

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini menjelaskan teori-teori mengenai objek yang sedang diteliti dan metode-metode yang digunakan dalam pemecahan masalah.

2.1. Gypsum

Gypsum adalah mineral *evaporite* yang paling umum ditemukan di endapan sedimen berlapis yang berasosiasi dengan *halit*, *anhydrite*, belerang, kalsit, dan dolomit. *Gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sangat mirip dengan *Anhydrite* (CaSO_4). Perbedaan kimianya adalah bahwa *Gypsum* mengandung dua air dan *anhydrite* tanpa air. (King, 2008). *Crude Gypsum* digunakan sebagai bahan *fluks*, pupuk, pengisi kertas dan tekstil, dan *retarder* dalam semen *portland*. Sekitar tiga perempat dari total produksi dikalsinasi untuk digunakan sebagai plester paris dan sebagai bahan bangunan dalam plester, semen, produk papan, dan ubin dan balok. *Gypsum* plaster adalah material penyemenan putih yang dibuat dengan dehidrasi mineral gipsum sebagian atau seluruhnya, biasanya dengan *retarder* khusus atau pengeras ditambahkan (Encyclopaedia Britannica, 2019).

2.2. Produk, Kualitas, Cacat (Defect) dan Limbah

2.2.1. Produk

Produk adalah barang atau jasa yang dibuat dan ditambah gunanya atau nilainya dalam proses produksi dan menjadi hasil akhir dari proses produksi itu. Sedangkan pengertian produk yang lain adalah benda atau yang bersifat kebendaan seperti barang, bahan, atau bangunan yang merupakan hasil konstruksi (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2016). Pengertian produk yang lain adalah apapun yang bisa ditawarkan ke sebuah pasar dan bisa memuaskan sebuah keinginan atau kebutuhan (Kotler, Armstrong, Brown, & Adam, 2006).

2.2.2. Kualitas

Kualitas adalah tingkat baik buruknya sesuatu; kadar. Sedangkan pengertian yang lain adalah derajat atau taraf (kepandaian, kecakapan, dan sebagainya); mutu (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2016). Kualitas merupakan suatu istilah subjektif yang setiap orang atau sektornya memiliki definisinya sendiri. Dalam penggunaan teknis, kualitas dapat memiliki dua makna: 1) karakteristik dari suatu produk atau layanan yang menanggung kemampuannya

untuk memenuhi kebutuhan yang dinyatakan atau tersirat; 2) produk atau layanan yang bebas dari defisiensi. Menurut Joseph Juran, kualitas berarti "kebugaran untuk digunakan"; menurut Philip Crosby, itu berarti "kesesuaian dengan persyaratan" (American Society for Quality, 2018).

Jika ditafsirkan secara sempit kualitas berarti kualitas produk. Secara luas ditafsirkan, kualitas berarti kualitas kerja, kualitas layanan, kualitas informasi, kualitas proses, kualitas divisi, kualitas orang, termasuk pekerja, insinyur, manajer dan eksekutif, kualitas sistem, kualitas perusahaan, kualitas tujuan, dll (Ishikawa, 1985). Kualitas ialah penentuan pelanggan, bukan tekad seorang insinyur, bukan penentuan pemasaran, atau penentuan manajemen umum. Hal ini didasarkan pada pengalaman aktual pelanggan dengan produk atau layanan, yang diukur berdasarkan persyaratannya yang dinyatakan atau tidak dinyatakan, sadar atau hanya dirasakan, secara teknis operasional atau sepenuhnya subjektif dan selalu mewakili target bergerak dalam pasar persaingan. Kualitas produk dan layanan dapat didefinisikan sebagai total produk komposit dan karakteristik layanan pemasaran, rekayasa, manufaktur, dan pemeliharaan yang digunakan untuk produk dan layanan yang akan memenuhi harapan pelanggan (Feigenbaum, 1983). Mutu atau Kualitas adalah kerugian yang disebabkan produk kepada masyarakat setelah dikirimkan. Selain kerugian yang disebabkan oleh fungsi intrinsiknya (Taguchi & Wu, 1979).

2.2.3. Cacat (*Defect*)

Cacat adalah lecet (kerusakan, noda) yang menyebabkan keadaannya menjadi kurang baik (kurang sempurna) (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2016). Produk cacat ialah produk yang menurut standar mutu yang telah ditetapkan tidak sesuai, akan tetapi secara ekonomis produk itu masih bisa diperbaiki dengan mengeluarkan sumber daya tertentu, dan sumber daya yang dikeluarkan tersebut harus lebih rendah nilainya dari nilai jual produk tersebut setelah dilakukan perbaikan (Hafizha, 2012).

2.2.4. Limbah

Menurut KBBI, pengertian limbah adalah sisa dari proses produksi, material yang tidak berharga untuk tujuan biasa atau utama dalam pemakaian dan pembuatan atau tidak memiliki nilai, barang cacat atau rusak dalam proses

produksi (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2016). *Waste* (Pemborosan) dapat didefinisikan sebagai “sampah” atau sesuatu yang dibuang karena tidak termanfaatkan atau terpakai lagi sehingga *value added* tidak ada. Bilai dikaitkan dengan produksi, pemborosan (*waste*) adalah sesuatu yang melibatkan pemakaian sumber daya (material) lainnya yang keluar dari ketentuan atau standar yang telah ditetapkan (Wahyudi, 2016). Selain itu, *Waste* adalah material yang tidak diperlukan lagi setelah selesainya suatu proses. Apabila sesuatu tersebut tidak memberikan *value added* (nilai tambah), maka itu merupakan *waste* (pemborosan) (Anisa, 2010).

2.3. Konsep *Green* dan ISO 14001

Lebih dari 30 tahun, konsep pembangunan berkelanjutan telah dikembangkan. Pembahasan tentang Lingkungan Manusia pada tahun 1972 di Konferensi Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang dilaksanakan di Stockholm, Swedia, menekankan bahwa elemen penting dalam agenda pembangunan adalah perlindungan lingkungan manusia (Rongers, Jalal, & Boyd, 2008). Kekhawatiran berkelanjutan semakin penting dalam diskusi masyarakat dan ekonomi selama beberapa dekade terakhir. Selain itu, di era pasca-modern ada tekanan yang tumbuh untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, efektivitas dan keberlanjutan layanan, sebuah industri yang menyumbang lebih dari 50% dari produk domestik bruto di negara-negara besar di dunia (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

Pengertian pembangunan berkelanjutan menurut *World Commission on Environment and Development*: “pembangunan ekonomi yang memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengurangi kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri”. Pengertian yang lain yang menekankan untuk menjaga keseimbangan antara, manusia, planet dan lama dipaparkan oleh *Environmental Protection Agency US*: “keberlanjutan membuat dan memelihara kondisi di mana kehidupan manusia dan keberlangsungan alam dalam harmoni yang produktif, yang mana persyaratan ekonomi, pemenuhan sosial memungkinkan pemenuhan dan lainnya untuk generasi sekarang dan yang akan datang (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

Green technology adalah pendekatan holistik untuk mengurangi limbah dalam sistem dan meminimalkan efek lingkungan yang negatif. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk mengurangi dampak ekologis dan mengoptimalkan efisiensi sumber daya (Kaswan & Rathi, 2019). ISO 14001 adalah standar yang disepakati secara internasional yang menetapkan persyaratan untuk sistem manajemen lingkungan. Ini membantu organisasi meningkatkan kinerja lingkungan mereka melalui penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan pengurangan limbah, mendapatkan keunggulan kompetitif dan kepercayaan dari para pemangku kepentingan (ISO 14001, 2015).

