

Kajian Teoritis: Meningkatkan Efektivitas Proyek Konstruksi Menggunakan *Lean, Green, dan Six Sigma*

Aditya Ly^{1*}

¹Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

aditya_ly@staf.undana.ac.id*

| Received: 26/05/2025 | Revised: -/-/ | Accepted: 18/06/2025 |

Copyright©2025 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Pembangunan berkelanjutan dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap limbah serta kebutuhan untuk optimalisasi proyek menjadi prioritas dalam industri konstruksi. *Lean* merupakan pendekatan manajemen yang bertujuan mengurangi pemborosan sumber daya dan waktu. *Green* menitikberatkan pada pengelolaan limbah lingkungan melalui evaluasi siklus hidup produk dan prosesnya. Sementara itu, *Six Sigma* fokus pada pengendalian variasi dan peningkatan kualitas proses guna mengurangi cacat. Kajian ini bertujuan menganalisis secara teoritis efektivitas integrasi *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam meningkatkan efisiensi proyek konstruksi. Pendekatan literatur yang digunakan menunjukkan bahwa penggabungan ketiga metode tersebut mampu mengatasi kekurangan masing-masing secara individual, sehingga menciptakan sistem yang lebih tangguh dalam menangani limbah, efisiensi energi, dan mutu produk. Dalam sektor konstruksi, integrasi ini tidak hanya berdampak pada pengurangan biaya dan waktu, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, *Lean, Green, dan Six Sigma* merupakan kombinasi strategis yang efektif untuk diterapkan dalam proyek konstruksi modern guna mencapai efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan secara simultan.

Kata kunci: Manajemen Proyek, *Lean, Green, Six Sigma*, Konstruksi Berkelanjutan

Abstract

Sustainable development and growing public awareness of waste and project optimization have become priorities in the construction industry. Lean is a management approach aimed at reducing waste of time and resources. Green emphasizes managing environmental waste through life-cycle evaluation of products and processes. Meanwhile, Six Sigma focuses on controlling variation and improving process quality to reduce defects. This study aims to theoretically analyze the effectiveness of integrating Lean, Green, and Six Sigma to improve construction project performance. The literature review approach shows that combining these three methods can compensate for individual limitations and create a more resilient system to address waste, energy efficiency, and product quality. In construction, this

integration not only reduces costs and time but also contributes significantly to environmental sustainability. Therefore, Lean, Green, and Six Sigma form a strategic and effective combination to enhance efficiency, quality, and sustainability in modern construction projects.

Keywords: Project Management, Lean, Green, Six Sigma, Sustainable Construction.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, pembangunan berkelanjutan menjadi isu yang semakin meluas karena dampak-dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan sudah mulai dirasakan. Dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan yang sudah banyak dirasakan seperti iklim yang tidak menentu dan masalah pemanasan global menjadi pemantik dalam upaya penanggulangan agar tidak memperparah keadaan. Isu-isu lingkungan menjadi perhatian dari banyak pihak dan banyak orang sudah menggalakkan gaya hidup *zero waste* atau nol sampah.

Beban limbah terhadap lingkungan dipertimbangkan dengan jumlah limbah yang semakin tidak terkontrol. Ketidakmungkinan untuk menghilangkan limbah dapat diatasi dengan mengurangi limbah yang ada. Banyaknya limbah yang dihasilkan dari proyek konstruksi juga menjadi perhatian, contohnya limbah kayu yang berasal dari pembuatan bekisting, sisa potongan tulangan baja, sisa cor beton, sisa beton hasil renovasi, dan sejenisnya. Dibutuhkan efektivitas dalam penanganan proyek konstruksi agar limbah yang dihasilkan dapat terkontrol. Bersamaan dengan pengurangan limbah, dapat dilakukan konservasi energi dan sumber daya. Dari sebab itu, efektivitas dalam proyek sangat diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan sumber daya di dalam proyek, sehingga dapat berjalan optimal dengan sedikit limbah dan tidak terdapat pemborosan. *Lean, Green, dan Six Sigma* merupakan gabungan metode yang dianggap unggul untuk menyeimbangkan efisiensi secara operasional dengan komitmen lingkungan dan keadilan sosial (Caiado, et al., 2018).

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam Proyek Konstruksi diteliti dengan kajian teoritis?
2. Bagaimana cara pengurangan limbah konstruksi dengan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* jika dianalisis dari kajian teoritis?
3. Bagaimana cara meningkatkan efektivitas proyek konstruksi dengan menggunakan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* dengan menggunakan kajian teoritis?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Meneliti cara penerapan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam Proyek Konstruksi menggunakan kajian teoritis
2. Menganalisis cara pengurangan limbah dengan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam Proyek Konstruksi menggunakan kajian teoritis
3. Meningkatkan efektivitas proyek konstruksi dengan gabungan metode *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam Proyek Konstruksi menggunakan kajian teoritis

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada kajian teoritis mengenai penerapan integrasi metode *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam konteks proyek konstruksi. Fokus utama adalah bagaimana ketiga pendekatan manajemen ini dapat digunakan secara bersinergi untuk meningkatkan efektivitas operasional, mengurangi limbah konstruksi, serta meningkatkan efisiensi sumber daya dan energi. Penelitian ini tidak melakukan pengumpulan data lapangan, melainkan berdasarkan studi literatur yang telah terpublikasi dari jurnal ilmiah, prosiding konferensi, dan buku akademik. Pembahasan hanya mencakup aspek-aspek konseptual dan aplikatif berdasarkan hasil studi sebelumnya yang relevan

