

2.1 Definisi dan Terminologi

Definisi dan terminologi merupakan suatu pemahaman atau definisi dari suatu konsep yang digunakan agar peneliti memiliki landasan filosofis yang benar dalam melakukan penelitian (Kamus Besar Bahasa Indonesia).

a. Menurut Tchobanoglous (1976)

- Sisa material konstruksi timbul selama pelaksanaan konstruksi yang timbul akibat pembongkaran maupun penghancuran

b. Menurut Illingworth (1998)

- *Waste material* yang terjadi besar dapat dipastikan akan menyebabkan pembengkakan pada sektor pembiayaan.
- *Waste material* dapat terjadi karena adanya material yang lebih dari yang telah ditentukan. *Waste material* dapat pula terjadi karena material yang tersisa, material tercecer, maupun material yang rusak yang menyebabkan tidak dapat digunakan kembali

c. Menurut Franklin (1998)

- Timbulnya suatu material baru sebagai hasil produksi dari proses maupun suatu ketidaksengajaan yang tidak dapat dipergunakan kembali tanpa adanya suatu proses yang harus dilakukan

d. Menurut Al-Moghany (2006)

- *construction waste* merupakan material maupun waktu yang hilang yang tidak menambah suatu progress pekerjaan yang mengakibatkan kerugian.

e. Menurut Ngapan dkk (2012)

- *construction waste* timbul dalam konstruksi industry yang tidak memiliki nilai yang disebabkan oleh manusia.

f. Menurut Purnatha (2013)

- *Construction waste* termasuk dalam masalah antara eksekusi di lapangan maupun kehilangan material dari pekerjaan yang tidak perlu, yang mengakibatkan terjadinya penambahan biaya menghasilkan biaya tambahan tetapi tidak menambah nilai suatu produk.

2.1 *Construction Waste Material*

Salah satu komponen penting yang memiliki pengaruh cukup erat dengan biaya suatu proyek, yaitu material konstruksi, maka jika terjadinya *waste material* yang cukup besar maka hal tersebut dapat dipastikan akan menyebabkan pembengkakan pada sektor pembiayaan Illinworth (1998). *Waste material* dapat terjadi karena adanya material yang lebih dari yang telah ditentukan. *Waste material* dapat pula terjadi karena material yang tersisa, material tercecer, maupun material yang rusak yang menyebabkan tidak dapat digunakan kembali. Material *waste* yang dihasilkan dari suatu proyek konstruksi dapat dikatakan sebagai material yang tidak digunakan secara langsung sebagai hasil dari proses konstruksi, perbaikan, atau perubahan. *Waste* berupa material ini juga didefinisikan sebagai barang yang muncul sebagai hasil produksi dari proses maupun suatu ketidaksengajaan yang tidak dapat langsung dipergunakan kembali tanpa adanya suatu perlakuan lagi Franklin (1998). *Construction waste* diartikan sebagai material, waktu dan hasil yang hilang dari sebuah kegiatan tetapi tidak menambah nilai atau proses untuk produk. Al-Moghany (2006). Menurut Purnatha (2013) *Construction waste* merupakan suatu masalah antara kehilangan material dan eksekusi dari pekerjaan yang tidak perlu, yang mana hal tersebut dapat menghasilkan biaya tambahan tetapi tidak menambah nilai suatu produk.

Menurut Ngapan dkk (2012), *construction waste* merupakan sesuatu yang tidak memiliki nilai yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. *Construction waste* dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan wujudnya, yaitu :

1. *Waste* fisik

Construction waste yang berbentuk fisik seperti material yang berasal dari aktivitas konstruksi, pembongkaran pecahan batu bata, besi tulang kayu,

material plastic, kerikil maupun pasir. Selain pembongkaran ada pula dari renovasi dan ekskavasi.

www.itk.ac.id

2. *Waste non-fisik*

Waste non-fisik merupakan kegiatan yang menggunakan sumberdaya tetapi tidak menghasilkan *value* pada pekerjaan yang sedang dikerjakan. Pekerjaan tersebut menghasilkan suatu yang memerlukan perbaikan maupun proses yang sebetulnya tidak dibutuhkan.

Material dalam konstruksi yang digunakan dapat digolongkan dalam dua bagian besar menurut Gavilan dan Bemold (1994)

1. *Consumable material*

Consumable material merupakan material yang berupa bagian dari struktur fisik bangunan seperti semen, kerikil, pasir, besi tulangan, baja, dan lain-lain.

2. *Non-consumable material*

Non-consumable material merupakan material yang digunakan dalam proses konstruksi seperti bekisting, dinding penahan sementara.

Menurut Tchobanoglous et al (1976), sisa material konstruksi yang terjadi selama pelaksanaan konstruksi dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu :

1. *Demolition waste*

Demolition waste adalah hasil dari sisa material yang disebabkan akibat penghancuran atau pembongkaran bangunan lama.

2. *Construction waste*

Construction waste merupakan sisa material konstruksi yang dihasilkan dari renovasi atau pembangunan bangunan milik pribadi, komersil dan struktur lainnya. Sisa material yang ada tersebut berupa sampah yang terdiri dari beton, plesteran, batu bata, kayu, pipa dan komponen listrik.

Menurut Skoyles (1976) *Construction waste* dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya, yaitu :

www.itk.ac.id

1. *Direct Waste*

Direct waste merupakan sisa material yang terjadi di lokasi proyek yang disebabkan material tersebut telah rusak, hilang maupun tidak dapat digunakan kembali. Beberapa contoh dari *direct waste* ini antar lain :

a. *Transport and delivery waste* (sisa transportasi dan pengiriman)

Waste material yang terjadi pada saat melakukan pemindahan material dengan transportasi dalam lokasi pekerjaan. *waste material* transportasi pula dapat terjadi Ketika melakukan pembongkaran dan penempatan pada tempat penyimpanan seperti melempar atau membuang material pada saat dipindahkan.

b. *Site storage waste* (sisa penyimpanan)

Waste material yang terjadi akibat adanya penumpukan pada material seperti pasir maupun batu pecah yang mudah terbuang maupun semen yang berada pada tempat yang lembab.

c. *Conversion waste* (sisa perubahan bentuk)

Waste material yang berasal dari adanya sisa pemotongan bahan yang tidak ekonomis seperti sisa keramik, besi beton dll.

d. *Fixing waste* (sisa pemasangan)

Waste material yang timbul akibat adanya material yang rusak, tercecer maupun terbuang selama pekerjaan di lapangan seperti semen, batu bata, pasir dll.

e. *Cutting waste* (sisa pemotongan)

Waste material yang timbul dari potongan sisa bahan seperti, tang pancang, batu bata, besi beton, batu bata, keramik, dsb.

f. *Application and residu waste*

Waste material yang diakibatkan dari bahan yang tercecer atau jatuh seperti saat pelaksanaan terjadinya mortar yang tercecer dan telah mengeras pada akhir pekerjaan.

g. *Criminal waste* (sisa akibat Tindakan criminal)

Waste material yang timbul karena adanya Tindakan perusakan di lokasi ataupun terjadinya pencurian.

h. *Wrong use waste* (sisa kesalahan penggunaan)

Waste material yang timbul karena kesalahan penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi pada Kontrak yang telah ditetapkan.

i. *Management waste* (sisa kesalahan manajemen)

Waste material yang terjadi karena adanya kesalahan dalam mengambil keputusan dalam pengerjaan proyek atau kurangnya pengawasan.

