

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

Materi penelitian pada disertasi ini menitikberatkan pada pembuatan model penilaian energi pada sektor konstruksi khususnya proyek infrastruktur dengan menggunakan teknik dan metode penelitian yang terstruktur. Metode penelitian merupakan cara bagaimana untuk dapat memahami suatu objek penelitian. Melalui pemahaman yang benar terhadap objek penelitian akan menghasilkan penelitian yang objektif serta melahirkan pengetahuan yang benar. Cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan dapat ditemukan, dibuktikan dan dikembangkan menjadi suatu pengetahuan sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipikasi masalah (Sugiyono, 2009). Penelitian merupakan suatu metode untuk menemukan kebenaran, sehingga penelitian juga merupakan metode berpikir secara kritis. Tujuan khusus penelitian ini adalah membangun model penilaian energi (*Embodied Energi (EE)* dan *Operational Energi (OE)*) pada proyek infrastruktur berdasarkan *project life cycle (PLC)*.

Penelitian disertasi ini menggunakan metode kuesioner, wawancara, delphi dan observasi. Metode kuesioner/angket digunakan untuk mengumpulkan data primer melalui seperangkat daftar pertanyaan mengenai variable yang diukur dengan perencanaan yang matang, disusun dan dikemas sedemikian rupa, sehingga jawaban dari semua pertanyaan benar-benar dapat menggambarkan keadaan variable yang sebenarnya. Metode wawancara digunakan untuk mendapatkan data primer dengan cara komunikasi dua arah baik dengan teknik terstruktur maupun tidak terstruktur. Metode observasi merupakan teknik pengukuran data dengan cara melakukan pengamatan langsung secara seksama dan sistematis dengan menggunakan alat panca indra manusia (Mustafa, 2009). Metode Delphi diaplikasikan untuk melakukan konfirmasi dan validasi terhadap usulan variabel dan indikator upaya penurunan *Embodied Energi* dan *Operational Energi*. Observasi dilakukan untuk melihat sejauh mana implementasi upaya penurunan *Embodied Energi* dan *Operational Energi* yang ada pada fase kegiatan inisiasi, design, konstruksi dan operasional bangunan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Tempat Penelitian

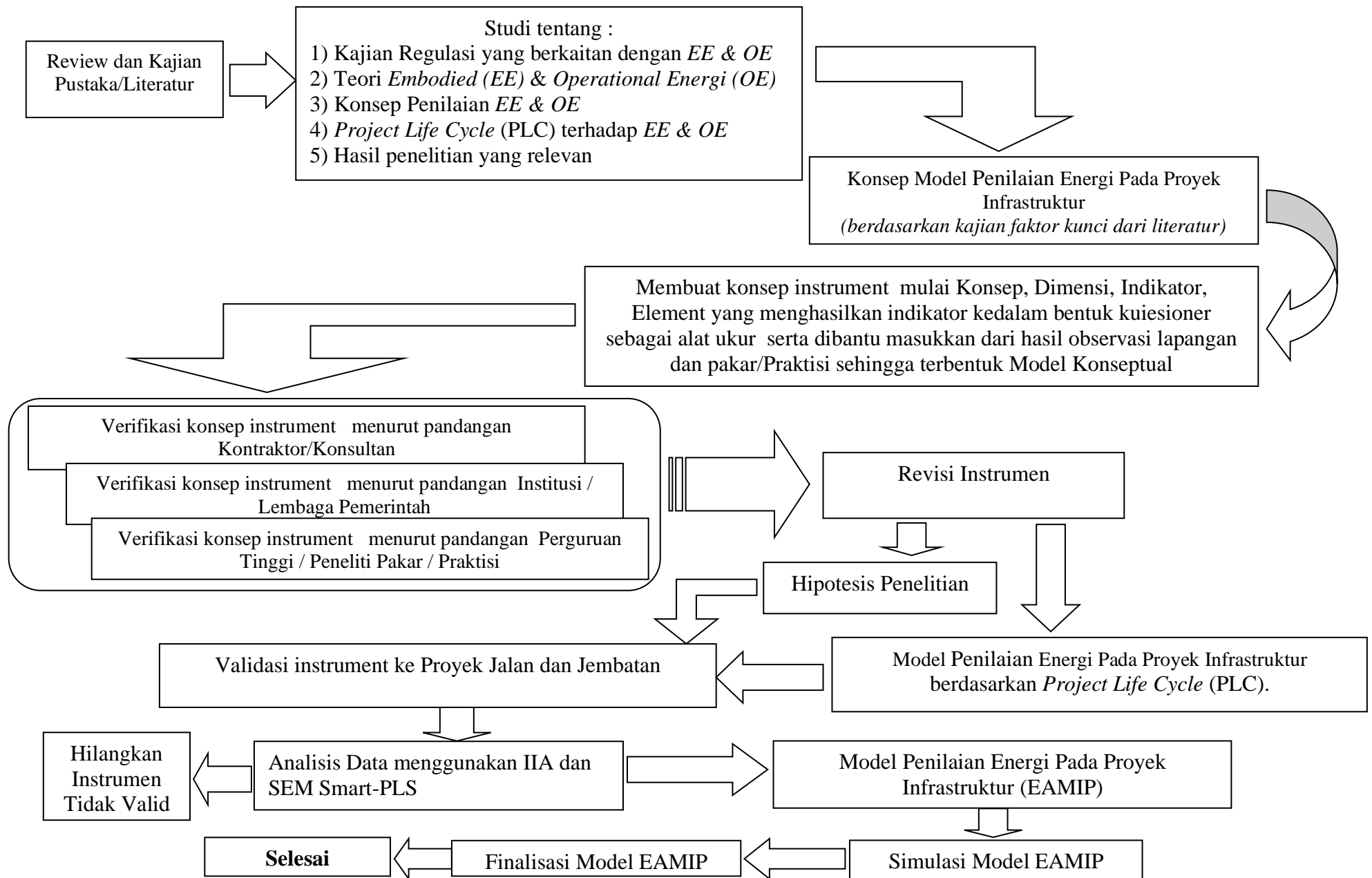
Penelitian ini akan dilaksanakan di Indonesia antara lain di wilayah Jakarta, Surabaya, Yogyakarta dan Semarang.