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari kajian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan wawasan akademik mengenai integrasi metode *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam proyek konstruksi.
2. Menjadi rujukan teoritis bagi para akademisi dan praktisi dalam menerapkan pendekatan efisiensi dan keberlanjutan dalam manajemen proyek konstruksi.
3. Mendorong penelitian lanjutan yang dapat menguji efektivitas model integrasi *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam studi kasus proyek nyata.
4. Memberikan dasar konseptual bagi pembuatan kebijakan internal perusahaan dalam mengelola limbah konstruksi dan efisiensi proses secara simultan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan deskriptif komparatif dengan meneliti cara penerapan gabungan metode *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam proyek konstruksi dan menganalisis cara pengurangan limbah dengan gabungan metode *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam proyek konstruksi serta meningkatkan efektivitas proyek konstruksi dengan gabungan metode *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dalam proyek konstruksi. Data dikumpulkan melalui tinjauan pustaka dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal ilmiah, prosiding, laporan pemerintah, serta artikel berita elektronik yang relevan dengan topik penelitian ini. Sumber-sumber yang digunakan telah melalui proses seleksi berdasarkan relevansi dan kredibilitasnya dalam bidang manajemen mutu konstruksi. Data yang diperoleh dianalisis dengan metode deskriptif komparatif, yaitu dengan membandingkan keberadaan satu atau lebih variabel pada beberapa sampel yang berbeda atau dalam kurun waktu yang berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Lean*

Usaha dan melaksanakan tugas, sering kali manusia cenderung mengabaikan pemborosan dan metode *Lean* yang mulai banyak dikenal karena diaplikasikan perusahaan Toyota berfokus pada efisiensi produktivitas (dengan eliminasi pemborosan) dan penghormatan yang sama terhadap kemanusiaan (Muraliraj, et al, 2018). *Lean* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi limbah namun tidak mengukur konsekuensi limbah terhadap lingkungan

(Banawi & Bilec, 2014). Saat *Lean* diimplementasikan ke dalam sistem pengembangan dan perancangan, maka tingkat kinerja akan dinaikkan (Sodhi, et al. 2020)

Manfaat implementasi *Lean* adalah (Kesek, et al 2019):

- a. Pengurangan biaya
- b. Mengurangi waktu tunggu
- c. Pengurangan limbah
- d. Meningkatkan produktivitas
- e. Kemajuan dalam pengurangan jumlah inventaris pekerjaan
- f. Mengurangi cacat/meningkatkan kualitas

Menurut Kesek, et al, (2019), *Lean* memiliki kekurangan:

- a. Ketegangan rantai pasokan
- b. Biaya implementasi yang relatif tinggi
- c. Kurangnya jumlah penerimaan karyawan
- d. Masalah ketidakpuasan pelanggan

Kesek, et al, (2019) menganalisis kelemahan metode *Lean*, yaitu:

- a. Kurangnya fokus strategis
- b. Kurangnya sistem teknologi informasi yang tetap
- c. Membutuhkan banyak waktu dan dapat menjadi sangat mengganggu

Menurut Banawi and Bilec, (2014), *Lean* adalah strategi bisnis dengan tujuan yang utama adalah meminimalkan pemborosan yang tidak memiliki tambahan nilai, tujuh identifikasi pemborosan menurut Taiichi Ohno adalah:

1. Transportasi, pemindahan produk atau material terbilang boros karena semakin banyaknya benda bergerak, maka kemungkinan rusaknya semakin besar.
2. Menunggu, menunggu dalam segala bentuk menghabiskan banyak waktu sehingga pemborosan terhadap waktu tidak bisa diatasi.
3. *Overproduksi*, memproduksi lebih dari yang dibutuhkan pelanggan menghasilkan inventaris yang tidak memerlukan biaya, konsumsi, bahan, dan tenaga kerja.
4. Cacat, proses transfer input ke output dianggap gagal ketika ada kecacatan
5. Inventaris, inventaris dianggap tidak bernilai tambah, meskipun mungkin diperlukan karena berisiko kerusakan, keusangan, pembusukan, dan masalah kualitas
6. Gerak, setiap gerakan fisik tanpa tambahan nilai pada proses
7. Pemrosesan Ekstra, pemrosesan ekstra yang tidak menambah nilai apapun pada produk dianggap sebagai pemborosan.

Tujuan penerapan *Lean* dengan jelas sesuai dengan penghematan sumber daya karena dipandang sebagai metode yang ramah lingkungan (Chugani, et al, 2017). *Lean* menawarkan

metodologi unik, yaitu berbuat lebih banyak dengan lebih sedikit manusia, usaha, peralatan, dan sedikit uang (Caicado, et al, 2017). Hal ini menghasilkan pemborosan berhasil terhapuskan dengan proses yang lebih efisien dan menghasilkan kemampuan penting yang dihadapi pelanggan. Sistem manajemen *Lean*, lingkungan dan social harus digabungkan untuk menilai keberlanjutan atau fokus terhadap isu-isu yang terkait dengan tanggung jawab social perusahaan yang berkontribusi besar pada kinerja keseluruhan, membawa keuntungan finansial, regulasi kepatuhan dan pencegahan hukuman, bekat, dan retensi karyawan yang lebih bedar dan baik (caicado, et al, 2017). Konstruksi *Lean* merupakan “konstruksi ramping yang termasuk dalam pendekatan untuk mengurangi pemborosan bahan, waktu, dan tenaga yang dapat mengoptimalkan bahan, waktu, dan tenaga (Handayani, et al, 2020).

Meskipun *Lean* memiliki efek positif dan kuat pada lingkungan, tapi tidak sepenuhnya menghilangkan akar penyebab operasional dan lingkungan limbah karena tidak adanya pendekatan sistematis dan ilmiah dalam mengendalikan proses (Farukh, et al, 2020).

