

## Analisis penerapan *lean six sigma* terhadap pengendalian pemborosan material, waktu dan biaya berdasarkan kualifikasi perusahaan konstruksi di Jawa Barat

Gregorius Yohanes Iyai\*, Peter F. Kaming

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

\*Corresponding authors: [215118827@students.uajy.ac.id](mailto:215118827@students.uajy.ac.id)

Submitted: 19 April 2023, Revised: 14 November 2023, Accepted: 21 November 2023

**ABSTRACT:** Application lean six sigma (LSS) in West Java is still more often used in the manufacturing industry, in order to provide good product quality for customer satisfaction. Therefore, this study aims to determine how far the application of LSS in West Java has been applied to the construction industry and to find out whether there are differences between each company's qualifications regarding how to control material waste, time waste and cost waste in construction projects after controlling LSS. The method used to answer the purpose of implementing LSS is a descriptive statistical test. While the methods used for different ways of controlling the wastage of materials, time and costs are Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA). The results of the descriptive statistical tests show that the application of LSS to large companies is included in the Very Good criteria (BS) with a score of 82%, for medium-sized companies it gets a value of 75% and small companies with a value of 74%, which means that its application is included in the Good criteria (B). The MANCOVA test results show that there is a difference between large and medium-sized companies in controlling material wastage. There is a difference between large and medium-sized companies in controlling time wastage. There is a difference between large companies and small companies in controlling time wastage. As for the wastage of costs, each company's qualifications in West Java do not have significant differences.

**KEYWORDS:** MANCOVA; descriptive statistics; lean six sigma.

**ABSTRAK:** Penerapan lean six sigma (LSS) di Jawa Barat masih lebih sering digunakan pada industri manufaktur, guna memberikan kualitas produk yang baik demi kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana penerapan LSS di Jawa barat telah diterapkan pada industri konstruksi dan untuk mencari tahu apakah ada perbedaan antar tiap kualifikasi perusahaan mengenai cara pengendalian pemborosan material, waktu dan biayanya pada proyek konstruksi setelah mengontrol LSS. Metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penerapan LSS adalah uji statistik deskriptif. Sedangkan metode yang digunakan untuk perbedaan cara pengendalian pemborosan material, waktu dan biaya adalah Multivariate Analisis of Covariance (MANCOVA). Hasil uji statistik deskriptif menunjukkan bahwa penerapan LSS pada perusahaan besar termasuk dalam kriteria Baik Sekali (BS) dengan nilai 82%, untuk perusahaan menengah mendapatkan nilai 75% dan perusahaan kecil dengan nilai 74% yang artinya penerapannya termasuk dalam kriteria Baik (B). Hasil uji MANCOVA menunjukkan ada perbedaan antara perusahaan besar dan perusahaan menengah dalam mengendalikan pemborosan material. Ada perbedaan antara perusahaan besar dan perusahaan menengah dalam mengendalikan pemborosan waktu. Ada perbedaan antara perusahaan besar dan perusahaan kecil dalam mengendalikan pemborosan waktu. Sedangkan untuk pemborosan biaya, tiap kualifikasi perusahaan di Jawa Barat tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

**KATA KUNCI:** MANCOVA; statistik deskriptif; lean six sigma.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

### 1 PENDAHULUAN

Situasi kompetisi saat ini sangat ketat sehingga tidak memberikan sedikitpun ruang bagi perusahaan untuk berbuat salah. Perusahaan harus memuaskan pelanggannya dan selalu berupaya mencari cara baru untuk memberikan hasil sesuai yang sesuai dengan permintaan. Salah satunya seperti langkah yang dilakukan oleh Bapak Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Basuki Hadimuljono, yang bekerja sama dengan pemerintah Jepang pada

pembangunan IKN (Ibu Kota Negara) (Purnama, 2022).

Seperti yang telah diketahui bersama bahwa Jepang merupakan negara yang terkenal dengan kualitas produknya. Shift Indonesia (2019) menjelaskan bahwa pada tahun 1970-an toyota mengimplementasikan *Toyota Production System* (TPS) dan sukses menjadi salah satu produsen terbaik di dunia. Oleh karena itu, sistem manajemen mutu dan pengendalian pemborosan pada proyek konstruksi

khususnya di Provinsi Jawa Barat diharapkan dapat menerapkan suatu metode yang efisien. Salah satunya adalah penerapan metode *lean six sigma* (LSS).

Penggunaan metode LSS di Indonesia sebagian besar masih diterapkan pada industri manufaktur. Sehingga penelitian ini akan memberikan gambaran tentang penerapan metode tersebut pada industri konstruksi di Jawa Barat untuk mengendalikan pemborosan material, biaya dan waktu. LSS sendiri merupakan integrasi dari *six sigma* dan *lean* konstruksi.