3.2.2. Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian mulai dari survei, pengumpulan data, kuesioner, wawancara, observasi dan konsultasi akan dilaksanakan dalam waktu 12 bulan.

3.3 Kerangka Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi pustaka/review dan kajian terhadap literatur yang berkaitan dengan indikator penilaian *Embodied Energi* dan *Operational Energi* pada masa *Project Life Cycle* (PLC) di beberapa proyek infrastruktur. Review pustaka ini bertujuan untuk mengkaji beberapa sumber teori baik yang berasal dari hasil penelitian, buku, panduan, dan standar yang telah ada di Indonesia maupun yang berasal dari negara lain. Kajian ini diperlukan untuk mendapatkan pandangan awal tentang *Embodied Energi* dan *Operational Energi* pada masa *Project Life Cycle* (PLC) yang selanjutnya dicoba untuk membuat daftar instrument penelitian sementara untuk membangun konsep dasar instrument penelitian serta beberapa faktor pengaruh yang dominan. Selanjutnya dari konsep dasar inilah dijadikan dasar untuk melakukan verifikasi ke beberapa pakar yang berpengalaman di bidang konstruksi yang berasal dari institusi/lembaga pemerintah seperti DPU, Perguruan Tinggi/Universitas dan literatur penelitian, serta pengamat/ahli konstruksi seperti dari LPJK/Asosiasi Konstruksi dan Konsultan. Pada Gambar 3.1. menunjukkan kerangka alur penelitian.



Gambar 3.1. Kerangka Alur Penelitian

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, dimana tahap pertama mempengaruhi tahap kedua, tahap kedua mempengaruhi tahap ketiga, tahap ketiga mempengaruhi tahap keempat, tahap keempat mempengaruhi tahap kelima, dan tahap kelima mempengaruhi tahap keenam. Tahap-tahap kegiatan penelitian secara lengkap dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap Pertama

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah tahap pendahuluan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu: i) *review* terhadap fenomena dan fakta tentang *issue global* yang berhubungan dengan sektor konstruksi; ii) menyusun latar belakang penelitian; iii) mengidentifikasi masalah; iv) menentukan batasan masalah; v) menyusun masalah dan tujuan penelitian; vi) menyusun lingkup dan manfaat penelitian.

2. Tahap Kedua

Tahap kedua dalam penelitian ini adalah tahap untuk melakukan review literatur dan *pilot project* (uji coba instrumen penelitian). Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu: i) *review* literatur dan membuat kerangka berpikir; ii) mengidentifikasi konsep, dimensi, element yang menghasilkan indikator dalam penilaian energi (EAMIP); iii) melakukan uji coba instrumen (*pilot project*) dengan metode Delphi; iv) menguji validitas dan reliabilitas instrumen hasil metode Delphi, v) validasi pakar terhadap instrumen. Output tahap ini adalah kuesioner yang akan digunakan untuk penelitian.

