaat yang sulit untuk diukur. Diantaranya adalah seperti; keuntungan akibat peningkatan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan, keuntungan akibat peningkatan kepuasan kerja sumber daya manusia yang ada, dan keuntungan akibat peningkatan pengambilan keputusan manajerial yang lebih baik (Whitten, 2007).

### **II.5.2.1 Komponen Biaya Investasi Teknologi Konstruksi**

Komponen biaya (*cost*) investasi teknologi terdiri dari biaya investasi dan biaya operasional. Biaya investasi merupakan biaya awal yang diperlukan untuk mengadopsi atau pengadaan teknologi yang akan digunakan seperti:

a. Perangkat Keras (*Hardware*)

Biaya perangkat keras meliputi pembelian dan pemeliharaan perangkat teknologi konstruksi seperti kamera, headset, komputer, baterai, dan lain-lain (A Savitri, 2019).

b. Perangkat Lunak (*Software*)

Biaya perangkat lunak meliputi pembelian dan pemeliharaan perangkat lunak teknologi konstruksi beserta lisensi perangkat lunak yang akan dipakai (Purba dan Yando, 2020).

c. Pelatihan dan Sertifikasi

Biaya pelatihan untuk penggunaan teknologi konstruksi bagi staf yang bertanggung jawab atas penggunaan teknologi konstruksi termasuk biaya untuk menyewa instruktur dan fasilitas pelatihan, serta biaya transportasi dan akomodasi (Rachmana et al, 2022).

d. Biaya Pengadaan

Biaya untuk mengumpulkan informasi, melakukan riset dan pengembangan, dan membeli lisensi atau peralatan teknologi konstruksi (ZB Hamid, 2021).

e. Biaya Dukungan

Biaya dukungan teknis dan bantuan dari vendor teknologi konstruksi (A Prabowo, 2014).

Biaya Operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk menjalankan dan memelihara teknologi setelah terjadi pengadopsian seperti:

a. Pemeliharaan dan Perawatan.

Biaya pemeliharaan dan perawatan mencakup biaya untuk pemeliharaan rutin dan perbaikan perangkat keras dan lunak serta biaya untuk penggantian perangkat yang rusak atau usang (Roosmariharso et al 2021).

b. Infrastruktur Jaringan

Biaya infrastruktur jaringan merupakan biaya yang digunakan untuk menghubungkan antar teknologi yang dipakai seperti, jaringan Wi-Fi, listrik, dan bahan bakar (A Savitri, 2019).

c. Biaya Manajemen Proyek

Biaya manajemen proyek pada tahap operasional meliputi biaya yang terkait dengan pengelolaan proyek setelah konstruksi selesai dan proyek mulai beroperasi. Seperti; Biaya untuk pengawasan dan pemantauan kinerja proyek, seperti biaya untuk audit dan inspeksi rutin untuk memastikan kinerja proyek yang optimal dan biaya untuk penyusunan laporan dan dokumen proyek, seperti biaya untuk penyusunan laporan proyek bulanan atau tahunan (Fadhli et al, 2021).

d. Biaya Peningkatan Keamanan

Biaya untuk meningkatkan keamanan dan perlindungan data yang digunakan dalam teknologi konstruksi (Sawhani, 2021).

e. Biaya Integrasi

Biaya integrasi teknologi konstruksi dengan sistem dan proses bisnis yang ada di perusahaan (CG Putri dan S Santoso, 2020).



**Gambar II. 9:** Siklus Biaya (*Cost*) Penggunaan Teknologi

Gambar II.9 Menggambarkan komponen biaya (*cost*) investasi teknologi terdiri dari biaya investasi dan biaya operasional berdasarkan siklus penggunaan teknologi tersebut.

### II.5.2.2 Komponen Keuntungan Investasi Teknologi Konstruksi

Komponen keuntungan (*benefit*) investasi teknologi konstruksi terdiri dari *tangible benefit* dan *intangible benefit*.

*Tangible benefit* dari suatu proyek adalah manfaat yang dapat diukur secara kuantitatif dan dinyatakan dalam satuan uang atau unit ukuran lainnya. *Tangible benefit* biasanya berkaitan dengan peningkatan pendapatan, pengurangan biaya, atau peningkatan efisiensi (F Tiwa, 2016).