2. *Indirect waste*

Indirect waste merupakan *waste material* yang diakibatkan karena ketidaksesuaian antara volume pemakaian melebihi volume yang direncanakan yang menyebabkan terjadinya *waste material* secara fisik dan dapat mempengaruhi biaya secara tersembunyi (*hidden cost*). *Indirect waste* dapat dibagi menjadi :

a. *Substitution waste* (*sisa hasil pergantian*)

Waste material yang timbul karena penggunaan yang menyimpang dari perencanaan yang disebabkan oleh 3 alasan :

1. Pembelian material yang berlebih
2. Terdapat material yang rusak
3. Adanya penambahan material

b. *Production waste* (*sisa hasil produksi*)

Waste material yang timbul karena pekerja yang menggunakan material berlebih seperti pemasangan dinding bata yang tidak rata menyebabkan adanya pemakaian mortar yang berlebih. Dengan adanya kesalahan akibat pekerja tersebut menyebabkan kontraktor tidak bisa mengklaim pengembalian biaya dikarenakan pembayaran sesuai volume yang dibuthkan berdasarkan kontrak yang ada.

c. *Negligence waste* (*sisa karena kelalaian*)

Negligence waste ini terjadi karena adanya kesalahan yang terjadi ini lokasi pekerjaan (*site error*), hal tersebut menyebabkan kontraktor harus menggunakan material lebih dari yang telah ditentukan seperti penggalian pondasi yang dalam atau lebar yang disebabkan karena adanya kecerobohan maupun kesalahan tenaga kerja yang akan mengakibatkan kelebihan pada pemakaian volume beton pada saat pengecoran pondasi.

2.2 Faktor – Faktor Penyebab Waste

Faktor-faktor penyebab waste dapat ditinjau dari penelitian terdahulu yang telah berhasil dijabarkan. Sintesa teori dari penelitian terdahulu dijabarkan seperti pada penjelasan berikut.

- 1) Menurut Natalia dkk (2017) faktor – faktor *construction waste* dibagi menjadi 8 kategori yang terdiri dari 43 faktor dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Faktor Penyebab Waste Material Menurut Natalia, 2017

No	Kategori	Faktor
1.	Waktu Tunggu	<ol style="list-style-type: none"> a. Waktu tunggu instruksi b. Waktu tunggu material c. Waktu menunggu perbaikan peralatan d. Waktu menunggu datangnya pekerja ke lokasi e. Waktu menunggu revisi
2.	Material/Bahan	<ol style="list-style-type: none"> a. Bahan/material yang berlebih b. Material yang spesifikasinya tidak sesuai c. Material yang hilang di lokasi d. Material yang menumpuk di lokasi e. Sering terjadi kehilangan material di lokasi f. Sisa material/bahan berserakan g. Kerusakan meterial di lokasi
3.	Sumber Daya Manusia	<ol style="list-style-type: none"> a. Pekerja yang bekerja tidak efektif, seperti terjadi keterlabatan maupun ketidak disiplin b. Tenaga kerja yang kekurangan pada skill pekerjaan c. Tenaga kerja yang buruk dalam hal pendistribusian d. Mutu pengawasan rendah e. Rendahnya kemampuan sub-kontraktor f. Menganggurnya tenaga kerja g. Terjadinya kesalahan pada instruksi pekerjaan h. Kesalahan pada saat pelaksanaan pekerjaan

No	Kategori	Faktor
4.	Pelaksanaan Konstruksi	a. Terjadi kecelakaan kerja b. Sering terjadi kerusakan pada peralatan c. Peralatan yang tidak dapat diandalkan d. Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan. e. Dokumen kontrak yang tidak lengkap f. Ketidak akuratan pada pengukuran di lapangan g. Terjadi penambahan jenis pekerjaan h. Pekerjaan rework dan repair
5.	Manajemen	a. Perencanaan dan penjadwalan yang buruk b. Informasi yang diberikan kurang jelas mengenai ketentuan dan persyaratan c. Koordinasi yang buruk diantara pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek d. Pengambilan keputusan yang lambat e. Metode konstruksi yang tidak tepat/tidak sesuai
7.	Desain dan Dokumentasi	a. Spesifikasi yang tidak jelas b. Gambar kerja yang tidak jelas c. Revisi dan distribusi gambar lambat d. Pendetailan gambar yang rumit e. Perubahan desain f. Desain yang buruk g. Ketidak lengkapan dokumen kontrak
8.	Eksternal	a. Kondisi lokasi yang tidak bagus b. Cuaca c. Kerusakan/kehilangan oleh pihak lain

(Sumber : Natalia dkk, 2017)

2) Menurut Purnatha (2013) faktor – faktor *construction waste* dibagi menjadi 7 kategori yang terdiri dari 40 faktor dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Faktor Penyebab *Waste Material* Menurut Purnatha, 2013

www.itk.ac.id

No	Kategori	Faktor
1.	Waktu Tunggu	<ul style="list-style-type: none"> a. Waktu menunggu instruksi b. Waktu menunggu material c. Waktu menunggu perbaikan peralatan d. Waktu menunggu datangnya pekerja ke lokasi e. Waktu menunggu datangnya alat
2.	Material/Bahan	<ul style="list-style-type: none"> a. Material tidak sesuai dengan spesifikasi b. Kehilangan material di lokasi c. Penumpukan material di lokasi d. Sering terjadi kehilangan material di lokasi e. Kerusakan material di lokasi
3.	Sumber Daya Manusia	<ul style="list-style-type: none"> a. Pekerja yang lambat/tidak efektif/tidak disiplin b. Kurangnya skill tenaga kerja c. Pendistribusian tenaga kerja yang buruk d. Mutu pengawasan rendah e. Kemampuan subkontraktor yang rendah f. Tenaga kerja yang menganggur g. Pengawas yang terlambat h. Pengawas yang tidak berpengalaman i. Kurangnya mandor
4.	Pelaksanaan Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> a. Terjadi kecelakaan kerja b. Peralatan sering rusak c. Peralatan tidak bisa diandalkan d. Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan e. Tidak lengkapnya dokumen kontrak f. Pengukuran dilapangan tidak akurat g. Terjadi penambahan jenis pekerjaan
5.	Manajemen	<ul style="list-style-type: none"> a. Pekerjaan rework dan repair b. Perencanaan dan penjadwalan yang buruk c. Informasi yang diberikan kurang jelas mengenai ketentuan dan persyaratan d. Koordinasi yang buruk diantara pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek e. Pengambilan keputusan yang lambat