3.2. *Green*

Green dianggap sebagai filosofi menentukan, mengukur, mengevaluasi, dan mengendalikan limbah lingkungan dengan memecahkan masalah yang terkait dengan produk dan proses (Farukh, et al 2020). Dalam konstruksi, metode *Green* dipertimbangkan untuk mengisi kesenjangan mengevaluasi dampak limbah yang dihasilkan dampak terhadap lingkungan (Banawi & Bilec, 2014). *Green* berkaitan dengan meminimalisasi dampak lingkungan dari produk atau layanan dan dapat digunakan untuk membantu mengevaluasi aspek hijau dari suatu produk (Banawi, et al, 2020).

3.3. *Six Sigma*

Six Sigma adalah teknik yang digunakan untuk memaksimalkan keuntungan dengan meminimalisasi variasi dan menjaga kualitas produk (bebas cacat) yang diaplikasikan dengan mengurangi kecacatan produk, sedikit bahan yang terbuang (optimalisasi bahan) (Handayani, et al, 2020). *Six Sigma* membantu bisnis mencapai dan mempertahankan tingkat kesuksesan yang sehat dan mengacu pada jumlah varian yang tidak konsisten dalam proses kemudian menyamakan kecacatan dalam statistic (Banawi and Bilec, 2014). Metode *Six Sigma* lebih berfokus pada memastikan kualitas, atau meminimalkan fluktuasi, dalam proses untuk memastikan kualitas, atau meminimalkan fluktuasi, dalam proses untuk menghilangkan kesalahan bahkan sebelum kesalahan itu ada dibandingkan fokus terhadap produk (Kesel, et al, 2019).

Six Sigma bermanfaat untuk diterapkan karena memastikan bahwa masalah-masalah yang diabaikan dengan menerapkan metode secara individual dapat ditangani, yang membantu organisasi mengurangi cacat, meningkatkan kecepatan pengiriman, dan menekan biaya yang pada gilirannya dapat menciptakan organisasi yang berfokus pada kebutuhan pelanggan dan menganggap bahwa karyawan diperlukan untuk pengambilan keputusan serta mempertahankan fleksibilitas di saat yang sama (Chugani et al, 2017). *Six Sigma* adalah proses yang sangat disiplin dan membantu organisasi berfokus pada pengiriman produk, hal ini biasanya untuk biaya produk yang lebih rendah dan peningkatan kualitas, dan pengurangan waktu siklus, dimana *six sigma* mewakili istilah statistik yang mengukur sejauh mana proses tertentu menyimpang dari kesempurnaan/yang diharapkan (Caicado, et al, 2017).

Metode yang diterapkan dalam *Six Sigma* adalah metode DMAIC, yaitu Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control. Menurut Banawi et al, (2020), DMAIC dalam *Six Sigma* adalah:

3.3.1. Define / Definisi

Kontraktor harus Menyusun semua Langkah yang biasa diikuti untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu. Hal ini dapat digunakan untuk membantu evaluasi langkah-langkah yang digunakan secara imdovodual dan melihat sejauh mana sumber daya berhasil diserap dan produksi limbah. Perencanaan yang tepat dapat membantu meminimalisasi pemborosan dan meningkatkan produktivitas. Agar fase ini berhasil, dapat diasumsikan dengan pembentukam lingkup kerja yang jelas. Pada studi yang sudah dilakukan, perencanaan yang burik dapat mengakibatkan kesalahan dan kerugian. Namun, perencanaan yang tepat dapat melibatkan definisi tugas, pilihan teknologi, dan hubungan keduanya. Fase Definisi atau menentukan bertujuan untuk meningkatkan perencanaan yang termasuk dengan tanggal setiap Langkah dan durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap langkah dan total durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap Langkah dadn total durasi proses konstruksi.

3.3.2. Measure/Pengukuran

Pengukuran sangat penting untuk membangun system pengumpulan untuk menentukan sumber daya yang dibutuhkan dalam konstruksi proyek. Hal ini dapat membntu pelacakan dan *benchmark* satu sama lain dan mengarah ke data base yang andal untuk estimasi biaya yang lebih baik. Menyorot Langkah-langkah dengan biaya yang tinggi membantu perencana proyek membantu bahan, peralatan, dan pekerja. Biaya terkait untuk setiap Langkah dalam proses juga dihitung dengan jumlah konsumsi bahan bakar adalah di bawah bagian peralatan untuk membantu mengukur dampak lingkungan oleh fase analisis.

3.3.3. Analysis/Analisa

Pada bagian Analisis proses diuji dengan metode *Lean and Green*. Proses ini terdiri dari dua langkah: Penggunaan konsep *Lean*, untuk memandu kontraktor mengidentifikasi langkah-langkah pada proyek konstruksinya, yang menggunakan sumber daya tanpa menambahkan nilai apa pun sehingga dapat dihapus atau dimodifikasi; Penggunaan model *Lean, Green, dan Six Sigma* menganalisis dampak lingkungan yang dihasilkan pada setiap tugas yang dilakukan, karena setiap langkah yang kita lakukan menghasilkan emisi CO₂. Untuk meminimalkan emisi ini, fitur *Lean, Green, dan Six Sigma* terbatas inventaris yang berisi sebagian besar bahan umum yang digunakan dalam konstruksi, seperti beton, baja, dan balok. Seiring dengan dampak lingkungan mereka. Menjadi alat yang sangat baik untuk pengguna. Jumlah absolut dari dampak lingkungan untuk satu unit tunggal dapat dihitung dengan menggunakan inventaris ini; misalnya, jumlah yang dimasukkan untuk baja yang akan dianalisis adalah tumbukan per 1 kg.