3. Tahap Ketiga

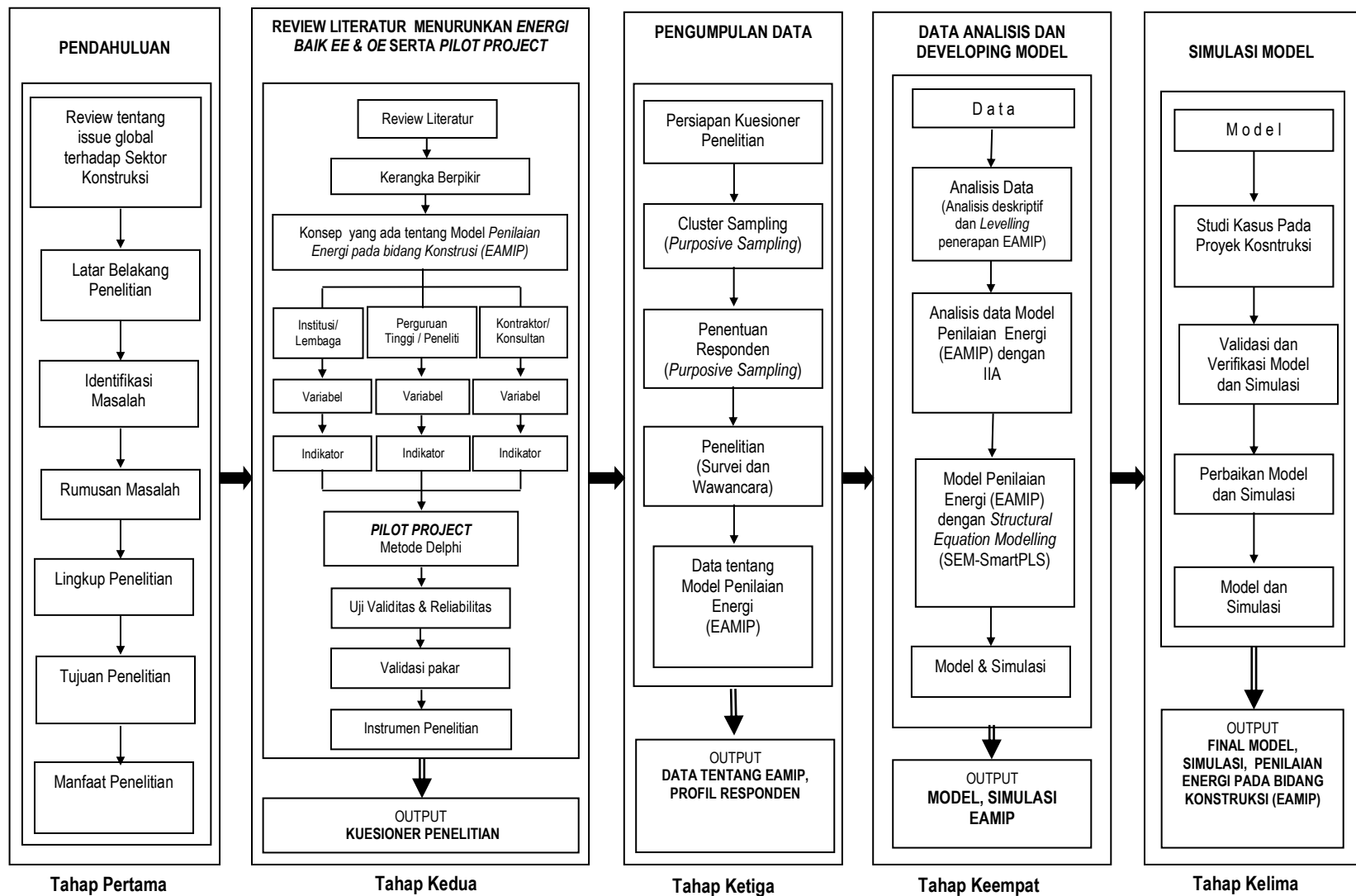
Tahap ketiga dalam penelitian ini adalah tahap untuk melakukan pengumpulan data tentang dalam penilaian energi (EAMIP). Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu: i) mempersiapkan instrumen penelitian (kuesioner); ii) menetapkan *sampling* yang digunakan pada penelitian ini (*purposive sampling*); iii) menentukan responden yang berhak menjawab kuesioner; iv) melaksanakan penelitian dengan metode survei dan wawancara. Output tahap ini adalah data tentang dalam penilaian energi (EAMIP) dan profil responden.