ISO 14001:2015 Sistem Manajemen Lingkungan (SML) mensyaratkan perusahaan mempertimbangkan segala aspek lingkungan yang berkaitan dalam operasinya seperti pengelolaan limbah, kontaminasi tanah, isu air dan limbah cair, pencemaran udara, penggunaan dan efisiensi sumber daya, serta mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Ernawan, 2016). Tujuan dari SML untuk memperbaiki kinerja lingkungan, pemenuhan terhadap kewajiban penataan dan tercapainya tujuan dari lingkungan. Pada tahun 2015 SNI ISO 14001:2015 telah dilakukan perbaikan. Point utama dalam perbaikan ini adalah peningkatan urgensi pengelolaan lingkungan pada *organizational strategic planning process*, *leadership and commitment* yang lebih tangguh menjalankan secara proaktif dalam bertindak untuk kinerja lingkungan (Ernawan, 2016).

2.4. Konsep Six Sigma

Konsep *Six Sigma* berasal dari perusahaan Motorola Inc., di Amerika Serikat. Pada tahun 1985 konsep *Six Sigma* pertama kali diperkenalkan. Industri elektronik di Jepang mengancam Motorola pada saat itu, sehingga pihak Motorola harus meningkatkan mutu produknya (Leksono, 2009). Penerapan *Six Sigma* adalah prakarsa pembetulan yang berorientasi pada pencarian permasalahan dan mengeliminasi penyebab permasalahan atau cacat (*defect*) dalam alur bisnis yang berpusat pada *output* yang penting bagi konsumen.

Prinsip dasar *Six Sigma* adalah meningkatkan kinerja melalui implementasi teknik-teknik secara statistik yang bertujuan untuk meminimalkan 3,4 cacat dari 1 juta produk. Beberapa keberhasilan Motorola yang patut dicatat dari aplikasi program *Six Sigma* adalah sebagai berikut: (Gaspersz, 2002).

1. Peningkatan produktifitas rata-rata 12,3% per tahun.
2. Penurunan COPQ (*cost of poor quality*) lebih dari 84%.
3. Eliminasi kegagalan dalam proses sekitar 99,7%.
4. Penghematan biaya manufakturing lebih dari \$11 miliar.
5. Peningkatan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata: 17% dalam penerimaan, keuntungan dan harga saham Motorola.

Dari prespektif manajemen, *Six Sigma* berfungsi:

1. Sebagai alat untuk merubah budaya perusahaan
 - Pendekatan dengan perancangan, proses dan memberikan solusi permasalahan
 - Pendayagunaan data
 - Langkah untuk menggapai efisiensi
 - Displin
2. Memuaskan pelanggan
3. Peningkatan pendapatan perusahaan dan mereduksi biaya
4. Membentuk *positive value* perusahaan dalam proses bisnis (Muis S. , 2014).

Dari prespektif kekuatan kerja, *Six Sigma* berfungsi:

1. Kepemimpinan/keahlian khusus
2. Keahlian teknis
3. Berpikir secara proses, mengaitkan *statistic value* dan manajemen
4. Sistematiskan proses dan disiplin solusi masalah
5. Efisiensi operasional dan ereduksi ketidakbergunaan
6. Penghargaan dan pengakuan (Muis S. , 2011).

Hasil pencapaian mutu atau kualitas yang bisa diukur berdasarkan persentase antara COPQ (*cost of poor quality*) terhadap penjualan ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Manfaat dari Pencapaian Beberapa Tingkat Sigma

COPQ (<i>Cost of Poor Quality</i>)		
Tingkat Pencapaian	DPMO	COPQ
1-Sigma	691.462 (sangat tidak kompetitif)	Tidak dapat dihitung
2-Sigma	308.538 (rata-rata industri Indonesia)	Tidak dapat dihitung
3-Sigma	66.807	25-40% dari penjualan
4-Sigma	6.210 (rata-rata industri USA)	15-25% dari penjualan
5-Sigma	233	5-15% dari penjualan
6-Sigma	3,4 (industri kelas dunia)	<1% dari penjualan
Setiap peningkatan atau pergeseran 1-Sigma akan memberikan peningkatan keuntungan sekitar 10% dari penjualan		
DPMO = <i>defects per million opportunities</i> (kegagalan per sejuta kesempatan)		

Sumber: (Gaspersz, 2002)

Critical to Quality (CTQ) adalah atribut atau variabel yang paling penting berkaitan langsung dengan kepuasan dan kebutuhan pelanggan. CTQ juga dapat diartikan sebagai elemen dari praktik-praktik, proses dan produk yang memiliki efek langsung terhadap pelanggan (Gaspersz, 2002).

Defects Per Opportunity (DPO) adalah ukuran kegagalan yang dapat dihitung dalam proyek perbaikan atau kualitas mutu *Six Sigma*, yang menampilkan sejumlah cacat atau kegagalan atau *out spec* per satu kesempatan (Gaspersz, 2002). Berikut rumus perhitungannya:

$$DPO = \frac{\text{jumlah out spec}}{\text{jumlah pemeriksaan (kesempatan)}} \times CTQ$$

Defects Per Million Opportunity (DPMO) adalah ukuran kecacatan atau kegagalan dalam proyek perbaikan kualitas atau mutu *Six Sigma*, yang menampilkan sejumlah cacat atau kegagalan atau *out spec* per sejuta kesempatan (Gaspersz, 2002).

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

Six Sigma adalah suatu visi perbaikan kualitas atau mutu dengan target 3,4 kegagalan atau cacat atau *out spec* per sejuta kesempatan atau pemeriksaan (DPMO) untuk setiap transaksi barang/produk dan atau jasa. Tujuan akhirnya adalah menuju kesempurnaan (*zero defect* atau nol cacat).

Tabel 2.2 Perbedaan True 6-Sigma dengan Motorola's 6-Sigma

Batas Spesifikasi (LSL – USL)	True 6-Sigma Process (Normal Distribution Centered)		Motorola's 6-Sigma Process (Normal Distribution Shifted 1,5-Sigma)	
	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)	Persentase yang memenuhi spesifikasi (LSL-USL)	DPMO (kegagalan/cacat per sejuta kesempatan)
± 1-Sigma	68,27%	317.300	30,8538%	691.462
± 2-Sigma	95,45%	45.500	69,1462%	308.538
± 3-Sigma	99,73%	2.700	93,3193%	66.807
± 4-Sigma	99,9937%	63	99,3790%	6.210
± 5-Sigma	99,999943%	0,57	99,9767%	233
± 6-Sigma	99,9999998%	0,002	99,99966%	3,4

Sumber: (Gaspersz, 2002)

2.5. Konsep Manajemen Risiko

Kita hidup di dunia yang terus berubah di mana kita dipaksa untuk menghadapi ketidakpastian setiap hari. Tetapi bagaimana suatu organisasi menangani ketidakpastian itu dapat menjadi prediktor kunci keberhasilannya. Risiko adalah bagian penting dari melakukan bisnis, dan di dunia di mana sejumlah besar data diproses dengan laju yang semakin cepat, mengidentifikasi dan memitigasi risiko merupakan tantangan bagi perusahaan mana pun. Maka tidak mengherankan bahwa banyak kontrak dan perjanjian asuransi memerlukan bukti kuat praktik manajemen risiko yang baik. ISO 31000 memberikan arahan tentang bagaimana perusahaan dapat mengintegrasikan pengambilan keputusan berbasis risiko ke dalam tata kelola, perencanaan, manajemen, pelaporan, kebijakan, nilai, dan budaya organisasi. Ini adalah sistem terbuka, berbasis

prinsip, yang berarti memungkinkan organisasi untuk menerapkan prinsip-prinsip dalam standar ke konteks organisasi (ISO 31000, 2018).