3.3.4. Improve/Meningkatkan

Pada fase ini pemilik proses memiliki kesempatan untuk mencoba berbagai pilihan yang ditawarkan dengan lebih baik kinerja jika berlaku untuk meningkatkan proses secara keseluruhan. Melihat kembali ke Definisi, Ukur, dan Menganalisis fase, kontraktor selanjutnay dapat dengan cepat mengenali langkah-langkah mana dalam proses tersebut yang dianggap tidak perlu. Penggunaan peralatan yang lebih efisien untuk menghasilkan lebih sedikit emisi; saran lain mungkin untuk melakukan bisnis dengan dealer lokal daripada perusahaan internasional untuk menghindari pemborosam terlait perjalanan jauh.

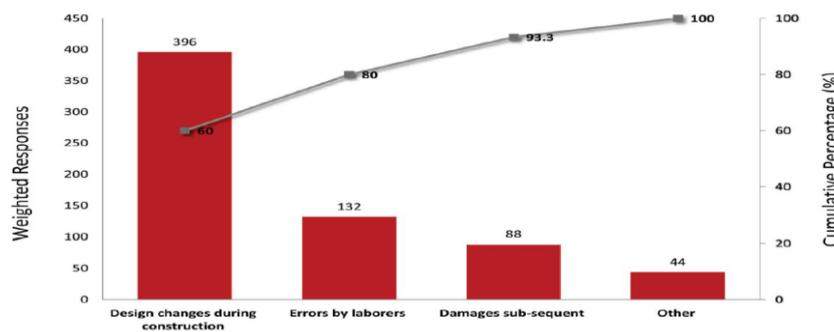
3.3.5. Control

Fase kontrol bertujuan untuk menjaga tingkat pencapaian kinerja proses pada yang diinginkan standar. *Lean, Green, dan Six Sigma* menggunakan rumus Cacat per Sejuta Peluang untuk diukur (DPMO). Menerapkan DPMO memberikan pengukuran kinerja proses sesuai dengan skala enam sigma. *Output* dari DPMO disesuaikan dan disesuaikan dengan tingkat sigma, di mana semakin banyak

3.4. Penerapan Lean, Green, dan Six Sigma dalam Proyek Konstruksi

Lean, Green, dan Six Sigma mengidentifikasi potensi limbah dalam konstruksi sejak awal dan sebelum konstruksi di mulai (Banawi, et al, 2020). Sehingga, dapat digunakan untuk mengurangi pemborosan dan mengoptimalkan efektivitas proyek konstruksi.

Lean, Green, dan Six Sigma dikombinasikan dengan kinerja operasional digunakan sebagai pendekatan ramah lingkungan. Penerapan *Lean, Green, dan Six Sigma* dalam konstruksi pernah diteliti oleh Banawi dan Bilec, (2014) menggunakan kuesioner terhadap 30 orang dengan topik yang dibatasi dengan pemborosan dalam proses pilecap yang kemudian menghasilkan bahwa ketidakefektifan dalam konstruksi yang menghasilkan pemborosan adalah: 60% perubahan desain konstruksi, 20% kesalahan pekerja, 13% kerusakan pada pekerjaan yang dilakukan karena perdagangan berikutnya, dan 7% lain-lain. Hasil tersebut dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Pareto Faktor-faktor Penghasil Pemborosan Terbanyak Berdasarkan Proses Pile Cap (Banawi and Bilec 2014).

Dari diagram pareto di atas, pemborosan terjadi karena satu sebab terbanyak, yaitu perubahan desain selama konstruksi yang sebenarnya bisa ditanggulangi dengan alokasi material yang tepat dan meminimalisir perubahan dengan membuat desain di awal secara matang sehingga tidak akan ada perubahan selama proses konstruksi.

Faktor penentu keberhasilan untuk menerapkan *Lean, Green dan Six Sigma* Cherrafi et al. (2017) mengambil dari Gaikward dan Sunnapwar, (2017) adalah:

1. Komitmen manajemen dan karyawan;
2. Kemauan organisasi;
3. Pemilihan dan prioritas tugas;
4. Sumber daya dan keterampilan untuk membantu pelaksanaan;
5. Komunikasi; dan
6. Berpusat pada dimensi dan hasil.

Pampanelli dkk. (2014) mengambil dari Gaikward dan Sunnapwar, 2017, mengidentifikasi faktor-faktor penentu keberhasilan berikut untuk menerapkan *Lean, Green*, dan *Six Sigma* terdiri dari:

1. Manajemen sumber daya manusia;
2. Dukungan dan kepemimpinan manajemen;
3. Kemitraan pemasok;
4. Budaya dan komunikasi;
5. Data dan metrik;
6. Keterlibatan masyarakat; dan
7. Pelatihan dan pendidikan

3.5. Pengurangan Limbah Konstruksi dengan *Lean, Green*, dan *Six Sigma*

Industri Konstruksi mengonsumsi banyak sumber daya, energi, dan menghasilkan banyak limbah (Banawi & Bilec, 2014). *Lean, Green*, dan *Six Sigma* dapat membantu kontraktor mengevaluasi kembali metode konstruksi dan menugatkan efisiensi sebelum produksi (Banawi, et al, 2020). Limbah dapat dikurangi dengan tahapan:

- a. Identifikasi pemborosan dengan tahapan dalam konstruksi dengan alat *Lean*, yaitu VSM
- b. Mengukur dampak lingkungan dari limbah menggunakan LCA
- c. Menghilangkan atau mengurangi sumber pemborosan menggunakan alat *Six Sigma* (DMAIC)

3.6. Meningkatkan Efektivitas Proyek Konstruksi dengan *Lean, Green*, dan *Six Sigma*

Metode *Lean, Green*, dan *Six Sigma* memiliki perbedaan, namun penerapannya pada proyek konstruksi dapat digabungkan. Metode *Lean* digunakan untuk mengurangi limbah dan pemborosan, metode *Green* digunakan untuk menilai dampak lingkungan, dan metode *Six Sigma* digunakan sebagai metode aktual untuk mengurangi limbah dan pemborosan (Banawi & Bilec, 2014). Kombinasi ketiga metode tersebut dapat meningkatkan efektivitas proyek konstruksi.