4. Tahap Keempat

Tahap keempat dalam penelitian ini adalah tahap untuk melakukan analisis data dan membuat model penilaian dalam penilaian energi (EAMIP). Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu: i) mengolah data penelitian; ii) melakukan analisis deskriptif dan analisis tingkat penerapan atau *levelling* EE; iii) penjaringan element kuesioner untuk penilaian energi (EAMIP) menggunakan cara matrik dan analisis data element dengan metode IIA (*Importance Implementation Analysis*); iv) menganalisis model penilaian energi (EAMIP) dengan *Structural Equation Modelling* (SEM-Smart PLS). Output tahap ini adalah model penilaian energi (EAMIP).

5. Tahap Kelima

Tahap kelima dalam penelitian ini adalah tahap simulasi model. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, yaitu: i) mempersiapkan model dan data pendukung; ii) melaksanakan observasi pada kontraktor yang telah menerapkan *Green Building*; iii) melakukan validasi dan verifikasi terhadap model dan simulasi yang telah dihasilkan; iv) melakukan perbaikan model dan simulasi; Output tahap ini adalah final model, simulasi model penilaian energi (EAMIP) pada proyek Infrastruktur di Indonesia. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini disusun dalam bentuk bagan alir yang ada pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Tahapan Penelitian

3.5. Populasi dan Sampel

Populasi dan sampel pada penelitian ini adalah owner proyek, kontraktor dan konsultan anggota GBCI, lembaga LPJK, dan praktisi konstruksi yang ada di wilayah Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur dan D.I. Yogyakarta. Sampel dari populasi ditentukan berdasarkan tingkat pendidikan, pengalaman kerja, jabatan dalam perusahaan, serta klasifikasi dan kualifikasi perusahaan.

3.6. Metode/Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan metode survei dan wawancara. Metode survei adalah metode penelitian yang menggunakan kuesioner sebagai instrumen untuk mengumpulkan data.

Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah:

a. Data Primer

Data primer didapatkan dengan menggunakan alat berupa daftar pertanyaan. Adapun cara pengumpulan data primer adalah dengan:

1) Kuesioner

Daftar pertanyaan berupa kuesioner ditujukan kepada pelaku dan pemerhati jasa konstruksi yang berpengalaman pada proyek infrastruktur yang menerapkan konsep *Green Building* (Bangunan Ramah Lingkungan)

2) Wawancara

Wawancara terstruktur dan mendalam dilakukan terhadap manajer untuk memperkuat hasil kuesioner dan untuk mendapatkan data yang mungkin tidak dapat diperoleh melalui metode lain.

b. Data Sekunder

Data sekunder diambil dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel prosiding, laporan penelitian, maupun data lain yang berhubungan dengan penilaian energi.

3.7. Variabel dan Instrumen Penelitian

Variabel penelitian ini berawal dari permasalahan lingkungan akibat kegiatan konstruksi sehingga melahirkan peraturan pemerintah tentang *Green Building*. Proses penjaringan dan penyaringan variabel dan indikator pada tahap awal akan dilalui dengan konsultasi dan berdiskusi dengan perwakilan dari sample diantaranya Departemen Pekerjaan Umum Provinsi D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah selaku owner proyek, Kontraktor dan

Konsultan. Melalui konsultasi dan diskusi ini diharapkan dapat menghasilkan variabel dan indikator penilaian dalam upaya mengurangi embodied energi dan operasional energi di sektor konstruksi menurut pelaku jasa konstruksi nasional. Instrumen penelitian diperoleh dari studi literatur yang mencakup konsep, dimensi, indikator dan elemen. Data kualitatif ini digunakan untuk mendapatkan model penilaian energi. Adapun bentuk konsep dan dimensi seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konsep dan dimensi *Energi* pada *Project Life Cycle* (PLC)