#### a. Efisiensi Biaya

Penggunaan teknologi konstruksi dapat membantu mengurangi biaya seperti:

- 1) Biaya design merupakan biaya yang dikeluarkan untuk merancang dan mengembangkan rencana konstruksi untuk suatu proyek (D Andrian, 2021).
- 2) Biaya konstruksi, biaya yang dikeluarkan untuk membangun atau memperbaiki suatu bangunan atau infrastruktur, termasuk biaya untuk bahan-bahan konstruksi, upah pekerja, dan peralatan (AB Siswanto dan MA Salim, 2019).

- 3) Biaya operasional, biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan suatu bisnis atau organisasi, termasuk biaya untuk pengadaan bahan baku, upah karyawan, biaya sewa, listrik, air, dan bahan bakar (AR alputra, 2021).
- 4) Biaya monitoring, biaya yang dikeluarkan untuk memantau atau memeriksa suatu proses atau kegiatan, termasuk biaya untuk mempekerjakan staf pengawas atau menggunakan alat dan teknologi untuk memonitor proses tersebut (H Yanti dan AF Mustoffa, 2022).
- 5) Biaya perbaikan (*rework*), biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki suatu produk atau proyek yang tidak sesuai dengan spesifikasi atau standar, termasuk biaya untuk bahan-bahan dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan (S Sa'diyah, 2020).
- 6) Biaya kompensasi pekerja, biaya yang dikeluarkan untuk memberikan gaji, tunjangan, asuransi, dan manfaat lainnya kepada karyawan atau pekerja dalam suatu organisasi (SA Gusman, 2017).
- 7) Biaya perawatan medis, biaya yang dikeluarkan untuk menyediakan perawatan medis kepada karyawan atau pekerja yang membutuhkan, termasuk biaya untuk asuransi kesehatan, obat-obatan, dan perawatan kesehatan lainnya (S Ekawati dan H Andriani, 2022).
- 8) Biaya produksi. biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan atau membuat suatu produk, termasuk biaya untuk bahan baku, tenaga kerja, peralatan, dan biaya overhead seperti listrik dan sewa

b. Peningkatan Produktivitas

Pemakaian teknologi konstruksi lebih efisien dan presisi dalam operasinya, dapat meningkatkan produktivitas tenaga kerja dan mempercepat proses konstruksi.

*Intangible benefit* dimaksudkan suatu manfaat yang secara tidak langsung bisa dinikmati oleh masyarakat, tetapi sulit untuk dinilai dalam bentuk uang, jenis seperti berikut; Adanya perbaikan lingkungan (*environments changes*), bertambahnya pemandangan baru di suatu tempat, seperti tempat rekreasi; Terciptanya distribusi pendapatan; dan bertambahnya peningkatan pertahanan nasional (F Tiwa, 2016).

a. Meningkatkan citra dan reputasi perusahaan

Dengan menggunakan teknologi konstruksi, perusahaan dapat meningkatkan citra dan reputasi mereka di mata publik dan stakeholder lainnya (LM Ganiem dan E Kurnia, 2019).

b. Meningkatkan kepuasan dan motivasi karyawan

Penggunaan teknologi konstruksi juga dapat meningkatkan kepuasan dan motivasi karyawan dalam perusahaan (H Rarindo dan DBM Satata, 2021)

c. Meningkatkan inovasi dan pengembangan

Penggunaan teknologi konstruksi juga dapat mendorong perusahaan untuk lebih inovatif dan kreatif dalam mengembangkan solusi baru untuk masalah dan tantangan dalam industri konstruksi (A Savitri, 2019)

d. Meningkatkan hubungan dengan pelanggan dan pihak lain yang terkait (*stakeholder*)