Meningkatkan efektivitas dalam proyek konstruksi yang menggunakan *Lean, Green*, dan *Six Sigma* secara bersamaan dapat membantu meminimalisasi dampak dari kegiatan konstruksi, meningkatkan efisiensi, dan tidak mengurangi keuntungan (Banawi & Bilec, 2014). Kompatibilitas dan divergensi *Lean, Green*, dan *Six Sigma* dapat dilihat pada Tabel 1.

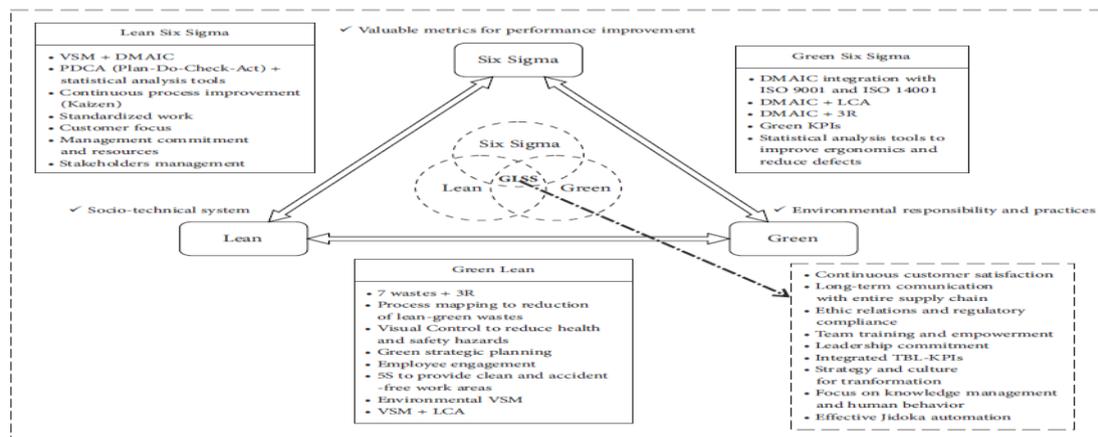
Tabel 1. Kompatibilitas dan divergensi *Lean*, *Green*, dan Six Sigma

Kompatibilitas	Sumber	Tema
Praktik ramah lingkungan sebagai “menggunakan pedoman dan sumber pembelian ramah lingkungan dari sumber yang bertanggung jawab terhadap lingkungan” berkontribusi pada peningkatan kinerja sosial bisnis. Praktik ramping sebagai "pengiriman langsung ke titik penggunaan" dan "geografis" konsentrasi” dapat mempengaruhi secara positif masyarakat setempat, melalui penciptaan lapangan kerja, pengembangan infrastruktur, dan kolaborasi dengan universitas dan pusat pengetahuan. Sinergi dapat digunakan untuk memfasilitasi pemantauan pemasok dengan menyediakan sistem peringatan dini dan pengakuan dan pencegahan lingkungan dan sosial secara tepat waktu penyimpangan dalam rantai pasokan hulu	Azevedo, Carvalho, Duarte, and Cruz-Machado (2012)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
<i>Lean</i> berfungsi sebagai katalis untuk implementasi <i>Green</i> , yang di gilirannya menghasilkan manfaat untuk praktik bisnis yang ada, dan keduanya memiliki teknik pengurangan limbah, sementara limbah hijau dapat dimasukkan menjadi limbah <i>Lean</i> dan secara bersamaan dikurangi, mereka berusaha untuk mengurangi waktu siklus, terkait dengan rantai pasokan, memiliki kinerja utama indikator sebagai tingkat layanan, dan berbagi alat dan praktik	Dües, Tan, and Lim (2013)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
<i>Lean</i> and <i>Green</i> juga dapat diintegrasikan ke dalam model lain seperti ISO 9001 dan 14001	Kurdve, Zackrisson, Wiktorsson, and Harlin (2014)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
Alat dan praktik <i>Lean</i> dapat memfasilitasi fokus pada keberlanjutan di tingkat operasional	Verrier et al. (2014)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
<i>Lean</i> memfasilitasi keberlanjutan, dan integrasi orang adalah kunci untuk kesuksesan <i>Lean</i> , yang mendorong organisasi menuju keberlanjutan manajemen operasi. Proses berkelanjutan mengurangi ekologi dampak dan dapat menghilangkan penipisan sumber daya yang langka. Sinergi dari arah horizontal dan vertikal manusia integrasi dapat mengarah pada penciptaan nilai dalam organisasi	W. P. Wong and K. Y. Wong (2014)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
<i>Lean</i> and <i>Green</i> menjaga sinergi terkait pengurangan limbah, timbal pengurangan waktu, desain produk dan penggunaan berbagai pendekatan dan teknik untuk mengelola orang, organisasi, dan pasokan rantai	Garza-Reyes (2015a)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>