No	Konsep	Element	Referensi
1	Fase Inisiasi	Peraturan dan Kebijakan	UU No.28 thn 2002; UU No.17 thn 2004; PermenLH No. 8 thn 2010; PermenPU No.2 thn 2015; EBC Annex 57, 2016; Fuertes, 2017; Permen PU No.05 thn 2015; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouksi & Lutzkendorf, 2016.
		Komitmen stakeholder terhadap lingkungan	UU No.32 thn 2009; UUK No.02 thn 2017; Fuertes, 2017; Balouksi & Lutzkendorf, 2016; Dixit, 2017; Gregory <i>et.al</i> , 2017.
2	Fase Design	Perencanaan Material	PermenPU No.02 thn 2015; Dixit <i>et.al</i> , 2012; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Hammond <i>et.al</i> , 2008; Usep <i>et.al</i> , 2014; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Dixit <i>et.al</i> , 2010.
		Perencanaan Bangunan	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Orr <i>at.al</i> , 2017;Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Yu <i>et.al</i> , 2016; Holtzhausen, 2007; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouksi & Lutzkendorf, 2016; Fuertes, 2017; Krantz <i>et.al</i> , 2015; EBC Annex 57, 2016; Fuertes, 2017; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Usep <i>et.al</i> , 2014; Crowther, 1999; Gavotsis, E., & Moncaster, A., 2014.
3	Fase Konstruksi	Transportasi & Supply chain	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2012; Gavotsis E. & Moncaster A., 2014; Balouksi & Lutzkendorf, 2016; Efstratios & Alice, 2014; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Dixit <i>et.al</i> , 2013.
		Metode konstruksi	EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Gavotsis E., & Moncaster A., 2014; Krantz <i>et.al</i> , 2015.
		Pemilihan Material pendukung	PermenLH No.08 thn 2010, GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2012; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Hammond <i>et.al</i> , 2008; Gavotsis E. & Moncaster A., 2014; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018.
		Efisiensi Energi	PermenPU No.02 thn 2015; EBC Annex 57; Dixit <i>et.al</i> , 2012; Balouksi & Lutzkendorf, 2016.
		Manpower	Permen LH No.08 thn 2010; PerMen PU No.02/PRT/M/2015; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Balouksi & Lutzkendorf, 2016; Rasmussen <i>et.al</i> , 2017.
		Manajemen limbah	Permen LH No.08 thn 2010; EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Gavotsis <i>et. al</i> , 2014; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouksi & Lutzkendorf, 2016.
4	Fase Operasional /Maintenant	Optimalisasi Energi selama operasional bangunan	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, Macias <i>et al</i> , 2017; Waldron <i>et al</i> , 2013; Giordano <i>et al</i> , 2017.
		Pemeliharaan dan Renovasi bangunan	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, Macias <i>et. al</i> , 2017; Waldron <i>et. al</i> , 2013; Giordano <i>et. al</i> , 2017.

Tabel 3.2. Uraian dimensi dan indikator dari *Embodied Energi* dan *Operational Energi* yang terdapat pada konstruksi bangunan.

No	Element	Dimensi	Indikator	Referensi
1	Peraturan dan Kebijakan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Konservasi energi dan bangunan ramah lingkungan yang berkelanjutan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebijakan/Peraturan pemerintah yang mewajibkan untuk membangun dengan memperhatikan efisiensi Energi serta ramah lingkungan 2. Penyusunan Perjanjian/Kontrak yang mengacu pada peraturan dengan lebih memperhatikan faktor lingkungan dan konservasi energi 3. Komitmen Stakeholder dalam mewujudkan bangunan ramah lingkungan dan hemat energi. 4. Konsep Perencanaan bangunan yang mengutamakan konsep keberlanjutan. 5. Konsep Pelaksanaan pembangunan mengikuti standart yang ditetapkan oleh pemerintah. 	UU No.28 thn 2002; UU No.17 thn 2004; PermenLH No. 8 thn 2010; PermenPU No.2 thn 2015; EBC Annex 57, 2016; Fuertes, 2017; Permen PU No.05 thn 2015; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016.
	Komitmen stakeholder terhadap lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Keuntungan bagi pemilik bangunan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keuntungan secara finansial selama umur bangunan dan layanan. 2. Berpartisipasi dalam program pemerintah dalam menurunkan Energi dan Emisi. 3. Benchmarking dan percontohan bangunan rendah embodied energi. 4. Penyusunan KAK/TOR yang mengutamakan prinsip ramah lingkungan dan efisiensi energi. 5. Memiliki nilai tambah dalam segi pemasaran bangunan. 6. Bangunan dan komponen dapat ber tahan lama dan adaptabel memberikan keuntungan bertambahnya umur bangunan. 	UU No.32 thn 2009; UUK No.02 thn 2017; Fuertes, 2017; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016; Dixit, 2017; Gregory <i>et.al</i> , 2017.
2	Perencanaan Material	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Design material rendah embodied Energi dan waste 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan spesifikasi material rendah embodied energi. 2. Design bangunan yang rendah limbah/waste material 3. Design bangunan yang memaksimalkan penggunaan material alam. 4. Design bangunan yang memaksimalkan penggunaan material hasil inovasi. 5. Perencanaan jenis material yang mudah untuk didaur ulang (recycle) 6. Perencanaan yang meminimalisasi penggunaan material tinggi embodied Energi seperti besi, baja dan beton konvensional. 7. Perencanaan material yang memiliki penggunaan transportasi rendah energi dan emisi. 8. Perencanaan material yang memiliki ketahanan yang tinggi serta pemeliharaan yang rendah selama umur bangunan. 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; Dixit <i>et.al</i> , 2012; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Hammond <i>et.al</i> , 2008; Usep <i>et.al</i> , 2014; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018.
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recycle and Renewable material sisa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Design bangunan yang memanfaatkan material sisa sebagai bahan bangunan 2. Design bangunan yang menggunakan material bangunan terbarukan (Innovative materials).yang rendah embodied energi 3. Design bangunan yang menggunakan material hasil daur ulang untuk bangunan baru. 4. Design bangunan yang dapat mempermudah memilah komponen material sehingga dapat di daur ulang dan memperbaharui kembali. 	Permen LH No.08 thn 2010; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Dixit <i>et.al</i> , 2010.