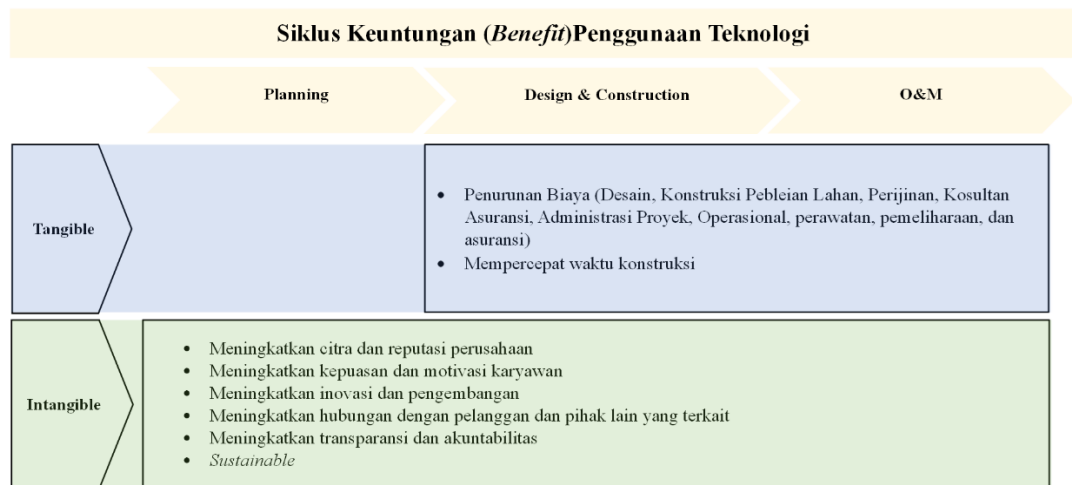
Dengan menggunakan teknologi konstruksi, perusahaan dapat meningkatkan hubungan dan kemitraan mereka dengan owner, konsultan, kontraktor dan pihak lain yang terkait dalam industri konstruksi (OYA Wijaya dan MM MH, 2020).

e. Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas

Teknologi konstruksi dapat membantu dalam meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan proyek konstruksi seperti mempermudah dalam kegiatan pengawasan dan inspeksi (AB Siswanto dan MA Salim, 2019)

f. *Sustainable*

*Sustainable construction* adalah konsep pembangunan yang bertujuan untuk meminimalkan dampak lingkungan dari proyek konstruksi, sekaligus memaksimalkan manfaat sosial dan ekonomi yang dihasilkan. Pemakaian teknologi konstruksi mendukung terlaksananya *Sustainable construction*. Sebagai contoh; pengurangan dampak lingkungan, Pengurangan emisi karbon, konservasi energi, dan pengurangan limbah konstruksi (FM Turot, 2022).



**Gambar II. 10:** Siklus Keuntungan (*Benefit*) Penggunaan Teknologi

Gambar II. 10 Menggambarkan Komponen keuntungan (*benefit*) investasi teknologi konstruksi terdiri dari *tangible benefit* dan *intangible benefit* berdasarkan siklus penggunaan teknologi tersebut.

### II.5.3 Jenis-Jenis Rasio Profitabilitas

Jenis-jenis rasio profitabilitas yaitu (Sartono, 2010):

a. *Gross profit margin*

Semakin tinggi profitabilitas berarti semakin baik. Tetapi perlu diperhatikan bahwa *gross profit margin* sangat dipengaruhi oleh harga pokok penjualan. Apabila harga pokok penjualan meningkat maka *gross profit margin* akan menurun begitu pula sebaliknya.

b. *Net profit margin*

Apabila *gross profit margin* selama satu periode tidak berubah sedangkan net profit marginnya mengalami penurunan maka berarti bahwa biaya meningkat relative besar dari pada peningkatan penjualan.

c. *Return on investment* atau *return on assets*.

*Return on investment* atau *return on assets* menunjukkan kemampuan perusahaan menghasilkan laba dari aktiva yang dipergunakan.

d. *Return on equity*.

*Return on equity* atau *return on net worth* mengukur kemampuan perusahaan memperoleh laba yang tersedia bagi pemegang saham perusahaan. Rasio ini



juga dipengaruhi besar kecilnya utang perusahaan, apabila proporsi utang makin besar maka rasio ini juga akan semakin besar.

- e. Profit margin  $\text{Profit margin} = \text{EBIT} / \text{Penjualan}$
- f. Rentabilitas ekonomis  $\text{Rentabilitas ekonomis} = \text{EBIT} / \text{Aktiva}$
- g. *Earning power*

Dengan menggunakan hubungan antara aktiva dengan net profit margin maka dapat dicari earning power atau return on asset ratio. Earning power adalah hasil kali net profit margin dengan perputaran aktiva.