Definisi lain, Risiko adalah suatu peristiwa atau kejadian yang kalau terjadi mengakibatkan halangan perncapaian target, sasaran atau tujuan baik untuk bagian, departemen, kompartemen ataupun perusahaan (Hery, 2015). Menurut AS/NZS 4360 Manajemen Risiko meliputi proses budaya dan struktur yang tujuannya untuk merealisasi potensi yang ada dalam waktu yang sama juga dapat mengelola dampak atas peristiwa atau kejadian yang merugikan (Hery, 2015).

ISO 31000 berlaku untuk semua organisasi, terlepas dari jenis, ukuran, aktivitas dan lokasi, dan mencakup semua jenis risiko. Ini dikembangkan oleh berbagai pemangku kepentingan dan dimaksudkan untuk digunakan oleh siapa saja yang mengelola risiko, bukan hanya manajer risiko profesional (ISO 31000, 2018). ISO 31000 membantu organisasi mengembangkan strategi manajemen risiko untuk mengidentifikasi dan memitigasi risiko secara efektif, sehingga meningkatkan kemungkinan mencapai tujuan mereka dan meningkatkan perlindungan aset mereka. Tujuan utamanya adalah untuk mengembangkan budaya manajemen risiko di mana karyawan dan pemangku kepentingan sadar akan pentingnya pemantauan dan pengelolaan risiko.

Tabel 2.3 Ukuran kualitatif konsekuensi atau dampak

Level	Penjelasan	Contoh uraian detail
1	Tidak signifikan (<i>Insignificant</i>)	Tidak ada cedera, kerugian finansial rendah
2	Kecil (<i>Minor</i>)	Perawatan pertolongan pertama, pelepasan langsung di lokasi, mengandung kerugian finansial menengah
3	Sedang (<i>Moderate</i>)	Diperlukan perawatan medis, pelepasan di tempat yang berisi bantuan dari luar, kerugian finansial yang tinggi
4	Besar (<i>Major</i>)	Cedera yang luas, kehilangan kemampuan produksi, pelepasan di luar lokasi tanpa efek merugikan, kerugian finansial besar
5	Bencana (<i>Catastrophic</i>)	Kematian, pelepasan racun di luar lokasi dengan efek merugikan, kerugian finansial sangat besar

Catatan: Ukuran yang digunakan harus mencerminkan kebutuhan dan sifat organisasi dan kegiatan yang diteliti (Australian/New Zealand Standard, 1999).

Tabel 2.4 Langkah-langkah kualitatif kemungkinan

Level	Penjelasan	Deskripsi
A	Hampir pasti (<i>almost certain</i>)	Diharapkan terjadi dalam sebagian besar keadaan
B	Mungkin sekali (<i>likely</i>)	Mungkin akan terjadi pada sebagian besar keadaan
C	Mungkin (<i>moderate</i>)	Mungkin terjadi pada suatu waktu
D	Jarang (<i>unlikely</i>)	Dapat terjadi suatu saat
E	Sangat jarang (<i>rare</i>)	Dapat terjadi hanya dalam keadaan luar biasa

Catatan: Tabel-tabel ini perlu disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan organisasi individu (Australian/New Zealand Standard, 1999).

Tabel 2.5 Matriks analisis risiko kualitatif - tingkat risiko

Kemungkinan		Konsekuensi				
		Tidak signifikan (<i>Insignificant</i>)	Kecil (<i>Minor</i>)	Sedang (<i>Moderate</i>)	Besar (<i>Major</i>)	Bencana (<i>Catastrophic</i>)
		1	2	3	4	5
Hampir pasti (<i>almost certain</i>)	A	H	H	E	E	E
Mungkin sekali (<i>likely</i>)	B	M	H	H	E	E
Mungkin (<i>moderate</i>)	C	L	M	H	E	E
Jarang (<i>unlikely</i>)	D	L	L	M	H	E
Sangat jarang (<i>rare</i>)	E	L	L	M	H	H

Catatan: Jumlah kategori harus mencerminkan kebutuhan penelitian (Australian/New Zealand Standard, 1999).

Tabel 2.6 Kategori Risiko

Kategori	Keterangan
Extreme	<i>extreme risk; immediate action required</i> (risiko ekstrem; diperlukan tindakan segera)
High	<i>high risk; senior management attention needed</i> (risiko tinggi; diperlukan perhatian manajemen senior)
Moderate	<i>moderate risk; management responsibility must be specified</i> (risiko sedang; tanggung jawab manajemen harus ditentukan)
Low	<i>low risk; manage by routine procedures</i> (risiko rendah; kelola dengan prosedur rutin)

Sumber: (Australian/New Zealand Standard, 1999).

Menerapkan ISO 31000 juga membantu organisasi melihat peluang positif dan konsekuensi negatif yang terkait dengan risiko, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi, dan dengan demikian lebih efektif, yaitu dalam alokasi sumber daya. Terlebih lagi, ini dapat menjadi komponen aktif dalam meningkatkan tata kelola organisasi dan, pada akhirnya, kinerjanya (ISO 31000, 2018).

2.6. Integrasi *Green (Sustainability)*, *Lean* dan *Six Sigma*

Dengan meningkatnya isu mengenai dampak lingkungan membuat industri ikut serta berlomba-lomba dalam menjaga kelestarian lingkungan. Sudah banyak industri yang menjadikan lingkungan sebagai faktor pertimbangan yang penting di dalam perusahaan. Dengan alasan tersebut membuahkan pikiran-pikiran baru dalam melakukan peningkatan kualitas proses dengan sasaran ramah lingkungan yang *sustainability* (berkelanjutan), sehingga muncul metode atau konsep seperti *Green Sigma* (Arifin & Supriyanto, 2012). Perusahaan dapat mengadopsi strategi *Lean* dan *Green* untuk menciptakan sikap lingkungan yang merupakan pendorong untuk mengurangi biaya dan risiko, meningkatkan pendapatan, dan meningkatkan citra merek. Karya perintis oleh (Florida, 1996) telah berpendapat bahwa upaya perusahaan untuk meningkatkan proses manufaktur dan meningkatkan produktivitas dapat menciptakan peluang besar untuk perbaikan lingkungan (Fercoq, Lamouri, & Carbone, 2016).