Tabel 3.2. Uraian dimensi dan indikator dari *Embodied Energi* dan *Operational Energi* yang terdapat pada konstruksi bangunan.

No	Element	Dimensi	Indikator	Referensi
	Perencanaan Bangunan	➤ Design Efisiensi Embodied Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Design yang mengutamakan struktur bangunan rendah embodied Energi. 2. Design bangunan yang memanfaatkan Energi alam sebagai energi utama. 3. Design bangunan yang meminimalkan energi dengan menerapkan sistem pasive seperti penggunaan pencahayaan dan pendingin ruang bersumber dari listrik. 4. Merancang struktur bangunan yang lebih ramping (lean construction) 5. Integrasi konsep BIM ke dalam tahap desain dapat digunakan untuk mencegah dampak yang merugikan lingkungan serta akan meminimalkan biaya energi. 6. Perencanaan selimut bangunan yang lebih optimal mengurangi embodied Energi. 7. Design bangunan dengan struktur yang inovatif yang dapat mengurangi dampak embodied Energi. 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Orr <i>at.al</i> , 2017; Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Yu <i>et.al</i> , 2016; Holtzhausen, 2007; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016; Fuertes, 2017; Krantz <i>et.al</i> , 2015.
		➤ Design Flexibility and Efisiensi bangunan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Design bangunan yang rendah pemeliharaan (repair, replacement, maintenance dan refurbishment) 2. Design bangunan yang lebih flexibility dan adaptability 3. Design bangunan yang memperhatikan kemudahan dalam proses pembongkaran. 4. Design bangunan yang dapat mempermudah pemilahan material. 5. Design bangunan yang mudah dan efisien dalam perakitan (fabrikasi). 6. Design bangunan yang berorientasi pada iklim sehingga material dapat sesuai dengan kondisi tersebut. 7. Design bentuk bangunan yang dapat dikonfigurasi/ditata ulang selama umur bangunan. 8. Design bangunan yang rendah dalam kebutuhan pemeliharaannya 	EBC Annex 57, 2016; Fuertes, 2017; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Usep <i>et.al</i> , 2014; Holtzhausen, 2007; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018. Crowther, 1999; Gavotsis, E., & Moncaster, A., 2014.
3	Transportasi & Supply chain	➤ Supply chain material	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan rantai pasok (supply chain) yang optimal untuk material yang akan digunakan. 2. Pemilihan supplier dan distributor material yang berkomitmen pada lingkungan. 3. Pemilihan supplier dan distributor material yang berdekatan dengan lokasi proyek sehingga mengurangi transportasi. 4. Pemilihan supplayer yang berpengalaman dalam kemasan produk dan distribusi material yang mudah rusak untuk meminimalisasi pengiriman material berulang. 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2012; Gavotsis <i>et. al</i> , 2014; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016; Gavotsis, E., & Moncaster, A., 2014.

Tabel 3.2. Uraian dimensi dan indikator dari *Embodied Energi* dan *Operational Energi* yang terdapat pada konstruksi bangunan.