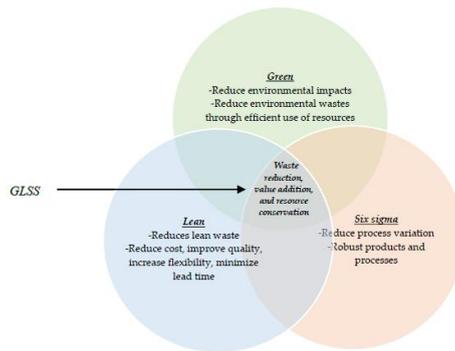
Kompatibilitas	Sumber	Tema
Pemikiran <i>Lean</i> and <i>Green</i> berfokus pada peningkatan hasil bisnis dalam hal biaya, posisi pasar, reputasi dan desain produk, dan meningkatkan nilai pelanggan dengan berkolaborasi dengan pemasok dan pelanggan, menganalisis operasi yang ada, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi limbah yang beroperasi lebih efisien	Wiese, Luke, Heyns, and Pisa (2015)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
Penggunaan DMAIC (define-measure-analyse-improve-control) model dapat memberikan <i>Green Lean</i> dengan lebih spesifik dan holistik orientasi berbasis proyek untuk implementasi insiatif dari <i>Green</i> dan <i>Lean.s</i>	Cherrafi et al. (2016)	LSS dan <i>Green</i>
Kombinasi dari tujuh pemborosan mematikan dari <i>Lean</i> Management dan hierarki 3R (Pengurangan / Penggunaan Kembali/ Pemulihan) dalam <i>Lean/</i> Matriks hijau meningkatkan kinerja manufaktur program minimalisasi	Fercoq, Lamouri, and Carbone (2016)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
Banyak praktik <i>Lean</i> meningkatkan tingkat "transparansi" dari tempat kerja, seperti visibilitas bahaya yang jelas dan pekerjaan yang lebih bersih lingkungan sehingga pekerja memiliki kesempatan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan menyarankan kontrol (seperti visual dan tanda-tanda lainnya) artefak visualisasi) yang membuat interaksi manusia / teknologi lebih efektif dan membantu mengurangi bahaya kesehatan dan keselamatan di tempat kerja, membantu mengatasi sisi manusiawi organisasi keberlanjutan	Camuffo, De Stefano, and Paolino (2017)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
Sama seperti <i>Lean, Green</i> menganjurkan penghapusan tujuh pemborosan: penggunaan air yang tidak perlu, penggunaan daya yang tidak perlu, eksploitasi sumber daya, polusi, sampah, efek rumah kaca dan eutrofikasi	Chugani et al. (2017)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>
Divergensi	Sumber	Tema
Paradigma ini berbeda dalam fokus, apa yang dianggap sebagai pemborosan, pelanggan, desain produk dan strategi manufaktur, akhir masa pakai manajemen produk, KPI, biaya dominan, alat utama yang digunakan dan titik-titik tertentu Sebagai frekuensi penggantian. Diharapkan bahwa trade-off akan dibuat antara beberapa tujuan. Sementara ramping praktik fokus pada memaksimalkan kinerja dan mengurangi biaya, praktik hijau menerapkan penilaian siklus hidup (LCA) untuk merancang produk untuk optimasi lingkungan di setiap tahap siklus hidup	Dües et al. (2013)	<i>Lean</i> dan <i>Green</i>

Kompatibilitas	Sumber	Tema
<i>Green</i> berfokus pada kinerja lingkungan, <i>Lean</i> berfokus pada pemborosan dan eliminasinya dan <i>Six Sigma</i> berfokus pada peningkatan kualitas produk dan layanan dalam sebuah organisasi dengan meminimalkan cacat	S. Kumar, Luthra, Govindan, N. Kumar, and Haleem (2016)	
Keberlanjutan berkaitan dengan kemampuan memenuhi kebutuhan di masa sekarang dan masa depan (kemanjuran, efektivitas dan etika), sedangkan <i>Lean</i> lebih berorientasi pada penyampaian produk atau layanan dengan penggunaan sumber daya yang seminimal mungkin (efisiensi dan efektifitas)	Martínez León and Calvo-Amodio (2017)	<i>Lean</i> and <i>Green</i>
Sementara <i>Lean</i> lebih mementingkan menghormati orang, termasuk pelanggan dan karyawan, keberlanjutan tampaknya memperluas kepedulian dengan mengupayakan kesejahteraan seluruh pemangku kepentingan dalam jangka panjang ketentuan	Martínez León and Calvo-Amodio (2017)	<i>Lean</i> and <i>Green</i>

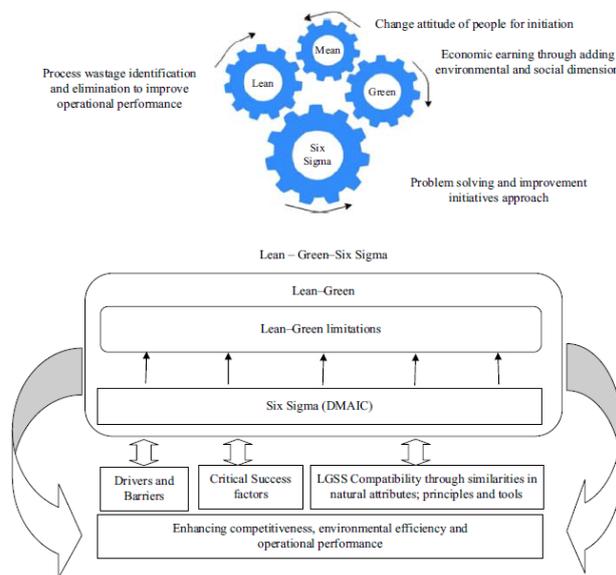
Pada Gambar 2 dapat dilihat kerangka kerja terintegrasi untuk menerapkan *Green Lean Six Sigma* dalam bidang jasa. Pada Gambar 3 adalah tujuan serta aspek umum *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma*. Pada Gambar 4 merupakan kerangka terintegrasi dan elemen teoritikal. Gambar 5 adalah Kerangka Kerja *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma*.