#### **II.5.4 Return On Investment (ROI)**

*Return On Investment* (ROI) merupakan bentuk dari rasio profitabilitas yang digunakan untuk mengukur kemampuan perusahaan dalam menghasilkan keuntungan yang berasal dari keseluruhan dana pada aktiva yang digunakan untuk operasional perusahaan *return on investment* sebagai sebuah perhitungan yang memungkinkan suatu usaha untuk menentukan jumlah usaha yang diterima dari penanaman sejumlah modal yang berupa uang atau sumber daya (Menurut Garrison at al, 2007) (Munawir, 2010). Penilaian *Return On Investment* (ROI) menunjukkan laba atas jumlah asset/investasi yang digunakan oleh perusahaan. *Return On Investment* (ROI) juga digunakan sebagai ukuran untuk melihat efektivitas manajemen pengolahan investasi (Kasmir, 2018).

*Return On Investment* (ROI) atau pengembalian investasi, menilai penanaman investasi yang telah dilakukan atas pengembalian keuntungan. Tingginya nilai *Return On Investment* (ROI) menunjukkan kinerja atas investasi yang semakin baik (Fahmi, 2015). *Return On Investment* (ROI) menunjukkan kemampuan perusahaan dengan menggunakan seluruh aktiva yang dimiliki untuk menghasilkan laba setelah pajak (Sudana, 2019).

##### **II.5.3.1 Kegunaan *Return On Investment* (ROI)**

Kegunaan *Return On Investment* (ROI) antara lain (Munawir, 2010):

- a. Dapat mengukur efisiensi penggunaan modal yang bekerja, efisiensi produksi, efisiensi penjualan.
- b. Dapat mengukur efisiensi dari tindakan yang diambil oleh bagian atau divisi.

- c. Dapat digunakan untuk mengukur profitabilitas masing-masing produk yang dihasilkan.
- d. Dapat digunakan untuk keperluan perencanaan.

### **II.5.3.2 Manfaat *Return On Investment* (ROI)**

Manfaat analisa *Return On Investment* (ROI) adalah sebagai berikut (Munawir, 2010):

- a. Sebagai salah satu kegunaan yang prinsipil ialah sifatnya yang menyeluruh. Apabila perusahaan sudah menjalankan praktek akuntansi yang baik maka manajemen dengan menggunakan teknik analisa *Return On Investment* (ROI) dapat mengukur efisiensi penggunaan modal yang bekerja, efisiensi produksi dan efisiensi bagian penjualan.
- b. Apabila perusahaan dapat mempunyai data industri sehingga dapat diperoleh rasio industri, maka dengan analisis *Return On Investment* (ROI) ini dapat dibandingkan efisiensi penggunaan modal pada perusahaannya dengan perusahaan lain yang sejenis, sehingga dapat diketahui apakah perusahaannya berada dibawah, sama, atau di atas rata-ratanya. Dengan demikian akan dapat diketahui di mana kelemahannya dan apa yang sudah kuat pada perusahaan tersebut dibandingkan dengan perusahaan lain yang sejenis.
- c. Analisa *Return On Investment* (ROI) juga dapat digunakan untuk mengukur efisiensi tindakan - tindakan yang dilakukan oleh divisi/bagian, yaitu dengan mengalokasikan semua biaya dan modal ke dalam bagian yang bersangkutan. Arti pentingnya mengukur *rate of return* pada tingkat bagian adalah untuk dapat membandingkan efisiensi suatu bagian dengan bagian yang lain di dalam perusahaan yang bersangkutan.
- d. Analisa *Return On Investment* (ROI) juga dapat digunakan untuk mengukur profitabilitas dari masing-masing produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Dengan menggunakan "*product cost system*" yang baik, modal dan biaya dapat dialokasikan kepada berbagai produk yang dihasilkan oleh perusahaan yang bersangkutan, sehingga dengan demikian akan dapat dihitung profitabilitas dari *rate of return* masing-masing produk.

- e. *Return On Investment* (ROI) selain berguna untuk keperluan control, juga berguna untuk keperluan perencanaan. Misalnya *Return On Investment* (ROI) dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan kalau perusahaan akan mengadakan ekspansi.