No	Element	Dimensi	Indikator	Referensi
		➤ Pengelolaan sistem transportasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengelolaan sistem transportasi untuk kegiatan manajemen proyek (transportasi pendukung) contohnya transportasi pekerja, pelayanan kesehatan, dll 2. Perencanaan sistem transportasi untuk lokasi proyek yang cukup jauh sehingga dapat mengurangi tingginya Embodied Energi. 3. Perencanaan sistem transportasi selama proses konstruksi didalam lingkungan proyek yang efektif dan efisien. 4. Penggunaan alat transportasi yang ramah lingkungan dan hemat energi. 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018 Gavotsis E. & Moncaster A., 2014; Dixit <i>et.al</i> , 2013.
	Metode konstruksi	➤ Metode konstruksi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan dan mengembangkan proses teknologi hemat energi pada tahap konstruksi, pemanfaatan dan pemeliharaan bangunan. 2. Metode pelaksanaan konstruksi yang efektif sehingga dapat menghindari pemborosan baik material, waktu, peralatan dan pekerja. 3. Memanfaatkan struktur bangunan lama yang masih dapat digunakan tanpa mengurangi fungsi dan kekuatan bangunan. 4. Memanfaatkan metode BIM dalam proses kegiatan konstruksi yang lebih efektif dan efisien. 5. Menggunakan metode konstruksi ramping (<i>light-weight construction</i>) 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Nizam <i>et.al</i> , 2018.
		➤ Efisiensi dan Optimalisasi alat berat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merencanakan pemilihan alat berat yang sesuai kebutuhan konstruksi 2. Melakukan optimalisasi penggunaan alat berat selama proses konstruksi. 3. Menggunakan alat berat yang hemat energi dan rendah karbon 4. Menempatkan tenaga operator alat berat yang ahli dan berpengalaman. 5. Mengurangi pekerjaan pemborosan penggunaan alat berat 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; EBC Annex 57, 2016; Gavotsis E. & Moncaster A., 2014; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Krantz <i>et.al</i> , 2015.
	Pemilihan Material pendukung	➤ Penggunaan material untuk bangunan pendukung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan material ramah lingkungan dan rendah embodied energi untuk bangunan pendukung kegiatan proyek seperti kantor proyek, mess pekerja, dan gudang material. 2. Memanfaatkan material sisa (reused) dan material hasil daur ulang (recycle) untuk pagar pelindung proyek dan perancah (bakesting). 3. Menggunakan material yang ramah lingkungan dan rendah embodied energi untuk peralatan K3 baik pekerja maupun lingkungan proyek. 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2012; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Pöyry <i>et.al</i> , 2015; Hammond <i>et.al</i> , 2008; Gavotsis <i>et. al</i> , 2014; Holtzhausen, 2007; Crowther, 1999; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018.
	Efisiensi Energi	➤ Efisiensi energi listrik dan pemanfaatan Energi Alternatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengoptimalkan penggunaan energi listrik selama proyek berlangsung. 2. Memanfaatkan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan seperti Energi tenaga surya 3. Mengurangi penggunaan energi diesel sebagai energi listrik utama. 4. Menggunakan lampu hemat energi sebagai penerangan proyek. 	PerMen PU No.02/PRT/M/2015; EBC Annex 57; Dixit <i>et.al</i> , 2012; ; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016.

Tabel 3.2. Uraian dimensi dan indikator dari *Embodied Energi* dan *Operational Energi* yang terdapat pada konstruksi bangunan.

No	Element	Dimensi	Indikator	Referensi
	Manpower	➤ Pekerjaan berulang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengelola pekerja untuk mengurangi pekerjaan berulang dan pemborosan material dan energi. 2. Mengurangi kesalahan instruksi dan informasi dalam setiap proses konstruksi. 3. Perencanaan dan penjadwalan kebutuhan material dan alat agar tidak terjadi penumpukan dan pemborosan di lokasi proyek 4. Meminimalisasi kesalahan pemesanan material dan alat berat. 	Permen LH No.08 thn 2010; PerMen PU No.02/PRT/M/2015; EBC Annex 57, 2016; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016.
		➤ Skill pekerja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Edukasi pekerja dalam meningkatkan kemampuan dan keahlian pekerja akan efisiensi energi dan material. 2. Penerapan sistem manajemen mutu bagi pekerja dalam setiap kegiatan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. 3. Sertifikasi skill masing-masing pekerja 4. Pengawasan yang ketat dalam proses konstruksi. 	Balouktsi & Lutzkendorf, 2016; EBC Annex 57, 2016; Rasmussen <i>et.al</i> , 2017; Dixit <i>et.al</i> , 2013.
	Manajemen limbah	➤ Pengelolaan material sisa/limbah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih jalur transportasi terpendek untuk pengangkutan material limbah/sisa buangan ke TPA. 2. Pengelolaan material limbah/sisa selama kegiatan konstruksi. 3. Memimalisasi pekerjaan penimbunan/ landfill pada akhir proyek 4. Pemanfaatan sisa tanah untuk pekerjaan taman atau lainnya 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Birgisdottir <i>et.al</i> , 2017; Gavotsis <i>et. al</i> , 2014; Dixit <i>et.al</i> , 2013; Malmqvist <i>et. al</i> , 2018; Balouktsi & Lutzkendorf, 2016.
	Reuse & Recycle material	➤ Reuse & Recycle materials	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode pembersihan limbah/sisa konstruksi dengan pemilahan material (reuse & recycle). 2. Pemanfaatan material sisa untuk proyek berikutnya. 3. Menggunakan teknologi daur ulang untuk material yang dapat digunakan kembali. 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, 2016; Crowther, 1999.
4	Optimalisasi Energi selama operasional bangunan	➤ Operational building	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan. 2. Menggunakan lampu penerangan hemat energi dengan sistem sensor. 3. Menggunakan sistem sensor energi untuk Elevator dan Lift saat tidak dioperasikan. 4. Menggunakan pendingin ruangan (HVAC) yang rendah dan hemat energi. 5. Optimalisasi dan efisiensi penggunaan energi pada peralatan listrik. 6. Menggunakan water heater yang rendah dan hemat energi. 7. Menggunakan mesin pompa air yang hemat energi pada sistem sanitasi. 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, Macias <i>et al</i> , 2017; Waldron <i>et.al</i> , 2013; Gavotsis <i>et.al</i> , 2014; Chen <i>et .al</i> , 2015; Surahman <i>et.al</i> , 2015; Giordano <i>et al</i> , 2017.
	Pemeliharaan dan Renovasi bangunan	➤ Maintenant, Repair, Replacement & Refurbishment	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan material ramah lingkungan dan rendah energi untuk perbaikan. 2. Pemilihan transportasi terpendek untuk supply material. 3. Penggunaan alat bantu yang hemat energi selama masa pemeliharaan dan perbaikan. 	Permen LH No.08 thn 2010; GBC Indonesia, 2013; EBC Annex 57, Macias <i>et.al</i> , 2017; Surahman <i>et. al</i> , 2015; Giordano <i>et.al.</i> , 2017.