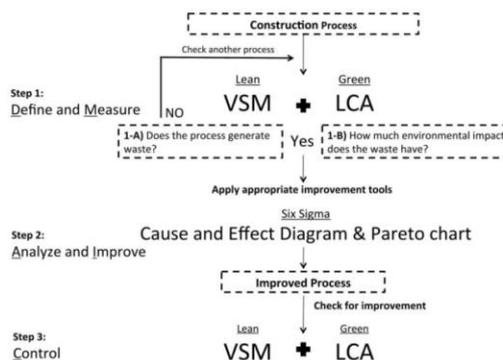
Gambar 2. Kerangka Kerja Terintegrasi Untuk Menerapkan *Green Lean Six Sigma* dalam Bidang Jasa (Caiado, et al, 2018)



Gambar 3. Tujuan serta Aspek Umum *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* (Farrukh, et al, 2020)



Gambar 4. Kerangka Terintegrasi dan Elemen Teoritikal (Gaikward dan Sunnapwar, 2020)



Gambar 5. Kerangka Kerja *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* (Banawi & Bilec, 2014)

Integrasi *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* berfokus pada pengurangan inventaris dan memberikan penghematan bahan, energi, dan ruang dengan menggunakan metode *Lean*. *Lean* dan *Green* ditujukan untuk pertumbuhan dan kemakmuran jangka panjang dengan meningkatkan produktivitas sambil meminimalkan dampak lingkungan dari kegiatannya. Metode *Lean* and *Green* dapat mengurangi penggunaan sumber daya dari rata-rata 30 menjadi 50 persen dan

berpotensi mengurangi total biaya energi yang dibutuhkan untuk produksi. Jadhav dkk. (2014) dari Gaikward dan Sunnapwar, (2020).

Gaikward dan Sunnapwar, (2020) menekankan kurangnya mode terintegrasi tertentu dan mencoba mengisi celah melalui model konseptual yang didasarkan pada jenis literatur dan dihubungkan bersama menggunakan DMAIC dan menghasilkan:

1. Strategi *Lean Green* dan *Six Sigma* membantu organisasi untuk mengetahui dampak lingkungan dan sosial dan menciptakan strategi keberlanjutan untuk produk berkelanjutan dalam sistem produksinya.
2. Untuk bersaing di pasar global, sektor manufaktur menjadi mudah untuk ditingkatkan kinerja bisnis dengan perubahan situasi lingkungan.
3. Menyesuaikan strategi *Lean, Green, dan Six Sigma* untuk mengatasi beberapa tantangan yang ada seperti peningkatan peraturan, keputusan investasi (berdasarkan biaya, kualitas, pengiriman dan fleksibilitas), memenuhi kebutuhan pelanggan dan pasar yang sedang berkembang.
4. Praktisi dapat mencoba mengintegrasikan *Lean, Green, dan Six Sigma* dengan menggunakan elemen teoritis sebagai peta jalan dan memperbaiki modelnya.
5. Karya saat ini mewakili perjalanan kemajuan di mana maknanya entah bagaimana hilang. Perusahaan perlu mencari kembali cara dan memastikan tindakan harmonisasi antara pengaruh dan keberlanjutan.

Banawi, et al, (2020) menjelaskan mengelola dan merencanakan sumber daya yang berbeda untuk menyelesaikan proyek konstruksi dan bertemu klien, harapan dan tujuan yang diinginkan, terlebih lagi, perlu dilakukan dengan biaya yang efektif, namun dengan pemborosan yang minimal tata krama. Meskipun tujuan ini berpotensi bertentangan dengan proyek apa pun, tetap saja, perbedaan dapat terjadi diterapkan setiap saat untuk proyek untuk kinerja yang lebih baik. Banawi, et al, (2020) mengembangkan model lanjutan untuk membantu meningkatkan dampak lingkungan dan bottom-line dari proses konstruksi yang dipilih. Menghindari pemborosan sebelum terjadi lebih signifikan manfaat daripada mencoba membuangnya setelah konstruksi. Mencapai manfaat ini adalah tujuan utama darimembuat model *Lean, Green, dan Six Sigma*. *Lean, Green, dan Six Sigma* dibuat untuk membantu kontraktor dan pemangku kepentingan untuk mengevaluasi kembali proses mereka untuk melakukan pekerjaan konstruksi untuk menggunakan cara yang lebih baik. Untuk validasi lebih lanjut. Banawi, et al, (2020) menggunakan Model *Lean, Green, dan Six Sigma* untuk menguji pemasangan 160 tumpukan kayu dengan delapan langkah diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan ini yang memakan waktu 88 jam dan total biaya \$96.547,76 untuk diselesaikan. Empat dari total delapan langkah dalam proses tumpukan kayu adalah langkah yang tidak bernilai tambah sehingga menghilangkan atau memperdagangkan langkah-langkah ini dengan opsi yang lebih baik akan meningkatkan kinerja proses. Misalnya, dalam studi kasus, memperoleh tumpukan kayu dengan panjang yang sama akan menghilangkan penggunaan peralatan dan uang yang dibutuhkan untuk memotong semua tumpukan kayu. Selanjutnya, harga 1% pengurangan dan pengurangan 9% dampak lingkungan akan terwujud jika proses aslinya dimodifikasi dengan penerapan metode yang berbeda. Hasil penghematan mungkin tidak signifikan dalam studi kasus, namun proses konstruksi tumpukan kayu adalah salah satu proses konstruksi, di antara banyak proses lainnya. Evaluasi semua langkah

dalam sebuah proyek. Kemudian, dan penggunaan alternatif yang direkomendasikan oleh *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dapat menghasilkan penghematan yang lebih besar.