No	Kategori	Faktor
6.	Desain dan Dokumentasi	a. Spesifikasi yang tidak jelas b. Gambar kerja yang tidak jelas c. Revisi dan distribusi gambar lambat d. Perubahan desain e. Desain yang buruk f. Ketidak lengkapan dokumen kontrak
7.	Eksternal	a. Kondisi lokasi yang tidak bagus b. Cuaca c. Kerusakan/kehilangan oleh pihak lain

(Sumber : Purnatha 2013)

3) Menurut Apni 2019 Faktor – faktor *construction waste* dibagi menjadi 7 kategori yang terdiri dari 49 faktor dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Faktor Penyebab *Waste Material* Menurut Apni, 2019

No	Kategori	Faktor
1.	Waktu Tunggu	a. Waktu menunggu instruksi b. Waktu menunggu material c. Waktu menunggu perbaikan peralatan d. Waktu menunggu datangnya pekerja ke lokasi e. Waktu menunggu datangnya alat f. Waktu menunggu revisi gambar / perubahan desain
2.	Material/Bahan	a. Material tidak sesuai dengan spesifikasi b. Kehilangan material di lokasi c. Penumpukan material di lokasi d. Sering terjadi kehilangan material di lokasi e. Kerusakan meterial di lokasi f. Kelebihan material / bahan g. Sisa material / bahan berserakan
3.	Sumber Daya Manusia	a. Pekerja yang lambat/tidak efektif/tidak disiplin b. Kurangnya skill tenaga kerja c. Pendistribusian tenaga kerja yang buruk d. Mutu pengawasan rendah e. Kemampuan subkontraktor yang rendah f. Tenaga kerja yang menganggur g. Pengawas yang terlambat h. Pengawas yang tidak berpengalaman i. Kesalahan instruksi pekerjaan

No	Kategori	Faktor
		j. Kesalahan pada saat pelaksanaan kerja
		k. Kurangnya mandor
4.	Pelaksanaan Konstruksi	a. Terjadi kecelakaan kerja b. Peralatan sering rusak c. Peralatan tidak bisa diandalkan d. Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan e. Tidak lengkapnya dokumen kontrak f. Pengukuran dilapangan tidak akurat g. Terjadi penambahan jenis pekerjaan
5.	Manajemen	a. Pekerja rework dan repair b. Perencanaan dan penjadwalan yang buruk c. Informasi yang diberikan kurang jelas mengenai ketentuan dan persyaratan d. Koordinasi yang buruk diantara pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek e. Pengambilan keputusan yang lambat f. Metode konstruksi yang tidak jelas
6.	Desain dan Dokumentasi	a. Spesifikasi yang tidak jelas b. Gambar kerja yang tidak jelas c. Revisi dan distribusi gambar lambat d. Perubahan desain e. Desain yang buruk f. Ketidak lengkapan dokumen kontrak
7.	Eksternal	a. Kondisi lokasi yang tidak bagus b. Cuaca c. Kerusakan/kehilangan oleh pihak lain d. Kondisi lokasi yang tidak bagus e. Kondisi Tanah

(Sumber : Apni, 2019)

4) Menurut Ngapan, dkk (2012), penyebab *construction waste* dapat dikelompokkan menjadi 7 kategori yang terdiri dari 53 faktor dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Faktor Penyebab *Waste Material* Menurut Ngapan, 2012

www.itk.ac.id

No	Kategori	Faktor
1	Rancangan	<ul style="list-style-type: none"> a. Perubahan desain yang sering dilakukan b. Kesalahan desain c. Kurangnya informasi desain d. Kualitas desain yang buruk e. Distribusi gambar lambat f. Desain yang rumit g. Desainer yang belum berpengalaman h. Interaksi antara berbagai spesialis
2	Penanganan	<ul style="list-style-type: none"> a. Penyimpanan bahan salah b. Penanganan materal yang buruk c. Kerusakan selama transportasi d. Kualitas material yang buruk e. Buruk kegagalan peralatan f. Penundaan selama pengiriman g. Alat tidak sesuai
3	Pekerja	<ul style="list-style-type: none"> a. Kesalahan pekerja b. Pekerja tidak kompeten c. Sifat pekerja yang buruk d. Kerusakan yang disebabkan oleh pekerja e. Pekerja pelatihan yang tidak memadai f. Pekerja kurang berpengalaman g. Kekurangan pekerja terampil h. Penggunaan bahan yang tidak tepat i. Pengerjaan yang buruk j. Pekerja tidak antusias k. Keausan peralatan yang tidak normal l. Terlalu banyak waktu lembur untuk pekerja
4	Pengelolaan	<ul style="list-style-type: none"> a. Perencanaan yang buruk b. Manajemen situs yang buruk c. Pengendalian yang buruk d. Pengawasan yang buruk e. Metode konstruksi yang tidak sesuai f. Kurangnya koordinasi antar pihak g. Kualitas informasi yang buruk h. Arus informasi yang terlambat antar pihak i. Kelangkaan peralatan j. Masalah sumber daya k. Peralatan usang l. Kurangnya rencana pengelolaan limbah m. Tidak tersedianya peralatan n. Kurangnya kesadaran lingkungan

No	Kategori	Faktor
5	Kondisi Lokasi Limbah	a. Bahan sisa di lokasi b. Kondisi lokasi yang buruk c. Limbah hasil pengemasan
6	Pengadaan Kesalahan dalam Pengiriman	a. Kesalahan pesanan b. Kesalahan dalam survey kuantitas c. Ketidaktahuan sesuai spesifikasi
7	Luar	a. Pengaruh cuaca b. Kecelakaan c. Pencurian d. Vandalism e. Kerusakan yang disebabkan oleh pihak ketiga f. Kondisi local tak terduga g. Kurangnya penegakan hukum

(Sumber : Ngapan, 2012)

5) Menurut Alwi, dkk (2002), penyebab *construction waste* dapat dikelompokkan menjadi 5 kategori yang terdiri dari 12 faktor dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Faktor Penyebab *Waste Material* Menurut Alwi dkk, 2002