*Six sigma* pada dasarnya merupakan suatu proses perbaikan yang dilakukan untuk mengurangi potensi kesalahan pekerjaan konstruksi. Menurut Rumane (2013), *six sigma* merupakan teknik kualitas proses, yang berfokus pada pengurangan variasi dalam proses dan mencegah kekurangan dalam sebuah produk. Menurut Latief & Utami (2009), *six sigma* adalah sebuah metode perbaikan kualitas berbasis statistik yang memerlukan disiplin tinggi dan dilakukan secara komprehensif yang mengeliminasi sumber masalah utama dengan pendekatan DMAIC (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*). DMAIC terutama digunakan untuk peningkatan produk, layanan, atau proses yang sudah ada (Rumane, 2013). Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa jika suatu konstruksi gagal memenuhi permintaan pelanggan maka DMAIC dapat dikatakan gagal.

Namun, sebagian besar metode dan alat yang terkait dengan *six sigma* tidak berfokus pada ketepatan waktu, kebanyakan digunakan mengidentifikasi dan menghilangkan cacat (George, 2002). Hal ini menjadi kelemahan *six sigma* untuk mewujudkan kepuasan pelanggan dari segi waktu pencapaian pekerjaan. Tentunya untuk mendapatkan hasil yang baik, sebuah perusahaan konstruksi harus berupaya untuk menjaga kualitas bangunan, waktu dan biaya pengerjaannya, sehingga tidak terjadi pemborosan. (Van Den Bos et al., 2014) menemukan dalam penelitiannya bahwa penyebab pemborosan waktu yang terjadi pada lingkungan proyek diakibatkan oleh kurangnya perencanaan, kurangnya komunikasi dan ketidakseriusan anggota proyek. Hal ini didukung oleh Kusuma (2019) yang menemukan penyebab pemborosan waktu diakibatkan akibat terjadinya miskomunikasi antara pekerja dan kontraktor akibat perubahan desain. Nyata & Wiguna (2018), menemukan penyebab yang sama yaitu variabel kesalahan desain. Oleh karena itu, untuk mengontrol waktu pelaksanaan dalam hal ini mengatasi keterlambatan pengiriman material bangunan ataupun untuk mengontrol biaya-biaya, perusahaan membutuhkan alat bantu lain yang mampu seperti mengimplementasikan *lean* konstruksi.

*Lean* konstruksi adalah suatu prinsip yang digunakan pada pekerjaan konstruksi dengan cara meminimalkan waste berupa material dan waktu, dengan tujuan untuk meningkatkan *value* (nilai) (Renita & Suropto, 2022). Jenis *waste* pada konstruksi

yang dideskripsikan oleh Womack & Jones (2003) terdiri dari defect (cacat), *overproduction* (produksi berlebih), *waiting* (aktivitas menunggu), *excessive transportation* (transportasi berlebihan), *unnecessary inventory* (persediaan yang tidak perlu), *unnecessary motions* (pergerakan yang tidak perlu), dan *unnecessary process* (proses yang tidak perlu). Menurut Al-Aomar (2012), *lean* konstruksi bertujuan untuk mencapai tingkat kualitas kerja tertinggi dengan *lead time* (waktu tunggu) sesingkat mungkin dan biaya serendah mungkin. Mengontrol pengeluaran pada proyek konstruksi sangat penting untuk dilakukan, pada penelitian (Soraya et al., 2022) mengungkapkan 10 faktor mempengaruhi kinerja biaya *lean six sigma* meliputi: pengurangan biaya, evaluasi kualitas, *plafon*, produktivitas, pengelolaan limbah, kurangnya pemahaman kepemimpinan proyek, gambar, perubahan desain, tingkat cacat dalam proses kerja, dan pengurangan variabilitas. Sedangkan manfaat dari metode *lean construction* ditunjukkan dengan perolehan peningkatan dari banyak proyek dan setiap tahapan proyek (Renita & Suropto, 2022).

*Lean* konstruksi dan *six sigma* diintegrasikan dengan tujuan untuk mencapai standarisasi dan proses yang tidak rumit, mengurangi kesalahan (variasi), pengembangan karyawan, kepuasan dan kepercayaan pelanggan. Menurut Sreedharan & Raju (2016), LSS berfokus pada peningkatan dan pengembangan kualitas produk dan perbaikan terus-menerus untuk menghilangkan variasi dan mengurangi aktivitas yang tidak menambah nilai. Variasi pada proyek konstruksi merupakan hal yang sering terjadi, seperti pada penelitian (Nyata & Wiguna, 2018) menemukan salah satu penyebab utama pemborosan yaitu *variation in quantities*.

Penelitian ini akan membahas tentang sinergi dari *lean* konstruksi dan *six sigma*, dengan harapan bahwa kelemahan penerapan *six sigma* pada industri konstruksi dapat dilengkapi atau diperbaiki oleh *lean* konstruksi untuk mengurangi pemborosan pada proyek konstruksi. Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini, yang pertama adalah untuk mengetahui sejauh mana penerapan metode *lean six sigma* (LSS) telah diterapkan pada proyek konstruksi di Jawa Barat. Yang kedua adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara perusahaan besar, menengah dan kecil dalam pengendalian pemborosan (*waste*) material, waktu dan biaya setelah mengontrol penerapan LSS pada proyek konstruksi di Jawa Barat. Untuk menjawab tujuan penelitian, sebelumnya dilakukan studi *literature* guna mengetahui penyebab yang sering terjadi pada industri konstruksi di Indonesia.