Instrumen penelitian tersebut selanjutnya disusun kedalam bentuk formulir isian yang didalamnya terdapat pertanyaan-pertanyaan yang terkait dengan data penelitian dan harus dijawab secara obyektif, sehingga dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya.

a. *Pilot Project* (prakuesioner)

Pada tahap *pilot project* atau prakuesioner terdapat beberapa langkah yang dilakukan sebelum mendapatkan kuesioner yang digunakan pada penelitian.

1) Delphi pertama

Pada Delphi Pertama ini dilakukan dua tahapan yaitu tahap pertama melakukan studi eksplanasi yaitu mengungkapkan data mengenai identifikasi konsumsi energi yang terjadi selama *Project Life Cycle (PLC)* pada proyek infrastruktur. Studi ini merupakan studi dokumentasi dengan maksud untuk menemukan acuan teoritis dan fakta empiris untuk merumuskan indikator penilaian energi. Tahap kedua meminta pertimbangan masing-masing para pelaku jasa konstruksi seperti pihak instansi pemerintah, akademisi, lembaga jasa konstruksi, asosiasi kontraktor dan konsultan serta para ahli/pemerhati berpengalaman pada proyek konstruksi, untuk memperoleh justifikasi ilmiah kemungkinan penggunaan konsep, dimensi, dan elemen untuk menghasilkan indikator dan mekanisme penilaian dalam penilaian energi.

2) Delphi kedua

Pada Delphi kedua ini dilakukan persiapan dan pematangan konsep variabel, indikator dan mekanisme pengukuran penelitian sebagai materi dalam pelaksanaan forum diskusi kelompok (FGD) dimana dalam tahap ini mengundang dalam diskusi bersama untuk menentukan draf awal indikator penilaian energi. Sebagai peserta dalam FGD ini adalah pihak instansi pemerintah, akademisi, lembaga jasa konstruksi, konsultan perencana dan pengawas serta kontraktor. Hasil dari FGD ini menjadi bahan untuk dianalisis dan dirangkum sebagai pra indikator yang akan di saring kembali melalui FGD tahap kedua.

3) Delphi ketiga

Pada Delphi ketiga ini dilaksanakan FGD tahap kedua yang dihadiri oleh peserta dari tahap pertama dengan materi yang sudah di rangkum dan dianalisis pada tahap pertama. Hasil FGD ini akan dianalisis kembali serta dirangkum menjadi

indikator final penilaian energi. Indikator ini kemudian disusun kedalam sebuah kuesioner yang akan digunakan untuk melakukan survei .

b. Kuesioner

Hasil *pilot project* pada Delphi pertama, kedua dan ketiga selanjutnya digunakan untuk menyusun kuesioner penelitian. Pada kuesioner ini berisi tentang data perusahaan/responden dan faktor-faktor indikator penilaian energi (*Embodied Energi* dan *Operational Energi*) pada proyek infrastruktur.