No	Kategori	Faktor
1	Material	a. Kualitas material yang buruk b. Keterlambatan material tiba di lokasi c. Penanganan material yang buruk di lokasi d. Buruknya penjadwalan pengiriman material ke lokasi e. Material yang tidak sesuai f. Penyimpanan material yang buruk
2	Sumber Daya Manusia	a. Kurangnya skill tenaga kerja b. Pendistribusian tenaga kerja yang buruk c. 3 Pengawasan yang terlambat d. Kurangnya mandor e. Kemampuan subkontraktor yang rendah f. Pengawas yang tidak berpengalaman g. Pekerja tidak disiplin
3	Manajemen	a. Perencanaan dan penjadwalan yang buruk b. Informasi yang diberikan kurang jelas / salah c. Koordinasi yang buruk diantara pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek d. Pengambilan keputusan yang lambat e. Metode konstruksi yang tidak tepat / tidak sesuai

No	Kategori	Faktor
4	Desain dan Dokumentasi	a. Spesifikasi yang tidak jelas b. Gambar kerja yang tidak jelas c. Revisi dan distribusi gambar yang lambat d. Perubahan desain e. Desain yang buruk f. Ketidaklengkapan dokumen kontrak
5	Pelaksanaan	a. Waktu lembur yang berlebihan b. Pemeliharaan peralatan yang buruk c. Kekurangan alat d. Pemilihan peralatan yang buruk / tidak efektif e. Peralatan yang kuno / ketinggalan jaman f. Layout lokasi proyek yang buruk
6	Eksternal	a. Kondisi Lokasi yang tidak bagus b. Cuaca c. Kerusakan / kehilangan oleh pihak lain

(Sumber : Alwi dkk, 2002)

6) Menurut Gavialn dan Bernold (1996), penyebab *construction waste* dapat dikelompokkan menjadi 6 kategori yang terdiri dari 21 faktor dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Faktor Penyebab Terjadinya *Waste Material* Menurut Gavialn dan Bernold, 1996

No	Kategori	Faktor
1	Desain	a. Perubahan Desain b. Kesalahan Desain c. Desain Tidak Ekonomis d. Desainer yang belum berpengalaman
2	Pengadaan	a. Kesalahan rencana kuantitas b. Kemasan kurang baik c. Material terbuang/tercecer saat transportasi d. Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan
3	Handling/ Penanganan	a. Penanganan material yang tidak hati-hati b. Penyimpanan material yang tidak benar
4	Pelaksanaan	a. Kesalahan/ kecerobohan tenaga kerja b. Pekerja yang tidak kompeten c. Pengukuran yang tida akurat d. Sering dilakukan pekerja shift/pergantian kerja e. Penyalahgunaan material

No	Kategori	Faktor
5	Residual	a. Sisa pemotongan material
6	Eksternal	a. Kehilangan akibat pencurian
		b. Cuaca
		c. Kondisi Lokasi

(Sumber : Gavialn dan Bernold, 1996)

7) Menurut Uta Domas Rachman dan Andi Tenrisukki (2009), penyebab *construction waste* dapat dikelompokkan menjadi 6 kategori yang terdiri dari 22 faktor dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Faktor-Faktor Penyebab *Waste Material* Menurut Uta dan Andi, 2009

NO	Sumber	Penyebab
1	Desain	<ul style="list-style-type: none"> a. Adanya perubahan desain b. Pendetailan gambar yang rumit c. Informasi gambar yang kurang jelas d. Kurangnya koordinasi dimensi dengan produk yang akan digunakan e. Perencana yang kurang berkompeten
2	Pengadaan Material	<ul style="list-style-type: none"> a. Pesanan material tidak sesuai (kelebihan, kekurangan, dsb) b. Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil c. Supplier tidak mengirimkan material sesuai spesifikasi d. Material tercecer/terbuang saat transportasi
3	Penanganan Material	<ul style="list-style-type: none"> a. Kerusakan akibat transportasi ke/di lokasi proyek b. Penanganan yang tidak hati-hati c. Penyimpanan material yang kurang baik d. Membuang atau melempar material
4	Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> a. Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja b. Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik c. Cuaca buruk d. Pengukuran yang tidak akurat e. Kesalahan dalam memahami gambar kerja f. Sering dilakukan pekerja <i>shift</i>/pergantian pekerja
5	Residual	a. Material sisa karena proses pemakaian

NO	Sumber	Penyebab
6	Lain-lain	a. Hilang karena dicuri b. Kurangnya pengontrolan material di proyek

(Sumber : Uta Domas Rachman, 2009)

8) Menurut Nuris Wahyudi (2016), Faktor – faktor *construction waste* dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori yang terdiri dari 11 faktor dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Faktor-Faktor Penyebab *Waste Material*

NO	Sumber	Penyebab
1	Desain	a. Perubahan Desain
2	Pengadaan	a. Kerusakan selama pengiriman b. Kemasan yang rusak c. Keterlambatan pengiriman material di site d. Kerusakan material akibat transportasi e. Kemasan kurang baik
3	Pelaksanaan	a. Pengalaman pekerja kurang dan tidak memiliki motivasi kerja b. Kecerobohan pekerja di lapangan c. Kerusakan material akibat penimbunan dan penanganan d. Menangani material tidak hati-hati e. Kerusakan dalam penanganan material selama konstruksi

(Sumber : Nuris Wahyudi, 2016)

2.3 Monte Carlo

Menurut Kwak Y dan Ingall L (2007) dalam manajemen proyek, simulasi *Monte Carlo* dapat mengukur ketidakpastian dari jadwal dan pembiayaan proyek serta risiko akan adanya ketidakpastian dari jadwal pekerjaan. cara menganalisa yaitu dengan memberikan manajemen proyek sebuah indikator statistic dari kinerja proyek yang ada berupa anggaran penyelesaian proyek dan target waktu penyelesaian. Simulasi *Monte Carlo* ini memiliki keuntungan dari simulasi yang digunakan sebagai cara lain dalam menganalisa proyek dengan menggabungkan ketidakpastian.

Menurut Adnan (2008) *Monte Carlo* merupakan sebuah pemodelan yang bersifat statistical dengan Teknik sampling yang bertujuan untuk memperkirakan

solusi terhadap masalah-masalah yang bersifat kuantitatif. Metode *Monte Carlo* mensimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai random untuk setiap variable dari distribusi probabilitasnya. Angka random biasanya menggunakan simulasi *multiplicative congruential method* dengan alasan kepraktisan untuk menghasilkan angka *random* antara 0 dan 1.