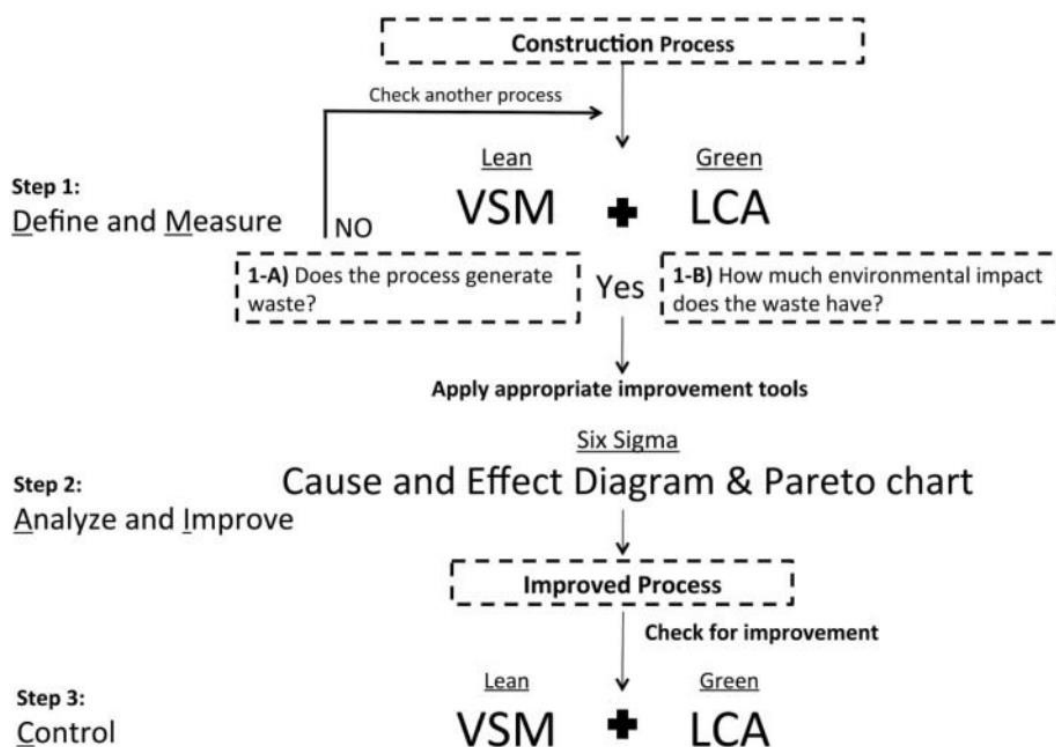
Tesis yang ditulis oleh Bergmiller memberikan kesimpulan bahwa industri manufaktur bisa menjadi pendorong terwujudnya sebuah *sustainable manufacturing (Green)* dengan menerapkan konsep *Lean* pada perusahaan mereka. Bergmiller menulis bahwa adanya hubungan positif antara hasil *Lean* dan *Green* dalam menurunkan dampak terhadap lingkungan. Konsep ini bisa didapat melalui ISO 9001 untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan, tetapi belum bisa terukur hasil pencapaiannya. Oleh sebab itu, konsep-konsep *Lean* atau *Six Sigma* tersebut harus diintegrasikan dengan konsep *Green* melalui ISO 14001 ataupun *Green Management* yang lain (Arifin & Supriyanto, 2012). Penelitian mengenai *Green Sigma* dikembangkan oleh (Olson & Brady, 2009) muncul menjadi salah satu peningkatan kualitas berbasis lingkungan. *Green Sigma* ini dikembangkan guna memantau *environmental impact* dalam melakukan peningkatan kualitas (*quality improvement*) (Arifin & Supriyanto, 2012).

Green Six Sigma adalah sebuah metode pengembangan dengan menggabungkan aspek kualitas dan juga aspek ramah lingkungan (Arifin & Supriyanto, 2012). Kombinasi 2 metodologi dan konsep ini masih sedikit (Deloitte, 2008). Sehingga, konsep *Six Sigma* yang berorientasi pada peningkatan kualitas untuk mencapai *zero defect* juga diarahkan untuk ramah lingkungan

(Green) dengan meminimalkan limbah yang dihasilkan. Beberapa bentuk integrasi *Green (Sustainability)*, *Lean* dan *Six Sigma* sebagai berikut:

2.6.1. Integrasi *Lean*, *Green* dan *Six Sigma*

A framework to improve construction processes: Integrating Lean, Green and Six Sigma (Kerangka kerja untuk meningkatkan proses konstruksi: Mengintegrasikan *Lean*, *Green* dan *Six Sigma*) (Banawi & Bilec, 2014).



Sumber: (Banawi & Bilec, 2014).

Gambar 2.1 Kerangka kerja *Lean*, *Green* dan *Six Sigma*

Kerangka yang diusulkan mengenai struktur kerangka keseluruhan didasarkan pada DMAIC *Six Sigma*. Kerangka kerja DMAIC yang dirancang terdiri dari tiga langkah seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2.1.

Langkah 1: Tentukan dan Ukur. Setelah memilih proses konstruksi untuk evaluasi, secara bersamaan terapkan metodologi *Lean (Value Stream Mapping)* dan *Green (Life Cycle Assessment)* untuk menentukan apakah limbah dihasilkan dalam proses dan kemudian mengukur dampak lingkungan dari limbah tersebut.

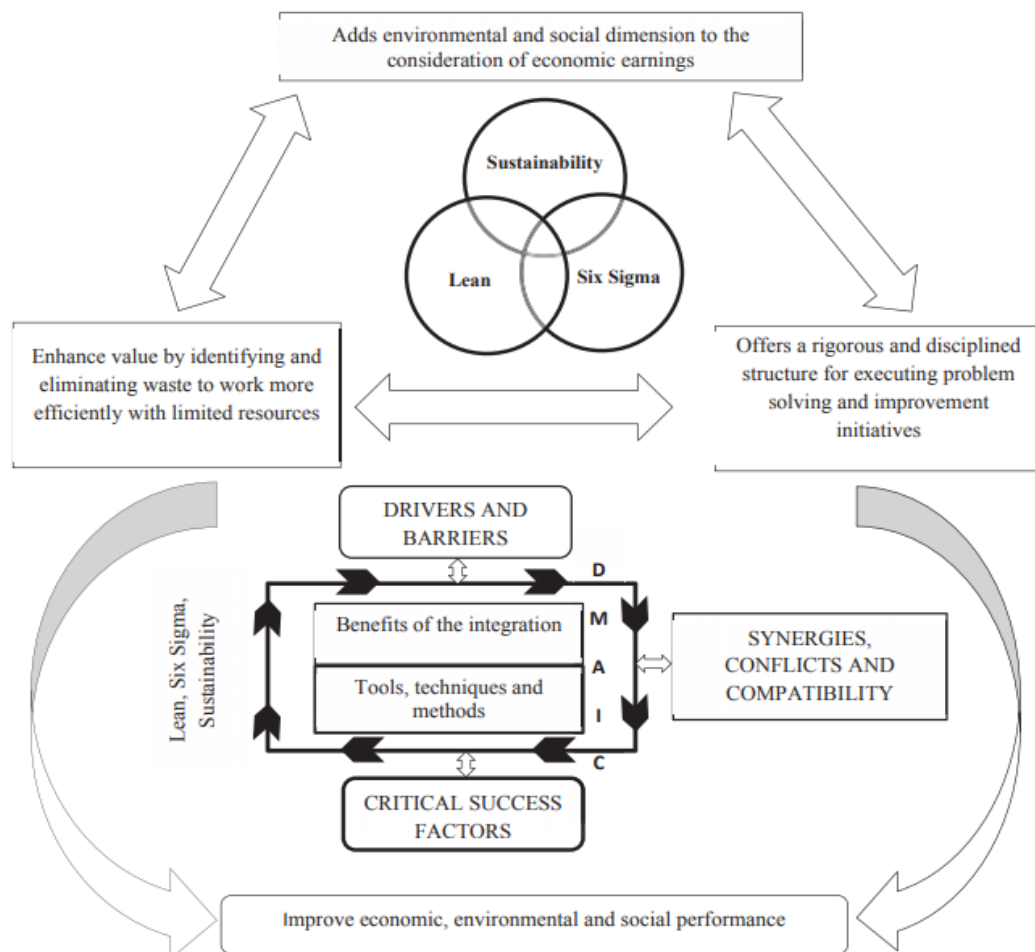
Langkah 2: Analisis dan Tingkatkan. Jika proses menghasilkan limbah, maka satu atau lebih alat *Six Sigma* yang tepat dipilih dan diterapkan untuk menghilangkan atau mengurangi limbah. Pada dasarnya kerangka berisi alat *Six*

Sigma 'bersarang' dalam **Langkah 2**. Misalnya, Gambar 2.1. menunjukkan diagram sebab dan akibat dan bagan Pareto sebagai alat *Six Sigma* yang dipilih; namun, alat *Six Sigma* apa pun dapat diterapkan pada **Langkah 2** berdasarkan kebutuhan kasing.