Di sisi lain, *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* membutuhkan database pra-bangun terlampir yang memiliki cukup data untuk mendukung perencanaan dan mempertahankan proses keputusan yang konsisten. peningkatan ini akan mengurangi bias apa pun yang dapat dilakukan *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* menyebabkan. untuk pekerjaan di masa depan, penulis mulai bekerja mengembangkan database yang mengumpulkan dan mendefinisikan aktivitas yang bernilai dan tidak bernilai tambah. data dikumpulkan melalui saluran yang berbeda, termasuk: kunjungan lapangan, studi kasus, dan wawancara dekat. kita harus memiliki database tertaut yang cepat tanggap dengan data yang luas, termasuk dampak lingkungan juga. Kesimpulannya, model *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* adalah alat lengkap yang dapat membantu setiap pemilik proses untuk memikirkan proses dan membantu menyoroti potensi pemborosan lebih awal sehingga dapat dihindari. model *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* adalah tidak rumit, memberikan hasil yang konkrit, mendiskusikan semua alternatif yang cocok, mempertahankan keberhasilan kinerja, dan yang terpenting, proaktif. Untuk menerapkan metafora medis: Satu ons pencegahan adalah senilai satu pon penyembuhan.

4. Kesimpulan

Penggunaan *Lean*, *Green*, dan *Six Sigma* dapat dilakukan karena dapat mengisi kekurangan metode satu dengan yang lainnya. *Green* bertujuan untuk mengurangi limbah lingkungan dengan menjalankan praktik lingkungan (mengurangi dampak lingkungan dari limbah berbahaya, emisi udara, Kesehatan, dan risiko keselamatan bagi manusia dan lingkungan, serta keselamatan bagi manusia dan lingkungan, serta konservasi energi dan sumberdaya (Farukh, et al, 2020). *Lean* digunakan untuk mengolah limbah yang membanu menurunkan limbah lingkungan, dan *Six Sigma* berkontribusi dalam meminimalkan cacat dan variasi proses pengendalian yang mengarah pada pengendalian pada pengurangan limbah lingkungan.

Lean secara individual tidak dapat mengatasi masalah deteksi cacat dan pengurangan proses untuk mengatasi masalah lingkungan, *Green* tidak dapat mengatasi variabilitas masalah dalam proses yang mengarah ke limbah lingkungan, dan *Six Sigma* tidak dapat kinerja lingkungan yang optimal tanpa kemampuan untuk menangani pemborosan *Lean* secara organisasi dan penilaian dampak siklus hidup terkait produk (Farrukh, et al, 2020).

Daftar Pustaka

- Banawi, A., Besne, A., Fonseca, D., and Ferrandiz, J., 2020. "A Three Methods Proactive Improvement Model for Buildings Construction Processes." *Sustainability*. 12 (4335), 1-14.
- Banawi, A., and Bilec, M.M., 2014. "A Framework, to Improve Construction Processes: Integrating *Lean*, *Green*, and Six Sigma." *International Journal of Construction Management*. 14(1), 45 – 55.
- Caiado, R., Nascimento, D., Quelhas, O., Tortorella, G., and Ragel, L., 2018. "Towards Sustainability Through *Green*, *Lean*, and *Six Sigma* Inegration at Service Industry: Review and Framework." *Technological and Economic Development of Economy*. 24 (4), 1659 – 1678.

- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., Upadhyay, A., 2017. "Investigating *Green* Impact of *Lean*, *Six Sigma*, and *Lean Six Sigma* A Systematic Literature Review". *International Journal of Six Sigma*, 8(1), 7-32.
- Farrukh, A., Mathrani, S., dan Taskin, M., 2020. "Investigating the Theoretical Constructs of a *Green Lean Six Sigma* Approach towards Environmental Sustainability: A Systematic Literature Review and Futur eDrection. *Sustainability* 2020, 12, 8248, doi: 10.3390/2198427.
- Gaikwad, L., Sunnapwar V., 2020. "An Integrated *Lean, Green, and Six Sigma* Strategies A Systematic Literature Review and Directions for Future Research". 2019." *The TQM Journal*. 32 (2), 201-225.
- Handayani, N. U., Wibowo, M. A., Mustikasi, A., Nurwidanto, I. W., and Dilaga, D. A., 2020. "The Implementation of *Lean* Construction and *Six Sigma* Concepts in Light Brick Installation: A Case Study in Cordova Apartment Project." International Conference on Advanced Mechanical and Industrial Engineering. *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering* 909 doi:10.1088/1757-899X/909/1/1012048, IOP Publishing.
- Kesek, M., Bogacz, P., and Migza, M., 2019. "The Application of *Lean* Management and *Six Sigma* tools in Global Mining Enterprises." 2nd International Conference on The Sustainable Energy and Environmental Development. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 214 doi:m10.1088/1733-1315/214/012090.
- Mularilarj., J., Zailani, S., kuppusamy, S., Santha, C., 2018."Annotated Methodological Review of *Lean Six Sigma*". *International Journal of Kean Six Sigma*. 9 (1), 2-49.
- Sodhi, H. S., Singh, D., and Singh, B. J., 2020. "A Conceptual examination of *Lean, Six Sigma, and Kean Six Sigma* Models for Managing Waste in manufacturing SMEs." *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*. 17(1), 20-32.