Menurut Ingall (2007), belum banyaknya penggunaan metode *Monte Carlo* oleh para manager proyek kecuali perusahaannya maupun organisasi yang memberikan tugas demikian. Alasan utama metode ini kurang populer antara lain adalah kurangnya pemahaman manager proyek tentang metode *Monte Carlo* dan statistik. Simulasi *Monte Carlo* merupakan simulasi tipe probabilitas yang mendekati solusi sebuah masalah dengan melakukan sampling dari proses acak. Selanjutnya setiap variabel dalam model tersebut memiliki nilai yang memiliki probabilitas yang berbeda, yang ditunjukkan oleh distribusi probabilitas dari setiap variabel. *Monte Carlo* mensimulasikan sistem yang ditinjau, dengan cara memilih nilai random untuk tiap variabel dari distribusi probabilitasnya (Widya, 2017).

Pada jurnal *Project Management Institute* (2004), menjelaskan bahwa simulasi *Monte Carlo* dalam bidang manajemen proyek digunakan untuk mengiterasi maupun menghitung biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai secara *random* dari distribusi probabilitas biaya maupun waktu yang mungkin akan berkaitan dengan tujuan untuk menghitung kemungkinan biaya maupun waktu total pada proyek. Metode *Monte Carlo* merupakan metode yang umum digunakan untuk simulasi perhitungan probabilitas membahas aspek risiko dalam manajemen proyek. Simulasi *Monte Carlo* ini akan dilakukan menggunakan *software Companion by minitab*.

2.4 Fault Tree Analysis

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan suatu metode Analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan atau yang disebut *undersired event* yang terjadi pada suatu sistem, dan sistem tersebut akan dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin

terjadi yang mengarah pada terjadinya *undersires event* tersebut. (Kristiansen, 2005).

www.itk.ac.id

Fault Tree Analysis merupakan Teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). *Fault Tree Analysis* merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena mampu memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan akan timbul, tidak berasal dari satu titik kegagalan (Danaher, 2000).

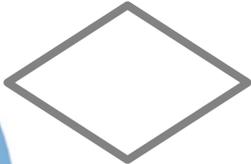
Fault Tree Analysis mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk poho kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Gerbang logika ini berfungsi *AND* atau *OR*. Gerbang logika *AND* menunjukkan bahwa semua kejadian dasar harus terjadi sebagai syarat terjadinya kejadian di tingkatan atasnya. Gerbang logika *OR* menunjukkan bahwa apabila satu saja kejadian dasar terjadi, maka kejadian satu tingkat di atasnya pasti terjadi. Berikut merupakan tabel simbol *Fault Tree Analysis*.

Berdasarkan diagram *Fault Tree Analysis* dapat disusun suatu *cut set*. *Cut set* merupakan serangkaian komponen system, apabila terjadi kegagalan dapat berakibat kegagalan pada sistem. Untuk mencari minimal *cut set* tersebut dapat menggunakan *Method for Obtaining Cut Sets* (MOCUS) yaitu sebuah algoritma yang digunakan untuk mendapatkan minimal *cut set* dalam *Fault Tree analysis*. (Connor, 1993)

Tabel 2.9 Tabel Simbol *Fault Tree Analysis*

Istilah	Keterangan	simbol
<i>Top Event</i>	Suatau kejadian yang akan diteliti lebih lanjut dengan mencari kejadian dasar penyebab terjadinya kejadian tersebut dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan	

www.itk.ac.id

Istilah	Keterangan	simbol
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam And dan OR	
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar (<i>Basic Event</i>) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.	
<i>Basic Event</i>	Kejadian dasar yang berada pada level paling bawah sebagai penyebab dasar yang memiliki informasi sehingga tidak perlu dilakukan Analisa lebih lanjut	

(Sumber : *Internation Electrotechnical Comission (2006)*)

Pada perhitungan probabilitas menggunakan *Fault Tree Analysis* akan berlaku rumus sebagai berikut untuk melakukan suatu perhitungan yang bersifat *bottom-up approach* dengan menggunakan pendekatan numerik. Pendekatan numerik ini diawali dari level terendah dan mengkombinasikan semua probabilitas dari *event* yang ada pada level ini yang sesuai dengan *logic-gate*. Kombinasi probabilitas ini akan memberikan nilai probabilitas untuk *intermediate event* pada level tertinggi.

Menurut Sudaryono, (2012), perhitungan fungsi AND dengan dua kejadian majemuk berlaku rumus :

$$P(A \cap B) = P(A).P(B) \quad 2.1$$

Untuk fungsi AND dengan kejadian tiga majemuk digunakan rumus :

$$P(A \cap B \cap C) = P(A).P(B).P(C) \quad 2.2$$

Untuk fungsi OR dengan kejadian dua majemuk berlaku rumus :

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A).P(B) \quad 2.3$$

$$P(A \cup B) = 1 - (1 - P(A)).(1 - P(B)) \quad 2.4$$

Untuk fungsi *OR* dengan kejadian tiga majemuk berlaku rumus :

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(A \cap C) - P(B \cap C) + P(A \cap B \cap C)$$

2.5

Dengan :

$P(A)$ = peluang kejadian A

$P(B)$ = peluang kejadian B

$P(C)$ = peluang kejadian C

2.5 Expected Monetary Value

Expected Monetary Value didapatkan sebagai hasil dari *event tress analysis* yang probabilitas dan nilai dampaknya telah dihitung. Hasil perkalian tersebut disebut sebagai *Expected Risk Magnitude*. *Expected Monetary Value* juga dapat digunakan pada diagram keputusan sebagai pertimbangan untuk memilih suatu alternatif. Pada perinsipnya, perhitungan EMV pada diagram keputusan dan *Even Tree Analysis* memiliki perhitungan yang sama. Persamaan untuk menghitung EMV adalah sebagai berikut :

$$EMV(A_i) = \sum_{i=1}^N V_i x P(V_i)$$

2.6

Dengan :

A_i = Alternatif i

N = Jumlah *state of Nature*

V_i = Nilai *Payoff* (*outcome*)

$P(V_i)$ = Probabilitas *payoff*.