Langkah 3: Kontrol. Evaluasi ulang menggunakan *Lean* (*Value Stream Mapping*) dan *Green* (*Life Cycle Assessment*) untuk menentukan tingkat pengurangan limbah (Banawi & Bilec, 2014).

2.6.2. Integrasi *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* dan *Sustainability*

The integration of Lean Manufacturing, Six Sigma and Sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model (Integrasi *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* dan Keberlanjutan: Tinjauan literatur dan arahan penelitian masa depan untuk mengembangkan model tertentu) (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).



Sumber: (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

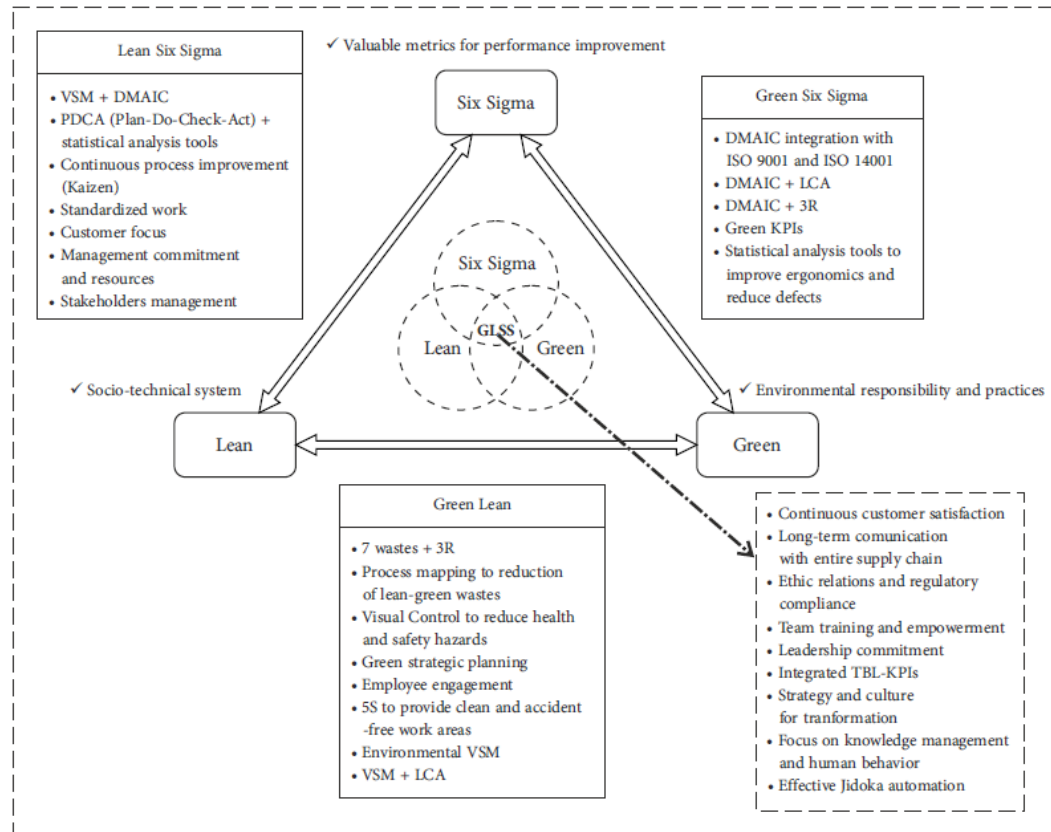
Gambar 2.2 Model terintegrasi dan elemen teoretisnya

Panah pada Gambar 2.2. menunjukkan hubungan keras antara elemen-elemen model. Elemen-elemen ini bekerja bersama sebagai model yang unik dan terintegrasi untuk membantu organisasi mengidentifikasi kekuatan dan peluang untuk perbaikan, dan untuk menilai luas dan dalamnya transformasi dalam organisasi untuk mencapai kinerja ekonomi, lingkungan, dan sosial. Model ini memberdayakan organisasi untuk mendapatkan manfaat dari integrasi *Lean*, *Six Sigma* dan keberlanjutan untuk meningkatkan kinerja dengan mengidentifikasi, driver dan hambatan, sinergi, konflik dan kompatibilitas, faktor penentu keberhasilan dan menggunakan alat dan teknik *Lean Six Sigma* (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

Model yang diusulkan pada Gambar 2.2. dapat disusun hanya dengan beberapa sistem manajemen. Literatur telah menunjukkan bahwa kita dapat menggabungkan *Lean* dan *Six Sigma*, *Lean* dan *Sustainability*, serta *Six Sigma* dan *Sustainability*. Alasan-alasan ini mengarahkan kami untuk menyarankan bahwa model kami masih valid bahkan jika salah satu dari tiga konstruk akan dihilangkan. Namun, kami menganggap bahwa kinerja bisnis dipengaruhi secara multidimensi oleh faktor-faktor yang berbeda dan karenanya dapat ditingkatkan tidak hanya melalui penerapan *Lean* dan keberlanjutan tetapi juga dengan menggabungkan sistem manajemen lainnya. Konsekuensinya, untuk kinerja dan hasil yang lebih baik, kami merekomendasikan penerapan model dengan tiga sistem manajemen, dan dengan cara ini, sepenuhnya mengeksplorasi efek koaksi (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

2.6.3. Integrasi Green, Lean dan Six Sigma

Towards Sustainability through Green, Lean and Six Sigma Integration at Service Industry: Review and Framework (Menuju Keberlanjutan melalui Integrasi Green, Lean, dan Six Sigma di Industri Layanan: Tinjauan dan Kerangka Kerja) (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).



Sumber: (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

Gambar 2.3 Kerangka kerja terintegrasi untuk mengimplementasikan dan Six Sigma dalam pelayanan

Kerangka kerja konseptual menunjukkan sembilan faktor penting untuk menerapkan GLSS (*Green Lean Six Sigma*) dalam layanan: kepuasan pelanggan berkelanjutan, komunikasi jangka panjang dengan seluruh rantai pasokan, hubungan etika dan kepatuhan terhadap peraturan, pelatihan dan pemberdayaan tim, komitmen kepemimpinan, TBL (*Triple Bottom Line*) terintegrasi KPI (*Key Performance Indicators*), strategi dan budaya untuk transformasi, fokus pada manajemen pengetahuan dan perilaku manusia, dan otomatisasi Jidoka yang efektif (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

Selain itu, beberapa alat utama untuk meningkatkan layanan melalui penggunaan praktik *Green* dan *Lean* adalah: VSM, pembuangan limbah, standarisasi, manajemen visual/kontrol visual, manajemen Sumber Daya Manusia dan Kaizen. Persyaratan penting untuk menggunakan alat-alat ini adalah kolaborasi dan keterlibatan karyawan, karena sumber daya manusia adalah jantung dari integrasi *Green* dan *Lean*. Di sisi lain, masih perlu untuk memahami berbagai trade-off antara *Lean* dan *Green* (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