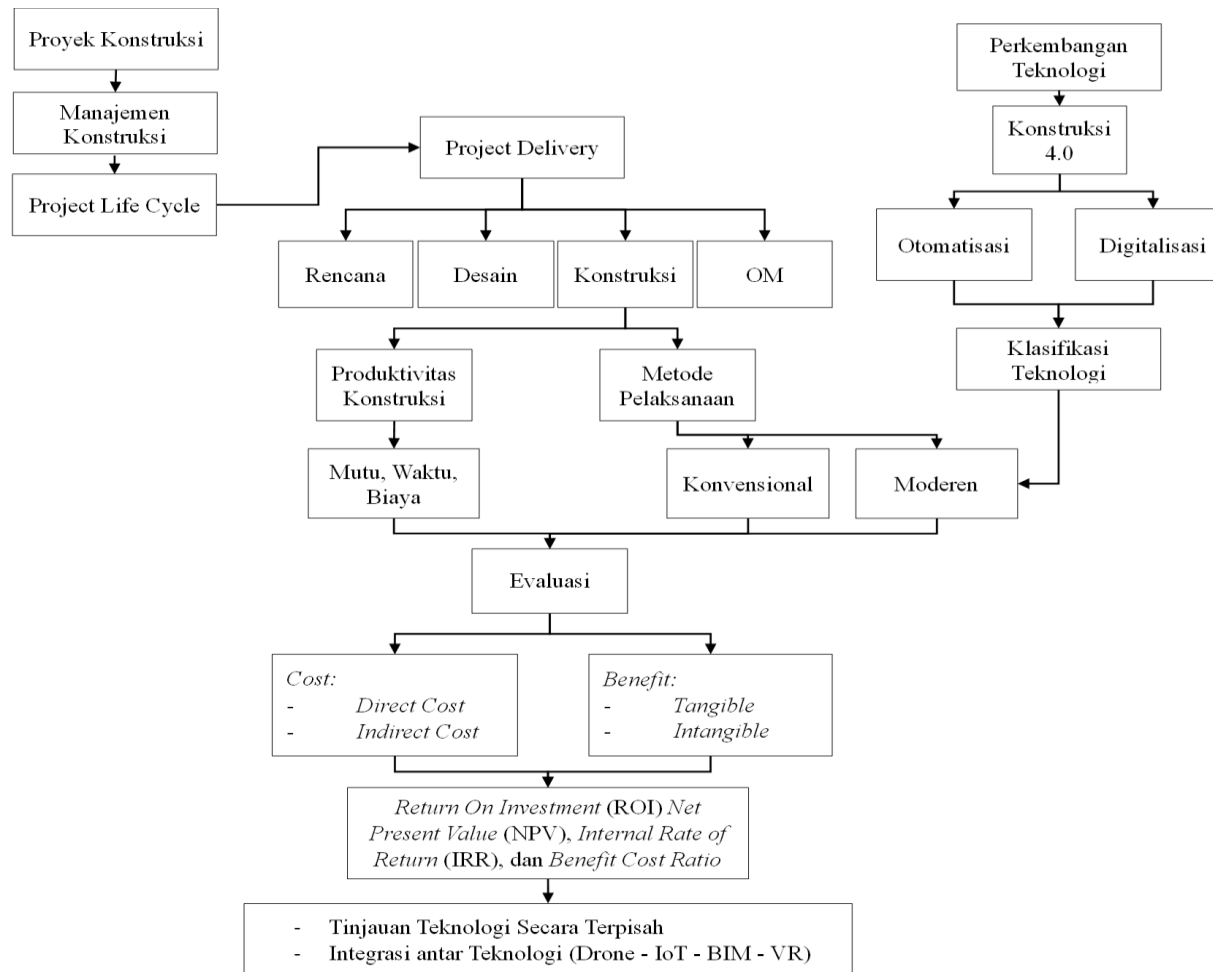
### **II.5.3.3 Cara Penilaian Profitabilitas *Return On Investment* (ROI)**

*Return On Investment* (ROI) adalah salah satu bentuk dari ratio profitabilitas yang dimaksudkan untuk mengukur kemampuan perusahaan dengan keseluruhan dana yang ditanamkan dalam aktiva, yang digunakan untuk operasi perusahaan dalam menghasilkan keuntungan. Besarnya Analisa *Return On Investment* (ROI) dapat dirumuskan sebagai berikut: (AA Wiranata, 2012).

$$\text{Operating(Profit Margin)} = \frac{\text{Laba Usaha}}{\text{Pendapatan Bersih}}$$

$$\text{Turn Over Operating Assets (Assets Turn Over)} = \frac{\text{Pendapatan Bersih}}{\text{Aktiva Usaha (Total Aset)}}$$

$$\text{Return On Investment} = \frac{\text{Pemasukan}}{\text{Investasi}} \times 100\%$$



**Gambar II. 11:** Kerangka Pikir (Framework)