Expected Monetary Value (*EVM*) merupakan salah satu metode untuk menganalisis resiko berdasarkan peluang, dampak, dan estimasi besarnya kerugian atau manfaat berdasarkan peluang dan dampak tersebut (Vivain, 2013). Menurut walke, et.al (2010) Teknik *EVM* dapat dilakukan dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

www.itk.ac.id

1. mendefinisikan suatu Tindakan yang akan diselesaikan

2. membangun pohon keputusan, yang terdiri terlaksan atau tidaknya
3. memetakan risiko
4. memperkirakan probabilitas dan *impact* dari risiko
5. menghitung EVM pada masing-masing risiko
6. menentukan opsi yang paling tepat berdasarkan *decision tree*

2.6 Mitigasi Penyebab

Tahapan akhir dari penelitian ini yaitu dengan adanya mitigasi risiko. Risiko yang telah ada dapat ditangani dengan respon risiko. Digunakan mitigasi risiko untuk meminimalisir dan mengurangi dampak yang dapat ditimbulkan akibat risiko yang ada. Untuk mengetahui strategi mitigasi risiko pada suatu risiko dilakukan wawancara dan pengisian kuisioner terhadap responden ahli (*Expert*) mengenai risiko yang telah didapatkan dari analisa penyebab utama yang berkategori tinggi karena indikator tersebut memiliki tingkat kejadian yang cukup besar (Isnaini, 2011). Risiko atau indikator terbesar yang dapat menyebabkan *waste material*. Mitigasi risiko hanya dilakukan pada risiko atau penyebab utama indikator terjadinya *waste material*. Mitigasi yang efektif diberikan oleh *expert* sesuai dengan pengalaman yang pernah dialami oleh responden tersebut selama melaksanakan proyek konstruksi.

2.7 Penelitian Terdahulu dan Letak Penelitian

Penelitian terdahulu merupakan suatu acuan bagi peneliti dalam melakukan penelitian mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya *construction waste material*. Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat masing-masing Teknik Analisa data untuk menemukan permasalahan mengenai identifikasi masalah berupa *waste material* konstruksi. Berikut merupakan penjelasan mengenai penelitian terdahulu maupun letak penelitian.

2.7.1 Penelitian Terdahulu

Pada tabel 2.10 berikut merupakan tabel penelitian terdahulu yang berisi mengenai identifikasi masalah serta Teknik Analisa data yang akan digunakan sebagai acuan dalam penulisan Tugas Akhir terhadap posisi penulis.

Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Identifikasi	Teknik Analisa Data	Hasil
1	Alwi, S. ; Hampson, K. Dan Mohamed , S. (2002)	<i>Waste in the Indonesian construction projects</i>	Apa saja aktivitas yang tidak menghasilkan <i>value</i> beserta penyebabnya	T-Test dan Regresi Linier	Penyebab utama terjadinya <i>waste material</i> 1. Perubahan desain 2. Lambat dalam mengambil keputusan 3. Kurang keterampilan pada pekerja
2	Rachman, Domas., Tenrisukki, Andi. (2009)	Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material	Mengidentifikasi sumber dan faktor penyebab timbulnya <i>waste material</i> pada proyek perumahan di wilayah Bogor	Uji normalitas dan uji korelasi berdasarkan hasil wawancara	Penyebab faktor utama terjadinya <i>waste material</i> pada proyek perumahan adalah : 1. Perubahan Desain 2. Perencana yang kurang berkompeten 3. Material yang terbuang/tersecer 4. Pengangan yang tidak baik 5. Penyimpanan material yang kurang baik 6. Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja.

No	Penulis	Judul	Identifikasi	Teknik Analisa Data	Hasil
3	Nagapan, S., Rahman, I.A., dan Asmi, A. (2012)	<i>Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste</i>	Mengidentifikasi penyebab utama terjadinya pemborosan konstruksi yang menyebabkan terjadinya pemborosan	Analisa Faktor	Hasil yang didapatkan bahwa terdapat 81 faktor yang berpengaruh yang terbagi menjadi beberapa kategori diantaranya adalah : <ol style="list-style-type: none"> 1. Desain 2. Pengadaan 3. Faktor eksternal 4. Penanganan 5. Pekerja 6. Manajemen 7. Kondisi proyek
4	Adewuyi, Otali (2013)	<i>Evaluation Of Causes Of Construction Material Waste – Case Of Rivers State, Nigeria-</i>	Penyebab <i>waste Material</i> pada konstruksi di Nigeria	Metode skor rata-rata, metode perankingan, uji Man-Whitney U	Penyebab utama <i>waste material</i> : <ol style="list-style-type: none"> 1. Perubahan desain 2. Pengerjaan ulang karena tidak sesuai dengan spesifikasi 3. Pekerja yang kurang berkompeten
5	Nuris Wahyudi (2016)	Kajian Pengelolaan "Construction waste" dalam konstruksi bangunan gedung	Penyebab <i>waste material</i> pada bangunan Gedung beserta mitigasi	Analisis faktor berdasarkan Penelitian terdahulu	Penyebab utama : <ol style="list-style-type: none"> 1. Perubahan Desain 2. Pengadaan Material Mitigasi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Meminimalkan perubahan desain 2. Pengendalian material 3. Pemilihan tenaga kerja yang ahli dan terlatih
6	Maisarah, Fauziah., Suhariyanto	Identifikasi Jenis dan Pengelolaan Sistem Material Pada	Mengidentifikasi jenis dan pengelolaan sisa material pada proyek	Analisa data kuisisioner menggunakan	Didapatkan faktor utama penyebab terjadinya <i>waste material</i> yaitu : <ol style="list-style-type: none"> 1. Kesalahan tenaga kerja

No	Penulis	Judul	Identifikasi	Teknik Analisa Data	Hasil
		Proyek Perumahan di Kota Malang	proyek perumahan u	analisis deskriptif	2. Faktor eksternal (cuaca) 3. Pengadaan material Pengelolaan agar tidak terjadi <i>waste material</i> : 1. Dilakukan Teknik <i>pre planning</i> 2. Penerapan sistem FIFO (First In-First out)
7	Apni, Nur., Happy, Veronika P. (2019)	Faktor-Faktor Penyebab <i>construction waste</i> pada proyek konstruksi di kota Palangka Raya	Untuk mengetahui faktor dominan yang terjadi pada <i>construction waste</i> pada proyek konstruksi bangunan Gedung di Kota Palangka Raya	Analisa secara deskriptif dengan program SPSS	Faktor cuaca merupakan Faktor dominan yang mempengaruhi <i>construction waste</i>
8	Intan, Suryanto., Alifen, Ratna S., Arijanto, Lie (2005)	Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : sumber penyebab, kuantitas, dan biaya	Untuk mengetahui kuantitas, sumber dan faktor-faktor penyebab timbulnya sisa material	Analisa faktor menggunakan konsep Pareto's Law	Sumber dan faktor penyebab <i>waste material</i> : 1. Kesalahan atau kecerobohan pekerja di lapangan 2. Adanya perubahan desain
9	Iriana, (2009)	Analisis Penanganan Material Waste Pada Proyek Perumahan Di Surabaya	Penelitian ini menganalisa apa saja penyebab terjadinya <i>waste material</i> pada proyek perumahan di Kota Surabaya	Analisis data yang digunakan yaitu dengan analisis frekuensi, Analisis Mean	Faktor utama <i>waste</i> dapat terjadi karena adanya kesalahan pekerja yang menyebabkan banyak material seperti cat, genteng, kayu, maupun besi yang tersisa