Mengenai integrasi *Lean* dan *Six Sigma* ke dalam layanan, diamati bahwa sementara *Lean* menambah nilai pada layanan, menghilangkan redudansi dan mengatur kembali jaringan dalam hal layanan teknologi informasi dan komunikasi; *Six Sigma* digunakan untuk memantau tindakan sebelum dan sesudah intervensi dan untuk meningkatkan proses dari sudut pandang kelestarian lingkungan; dan LSS membantu mengendalikan biaya, mengurangi kemungkinan kesalahan, dan meningkatkan keselamatan konsumen di bidang kesehatan. Salah satu alat utama *Lean Six Sigma* adalah VSM-DMAIC, di mana pemetaan aliran nilai digunakan untuk mengidentifikasi jenis limbah dan siklus peningkatan DMAIC telah diterapkan untuk memahami dan menyelesaikan limbah (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

2.7. Model Perbaikan DMAIC

2.7.1. Define

Define adalah langkah pertama dalam dalam pengoperasian program perbaikan kualitas atau mutu *Six Sigma*. Tahapan pertama ini akan mejabarkan sejumlah hal yang terkait dengan:

1. Mendefinisikan Kriteria Pemilihan Proyek *Six Sigma*

Dalam menentukan proyek yang terbaik didasarkan pada identifikasi sejumlah proyek yang sepadan dengan kebutuhan perusahaan, kapabilitas dan *goal* (tujuan) perusahaan yang ada sekarang. Secara garis besar, pemilihan proyek *Six Sigma* harus dalam memenuhi 3 kategori. (1) Kriteria peningkatan hasil-hasil dan faedah bisnis, (2) Kriteria kepatutan atau kepatutan dan (3) Kriteria yang memiliki efek pada perusahaan (Gaspersz, 2002).

2. Mendefinisikan Peran Orang-orang yang Terlibat dalam Proyek *Six Sigma*

Sejumlah orang atau kelompok yang memiliki peran umum beserta gelar-gelar generik yang biasanya dipakai dalam proyek *Six Sigma* ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.7 Contoh dari Beberapa Peran Generik dengan Gelar atau “Belts” dalam Program Six Sigma

No.	Peran Generik dengan Berbagai Gelar atau “Belt”
1	Dewan Kepemimpinan (<i>Leadership Council</i>), Dewan Kualitas (<i>Quality Council</i>), Komite Pengarah (<i>Steering Committee</i>) <i>Six Sigma</i> , <i>Senior Champions</i>
2	<i>Champions</i>
3	<i>Master Black Belts</i>
4	<i>Black Belts</i>
5	<i>Green Belts</i>
6	Anggota Tim (<i>Team Members</i>)

Sumber: (Gaspersz, 2002).

3. Mendefinisikan Kebutuhan *Training* dalam Proyek *Six Sigma*

Proses perubahana metodologi dan pengetahuan tentang *Six Sigma* yang paling manjur adalah mengadakan *training Six Sigma* yang sistematis dan terstruktur terhadap kelompok atau orang-orang yang ikut dalam proyek *Six Sigma* (Gaspersz, 2002).

4. Mendefinisikan Proses Kunci Beserta Pelanggan dari Proyek *Six Sigma*

Six Sigma yang telah dipilih, harus didefinisikan proses-proses kunci, sekuens proses beserta interaksinya, serta pelanggan yang terlibat dalam setiap proses itu. Pelanggan di sini dapat menjadi pelanggan internal maupun eksternal.

5. Mendefinisikan Kebutuhan Spesifik dari Pelanggan yang Terlibat dalam Proyek *Six Sigma*

Langkah pertama dalam mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan adalah memahami dan membedakan di antara dua kategori persyaratan kritis, yaitu: (I) Persyaratan *output*, dan (II) Persyaratan pelayanan.

- I. Persyaratan *output* berkaitan dengan karakteristik dan/atau feature dari produk akhir (barang dan/atau jasa) ang diserahkan kepada pelanggan pada akhir dari suatu proses.

II. Persyaratan pelayanan merupakan petunjuk bagaimana pelanggan seharusnya diperlakukan atau dilayani selama eksekusi dari proses itu sendiri. Persyaratan pelanggan cenderung menjadi lebih subjektif dan peka terhadap situasi, dibandingkan persyaratan *output* yang biasanya dapat didefinisikan secara konkret.

Persyaratan output dan persyaratan pelayanan itu, kemudian didefinisikan melalui karakteristik kualitas, yang selanjutnya akan menjadi CTQ (*Critical to Quality*) dalam proyek *Six Sigma*.

6. Mendefinisikan Pernyataan Tujuan Proyek *Six Sigma*

Proyek *Six Sigma* yang terpilih, kita harus mendefinisikan isu-isu, nilai-nilai dan saran dan/atau tujuan proyek. Pernyataan tujuan proyek harus ditetapkan untuk setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih. Pertanyaan tujuan yang benar adalah apabila mengikuti prinsip SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Result oriented, Time bound*) (Gaspersz, 2002).

Histogram merupakan tampilan bentuk grafis untuk menunjukkan distribusi data secara visual atau seberapa sering suatu nilai yang berbeda itu terjadi dalam suatu kumpulan data. Histogram juga merupakan salah satu alat dari 7 alat pengendalian kualitas (*QC 7 Tools*). Manfaat dari penggunaan Histogram adalah untuk memberikan informasi mengenai variasi dalam proses dan membantu manajemen dalam membuat keputusan dalam upaya peningkatan proses yang berkesimbangan (Kho, 2016).

2.7.2. *Measure*

Pada tahun 1891, ahli fisika Inggris Lord Kelvin menulis: “Bila Anda dapat mengukur apa yang Anda sedang bicarakan, dan menyatakannya dalam bentuk angka-angka, maka Anda mengetahui sesuatu tentang itu; tetapi apabila Anda tidak dapat mengukurnya, dan apabila Anda tidak dapat menyatakannya itu dalam bentuk angka-angka, maka pengetahuan Anda adalah tidak lengkap dan tidak memuaskan” (Gaspersz, 2002).

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *Measure*, yaitu: (1) Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari

pelanggan, (2) mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkatan proses, *output*, dan/atau *outcome*, dan (3) Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai baseline kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *Six Sigma*.

1. Menetapkan Karakteristik Kualitas (CTQ) Kunci

Sebelum melakukan pengukuran terhadap setiap karakteristik kualitas (CTQ), maka kita perlu mengevaluasi sistem pengukuran yang ada agar menjamin efektivitas sepanjang waktu.

2. Mengembangkan Rencana Pengumpulan Data

Pada dasarnya pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat, yaitu:

- I. Pengukuran pada tingkat proses adalah mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas input yang diserahkan oleh pemasok (*supplier*) yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas *output* yang diinginkan.
- II. Pengukuran pada tingkat *output* adalah mengukur karakteristik kualitas output yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan.
- III. Pengukuran pada tingkat *outcome* adalah mengukur bagaimana baiknya suatu produk itu memenuhi kebutuhan spesifik dan ekspektasi rasional dari pelanggan, jadi mengukur tingkat kepuasan pelanggan dalam menggunakan produk yang diserahkan.

3. Pengukuran *Baseline* Kinerja (*Performance Baseline*)

Proyek-proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* yang ditetapkan akan berfokus pada upaya-upaya dalam peningkatan kualitas menuju *zero defect*, maka dari itu sebelum suatu proyek *Six Sigma* dimuali, kita harus mengetahui tingkatan kerja yang sekarang. *Baseline* kerja dalam proyek *Six Sigma* biasanya ditetapkan menggunakan suatu pengukuran DPMO (*defects per million opportunities*) dan/atau tingkat kapabilitas *Sigma* (*Sigma level*). Sesuai dengan konsep pengukuran yang biasa diterapkan pada tingkat proses, *output* dan *outcome*, maka baseline kinerja juga dapat ditetapkan pada tingkat proses, *output* dan *outcome*.