No	Penulis	Judul	Identifikasi	Teknik Analisa Data	Hasil
			serta penangannya.		
10	Widi Hartono, Sugiyarto, dan Derry Handoko Purba (2015)	Analisis dan Pengelolaan Sisa Material Konstruksi dan Faktor Penyebab pada 3 (tiga) Proyek Kelurahan	Untuk mengetahui penyebab terjadinya <i>waste material</i>	<i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	Penyebab utama terjadinya <i>waste</i> : 1. Desain 2. Pengadaan Material 3. Penanganan Material 4. Pelaksanaan
11	Hadiman, Hanintyo, Hatmoko, Jati U.T., Kistiani, Frida	Evaluasi <i>Waste</i> pada Proyek Gedung di Wilayah Semarang	Mengetahui frekuensi dan efek/dampak pengaruh <i>waste</i> , serta faktor penyebab <i>waste</i>	<i>Weight Mean Score</i> (WMS)	Faktor utama penyebab terjadinya <i>waste</i> pada wilayah Semarang yaitu adanya perubahan desain
12	(Andi dan Uta, 2019)	Analisis Pengaruh Faktor-faktor Penyebab Sisa Material Terhadap Presentase <i>Waste</i> .	Penelitian ini menganalisis sumber maupun faktor penyebab terjadinya <i>waste material</i>	Analisis yang digunakan untuk pengelolaan data yaitu dengan Teknik <i>non-probability sampling</i> dengan metode <i>purposive sampling</i> .	Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya <i>waste</i> antara lain karena ada perubahan desain.
13	Bramantya Fidinsyah Putra	Analisis Faktor Penyebab dan Mitigasi <i>Waste</i> Pada proyek Konstruksi di Kota Surabaya	Analisi faktor penyebab <i>waste</i> serta mitigasi yang efektif dalam penanganan <i>waste material</i> yang berada di proyek konstruksi	Monte Carlo, Fault Tree Analysis, Expected Monetary Value, Decision Tree	Terdapat tiga faktor terbesar penyebab terjadinya <i>waste</i> yaitu owner melakukan perubahan desain, perencana kurang berkompeten, dan terjadinya missskomunikasi

No	Penulis	Judul	Identifikasi	Teknik Analisa Data	Hasil
					dalam perencanaan desain

(Sumber : Olahan Penulis, 2021)

2.7.2 Posisi Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggabungkan faktor-faktor penyebab *waste material* berdasarkan penelitian terdahulu, serta menggabungkan beberapa metode atau Teknik Analisa data untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Teknik Analisa data yang digunakan peneliti, yaitu Analisa deskriptif, *Fault Tree Analysis* untuk mengetahui akar penyebab masalah, *Monte Carlo* untuk mengetahui nilai probabilistic, *Expected Monetary Value* untuk menentukan faktor tertinggi penyebab *waste material*. Berikut merupakan posisi penelitian terhadap penelitian terdahulu

Tabel 2.11 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Terdahulu

Sumber Penelitian	Faktor Penyebab Waste Material	Mitigasi Risiko	Metode Analisa Deskriptif	Metode <i>Fault Tree Analysis</i>	Metode <i>Monte Carlo</i>	Metode <i>EMV</i>
Alwi, S . ; Hampson, K. & Mohamed, s (2002)	✓	-	-	-	-	-
Rachman Domas, Tenrisukki, Andi (2009)	✓	-	-	-	-	-
Ngapan, S., Rahman, I.A., dan Asmi, A (2012)	✓	-	-	-	-	-
Adewuyi, Otali (2013)	✓	-	✓	-	-	-
Nuris Wahyudi (2016)	✓	✓	-	-	-	-

Sumber Penelitian	Faktor Penyebab Waste Material	Mitigasi Risiko	Metode Analisa Deskriptif	Metode <i>Fault Tree Analysis</i>	Metode <i>Monte Carlo</i>	Metode <i>EMV</i>
Maisarah, Fauziah Suhariyanto	✓	-	✓	-	-	-
Apni Nur (2019)	✓	-	✓	-	-	-
Intan Suryanto (2005)	✓	-	-	-	-	-
Iriana (2009)	✓	✓	✓	-	-	-
Widi Hartanto, (2015)	✓	-	-	✓	-	-
Hadiman Hanintyo	✓	-	-	-	-	-
Andi dan Uta (2019)	✓	-	-	-	-	-
Bramantya (2018)	✓	✓	-	✓	✓	✓
Letak Penelitian	✓	✓	✓	✓	✓	✓

(Sumber : Olahan Peneliti, 2021)

Berdasarkan hasil identifikasi faktor-faktor *waste material* yang didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya akan dijadikan variabel penelitian. Kemudian variabel tersebut akan diolah dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis*, dimana *Fault Tree Analysis* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor *waste material*, kemudian menggunakan simulasi *monte carlo* untuk menghitung probabilitas, serta *Expected Monetary Value* yang digunakan untuk mengetahui faktor utama atau faktor terbesar dengan bantuan Teknik *decision tree* untuk mencari faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya *waste material* dari proyek konstruksi di Balikpapan.