Rumus perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 2.8 Rumus Perhitungan Level Sigma untuk CTQ Variabel

$\bar{x}$	= rata-rata
σ	= standar deviasi
$P (X \geq \text{Batas bawah})$	= NORMSDIST [(Batas bawah – $\bar{x}$) / σ]
$P (X \leq \text{Batas atas})$	= 1 – {NORMSDIST [(Batas atas – $\bar{x}$) / σ]}
DPMO	= [P (X ≤ Batas atas) + P (X ≥ Batas bawah)] x 10 ⁶
Level Sigma	= {NORMSINV [(10 ⁶ – DPMO) / 10 ⁶]} + 1,5

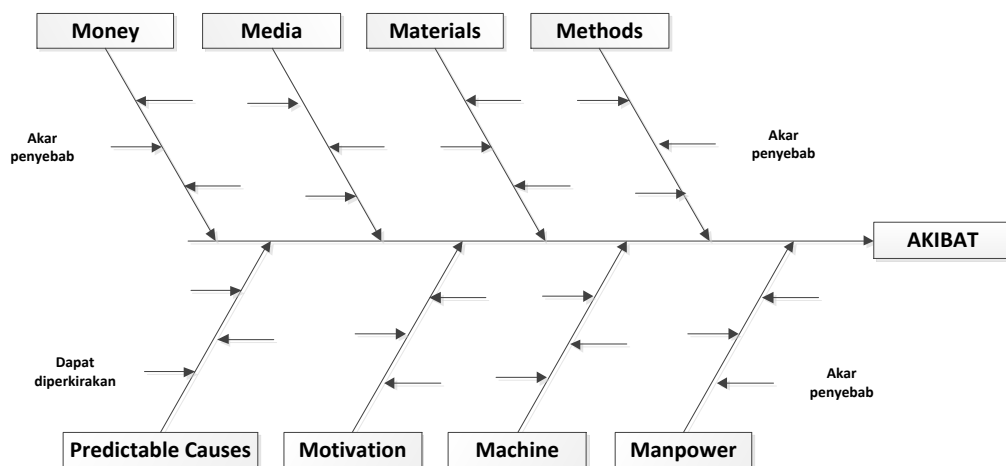
Sumber: (Gaspersz, 2002).

2.7.3. Analyze

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini terdapat beberapa hal perlu dilakukan sebagai berikut: (Gaspersz, 2002).

1. Menentukan Stabilitas dan Kemampuan (Kapabilitas) Proses
2. Menetapkan Target Kinerja dari Karakteristik Kualitas (CTQ) Kunci
3. Mengidentifikasi Sumber-sumber dan Akar Penyebab Masalah Kualitas
4. Mengkonversikan Banyak Kegagalan ke dalam Biaya Kegagalan Kualitas (*Cost of Poor Quality* = COPQ)

Diagram Tulang Ikan adalah salah satu metode atau tool di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau *cause effect diagram*. Penemunya adalah seorang ilmuwan jepang pada tahun 60-an. Bernama Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tikyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa. Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas. Yang menggunakan data verbal (*non-numerical*) atau data kualitatif.



Sumber: (Gaspersz, 2002)

Gambar 2.4 Diagram Sebab-Akibat Berdasarkan Kategori Sumber Penyebab dari Masalah Kualitas

Fungsi dasar diagram *Fishbone* (Tulang Ikan) adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. Sering dijumpai orang mengatakan “penyebab yang mungkin” dan dalam kebanyakan kasus harus menguji apakah penyebab untuk hipotesa adalah nyata, dan apakah memperbesar atau mengurangnya akan memberikan hasil yang diinginkan (Poerwanto, 2013).

2.7.4. Improve

Pengembangan rencana tindakan merupakan suatu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang berarti bahwa dalam tahap ini tim peningkatan kualitas *Six Sigma* harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan kegunaan (mengapa) rencana tindakan itu harus dilakukan, di mana rencana tindakan itu ditetapkan atau dialakukan, bilamana rencana tindakan itu dilakukan, siapa yang akan menjadi penanggung jawab dari rencana tindakan itu, bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu, dan berapa besar biaya untuk melaksanakan rencana tindakan itu serta manfaat positif yang diterima dari implementasi rencana tindakan itu. Analisis menggunakan metode 5W-2H dapat digunakan pada tahap pengembangan rencana tindakan ini (Gaspersz, 2002).

Pada tahap *improve*, manajemen memastikan variabel-variabel kunci atau faktor-faktor utama (x) dan mengukur daya pengaruhnya terhadap hasil yang diinginkan (y). Sebagai hasilnya, manajemen mengidentifikasi jajaran penerimaan maksimum terhadap masing-masing variabel untuk menjamin bahwa sistim pengukurannya memang layak untuk mengukur penyimpangan yang ada. Kemudian manajemen bisa memodifikasi tiap-tiap variabel kunci agar selalu berada di dalam jajaran penerimaan (Sugiharto, 2004).

2.7.5. Control

Control merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil dari peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam meningkatkan proses distandarisasikan dan disebarluaskan, prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari Tim *Six Sigma* kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahap ini. Selanjutnya, proyek-proyek *Six Sigma* pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru harus mengikuti siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, and Control*). Melalui cara ini, maka akan terjadi peningkatan integrasi, institusionalisasi, pembelajaran, dan sharing atau transfer pengetahuan-pengetahuan baru dalam organisasi *Six Sigma* itu (Gaspersz, 2002).

2.8. Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini akan ditekankan eksplorasi terhadap penelitian terdahulu yang berupa riset *gap* serta hubungan antar penelitian.

Eksplorasi terhadap riset *gap* ditujukan untuk memberikan wawasan terkait dengan teknik perancangan penyelesaian permasalahan, dan wawasan tersebut akan ditindaklanjuti dengan eksplorasi hubungan antar penelitian agar ditemukan integrasi kerangka penyelesaian permasalahan yang komprehensif, terstruktur dan *sustainable*.

2.8.1. Riset Gap

Adapun jurnal-jurnal yang menggunakan metode *Green Six Sigma* (GSS) dan ISO 14001 adalah sebagai berikut:

1. Sagnak, M., & Kazancoglu, Y. (2016). *Integration of Green Lean approach with Six Sigma: an application for flue gas emissions*. ELSEVIER *Journal of Cleaner Production*, 112-118.

Dalam jurnal tersebut penelitian dilakukan pengintegrasian pendekatan *Green Lean* dengan *Six Sigma* yang diaplikasikan untuk limbah emisi gas buang.

Pertimbangan lingkungan telah membuat organisasi mengambil peran penting dalam merancang produk yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang untuk melengkapi peningkatan dalam standar layanan lingkungan. Penerapan praktik *Lean* dapat menghasilkan pengurangan polusi. Dalam jurnal ini, pertama-tama, integrasi pendekatan *Green Lean* yang dibahas, dan kemudian keterbatasan pendekatan *Green Lean* diidentifikasi. Akhirnya, mengintegrasikan pendekatan *Six Sigma* untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dan menilai kinerja pendekatan *Green Lean*. *Measurement System Analysis* dan *Gage Control* digunakan sebagai metodologi untuk mengukur variasi proses untuk mengurangi dampak ekologis yang tidak menguntungkan dari produk atau layanan perusahaan, sambil meningkatkan efisiensi lingkungan (Sagnak & Kazancoglu, 2016).

2. Caiado, R., Nascimento, D., Quelhas, O., Tortorella, G., & Rangel, L. (2018). *Towards Sustainability Through Green, Lean and Six Sigma Integration at Service Industry: Review and Framework*. *Technological and Economic Development of Economy*, 1659-1678.

Dalam jurnal penelitian tersebut dilakukan integrasi antara *Green*, *Lean* dan *Six Sigma* menuju keberlanjutan layanan industri.

Pembangunan berkelanjutan semakin penting untuk industri jasa dan integrasi antara pendekatan *Green*, *Lean* dan *Six Sigma* dalam sistem layanan diperlukan untuk menyeimbangkan kebutuhan efisiensi operasional dengan komitmen lingkungan dan keadilan sosial. Jurnal secara kritis meninjau metodologi *Green* dan *Lean Six Sigma* (LSS) dan

menyoroti pentingnya mereka untuk mencapai layanan yang berkelanjutan. Untuk melakukan ini, tinjauan literatur sistematis tentang subyek yang diselidiki dilakukan. Jurnal ini memiliki dua kontribusi utama. Pertama, ini adalah salah satu penelitian pertama yang menguji kompatibilitas dan perbedaan konsep, implikasi *Green*, *Lean* dan *Six Sigma* mengenai implementasi berkelanjutan dalam industri jasa. Kedua, menyediakan kerangka kerja *Green LSS* secara holistik yang berusaha membantu para praktisi untuk menemukan cara melembagakannya dalam berbagai jenis layanan, dengan menunjukkan sembilan faktor penting untuk implementasinya, seperti kepuasan pelanggan yang berkelanjutan, hubungan etika dan kepatuhan terhadap peraturan, fokus pada pengetahuan manajemen dan perilaku manusia, dan otomatisasi (Caiado, Nascimento, Quelhas, Tortorella, & Rangel, 2018).

3. Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). *The integration of Lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model*. Elsevier Ltd., 828-846.

Dalam jurnal ini dilakukan itegrasi antara *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* dan *Green (Sustainability)* untuk memberikan arah penelitian yang akan datang (masa depan) dalam mengembangkan model tertentu.

Peneliti mencoba menyajikan tinjauan dan analisis literatur tentang kemungkinan model untuk mengintegrasikan tiga sistem manajemen: *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* dan *Sustainability*. Peneliti menyarankan arahan penelitian masa depan untuk mengembangkan model terintegrasi tertentu, menyarankan peluang dan tantangan baru yang harus ditangani oleh studi di masa depan (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

Tabel 2.9 Riset Gap Penelitian Sebelumnya

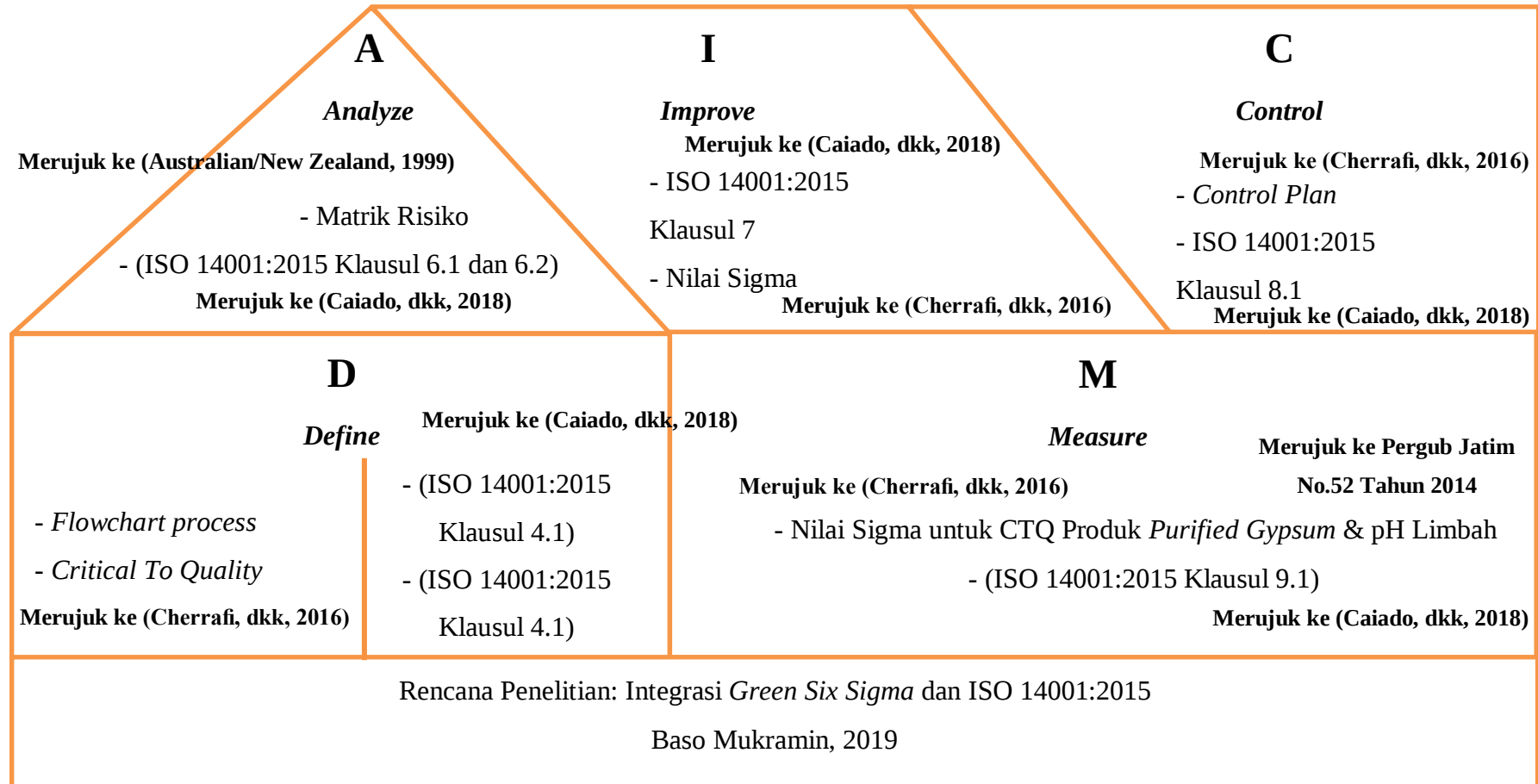
No	Peneliti	Judul	Tahun	Metode							Produk/Objek	
				Green	Lean	Six Sigma	MSA*	Gage control	SLR#	Matriks Risiko		ISO 14001
1	Muhittin Sagnak dan Yigit Kazancoglu	Integration of Green Lean approach with Six Sigma: an application for flue gas emissions	2016	✓	✓	✓	✓	✓				Flue gas emissions
2	Rodrigo Caiado, Daniel Nascimento, Osvaldo Quelhas, Guilherme Tortorella dan Luis Rangel	Towards Sustainability Through Green, Lean and Six Sigma Integration at Service Industry: Review and Framework	2018	✓	✓	✓			✓			Service industry

3	Anass Cherrafi a, Said Elfezazi, Andrea Chiarini, Ahmed Mokhlis dan Khalid Benhida	<i>The integration of Lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model</i>	2016	✓	✓	✓			✓			<i>Developing a specific model</i>
4	Rencana Penelitian	Minimalisasi Limbah pada Unit Produksi Gypsum Menggunakan Metode Green Six Sigma dan ISO 14001 di PT Petrokimia Gresik	2019	✓		✓				✓	✓	Gypsum

* MSA (*Measurement System Analysis*)

SLR (*Systematic Literature Review*)

2.8.2. Hubungan Antar Penelitian



Gambar 2.5 Hubungan Antar Penelitian