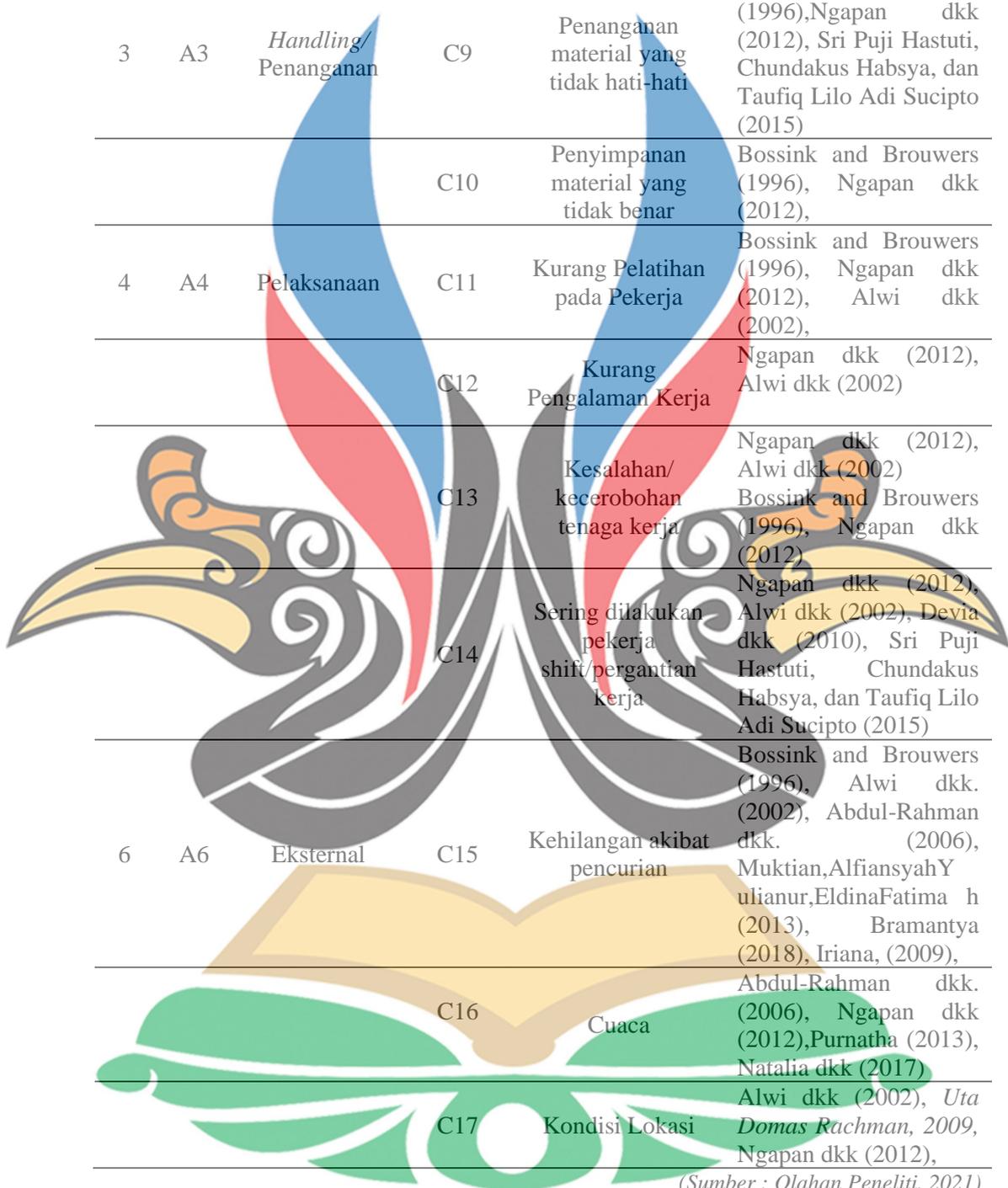
Penelitian ini menggabungkan seluruh variabel yang dijadikan 6 kategori yang terdiri dari 17 faktor berdasarkan penelitian terdahulu yaitu :

Tabel 2.12 Variabel Penelitian

No	Kategori	Kode	Indikator	Sumber
1	A1	Desain	Perubahan Desain	Gavilan dan Bernold (1994), Bossink and Brouwers (1996), Iriana

No	Kategori	Kode	Indikator	Sumber	
			www.itk.ac.id	(2009), Ngapan dkk (2012), Alwi dkk (2012), M. Asad Abdurrahman (2012) Widi Hartono, Sugiyarto, dan Derry Handoko Purba (2015), Hanintyo Hanintyo hadiman, Jati utomo dan Frida Kistiani (2014), Ratna S. Alifen, dan Petra Lie Arijanto (2005), Muktian, Alfiansyah Yulianur, Eldina Fatima h (2013), Sri Puji Hastuti, Chundakus Habsya, dan Taufiq Lilo Adi Sucipto (2015)	
		C2	Kesalahan Desain	Alwi dkk (2002), Graham dan Smithers (1996), Ngapan dkk (2012)	
		C3	Desainer yang belum berpengalaman	Adewuyi dan Otali (2013), Ngapan dkk (2012), Farmoso (2002) Bossink and Brouwers (1996), Farmoso (2002), Ngapan dkk (2012),	
		C4	Desain Tidak Ekonomis	Adewuyi dan Otali (2013), Ngapan dkk (2012), Farmoso (2002) Bossink and Brouwers (1996), Alwi dkk. (2002), Abdul-Rahman dkk. (2006), Muktian, Alfiansyah Yulianur, Eldina Fatima h (2013)	
2	A2	Pengadaan	C5	Kesalahan rencana kuantitas	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012), Muktian, Alfiansyah Yulianur, Eldina Fatima h (2013), M. Asad Abdurrahman (2012)
			C6	Penyalahgunaan material	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012), Muktian, Alfiansyah Yulianur, Eldina Fatima h (2013), M. Asad Abdurrahman (2012)
			C7	Material terbuang/tercecer saat transportasi	Bossink and Brouwers (1996),

www.itk.ac.id



No	Kategori	Kode	Indikator	Sumber	
		C8	Miskomunikasi antar bagian dalam pengadaan	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012),	
3	A3	Handling/ Penanganan	C9	Penanganan material yang tidak hati-hati	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012), Sri Puji Hastuti, Chundakus Habsya, dan Taufiq Lilo Adi Sucipto (2015)
			C10	Penyimpanan material yang tidak benar	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012),
4	A4	Pelaksanaan	C11	Kurang Pelatihan pada Pekerja	Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012), Alwi dkk (2002),
			C12	Kurang Pengalaman Kerja	Ngapan dkk (2012), Alwi dkk (2002)
			C13	Kesalahan/ kecerobohan tenaga kerja	Ngapan dkk (2012), Alwi dkk (2002) Bossink and Brouwers (1996), Ngapan dkk (2012)
			C14	Sering dilakukan pekerja shift/pergantian kerja	Ngapan dkk (2012), Alwi dkk (2002), Devia dkk (2010), Sri Puji Hastuti, Chundakus Habsya, dan Taufiq Lilo Adi Sucipto (2015)
6	A6	Eksternal	C15	Kehilangan akibat pencurian	Bossink and Brouwers (1996), Alwi dkk. (2002), Abdul-Rahman dkk. (2006), Mukhtian, Alfiansyah Yulianur, Eldina Fatimah (2013), Bramantya (2018), Iriana, (2009),
			C16	Cuaca	Abdul-Rahman dkk. (2006), Ngapan dkk (2012), Purnatha (2013), Natalia dkk (2017)
			C17	Kondisi Lokasi	Alwi dkk (2002), Uta Domas Rachman, 2009, Ngapan dkk (2012),

(Sumber : Olahan Peneliti, 2021)