Penyebab pemborosan biaya diidentifikasi berdasarkan penelitian Trigunarsyah et al. (2014) bahwa konsep pemborosan biaya dalam konstruksi (*concept of waste*) adalah biaya-tak-perlu (*unnecessary cost*), kegiatan-kegiatan yang tidak memberikan nilai

tambah (*non-value-added activities*), fungsi-fungsi yang tidak memberikan nilai tambah (*non-valueadded function*), informasi yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value-added information*), *inventory* yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value-added inventory*), *value loss* (*non-quality work*), dan rangkaian pergerakan sumber daya yang tidak terkontrol (*uncontrolled flow of resources*). Sedangkan pada penelitian Sandhyavitri & Suryanita (2015) menemukan bahwa pengaruh pemborosan diakibatkan oleh data sebaran yang tidak akurat. (Kusuma, 2019) menemukan penyebab pemborosan akibat material datang terlambat, defect pada struktur gedung terjadi akibat pengawas kurang tegas dan manajemen peralatan (*inventory*) kurang baik. Berdasarkan jenis-jenis pemborosan yang teridentifikasi, penelitian ini akan membahas pemborosan pada material, waktu dan biaya pada proyek konstruksi di Jawa Barat.

Dari temuan masalah yang sering terjadi, perlu dilakukan kontrol yang baik agar perusahaan konstruksi tidak melakukan kesalahan yang sama pada proyek selanjutnya dalam penanganan pemborosan material, waktu dan biaya pada proyek konstruksi. Van Den Bos et al. (2014) menyarankan pada temuannya bahwa data proses yang lebih rinci perlu dikumpulkan, misalnya dengan mendata waktu yang dihabiskan per item pekerjaan. Sedangkan pada penelitian Soraya et al. (2022) tahap pengendalian dilakukan oleh koordinator masing-masing divisi untuk mengurangi atau menghilangkan kesalahan dalam aplikasi konstruksi. Selanjutnya, Mir et al. (2017) memberikan tanggapan yang sama yaitu keterlibatan manajemen proyek pada setiap departemen, pembentukan kualitas dan rencana pengelolaan limbah yang sah dan penilaian kualitas dan benchmark. Hal ini dapat dilakukan dengan mengumpulkan data proses yang lebih rinci (Van Den Bos et al., 2014).

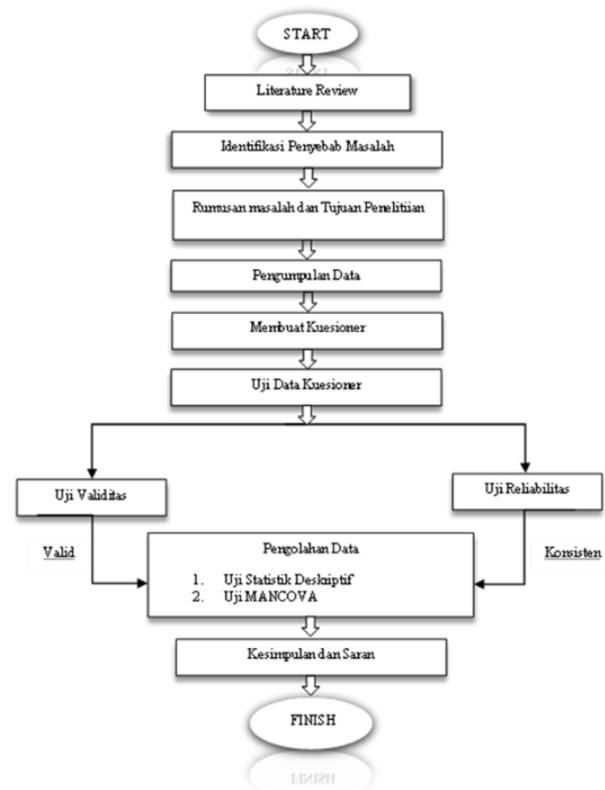
**2 METODOLOGI**

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah sumber data primer yang dikumpulkan dari hasil isi angket/kuesioner yang disebarakan kepada perusahaan-perusahaan konstruksi di Jawa Barat. Tingkatan penilaian isian kuesioner menggunakan skala *rikert* lima poin. Kuesioner yang disebarakan terdiri dari pernyataan dari variabel *independent* dan variabel *dependent*. Untuk lebih jelas memahami alur penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1.

**2.1 Variabel Penelitian**

Variabel Penelitian merupakan segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2016). Menurut Ulfa (2021), ada beberapa jenis variabel, antara lain variabel diskrit dan variabel kontinyu, variabel bebas (*independent*) dan variabel tak bebas (*dependent*), variabel nominal, ordinal,

interval, dan ratio, serta variabel kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini menggunakan variabel bebas (*independent*) dan variabel tak bebas (*dependent*). Jenis variabel ini terutama digunakan dalam menganalisis hubungan antara variabel, yaitu variabel tak bebas dipengaruhi oleh variabel bebas (Ulfa, 2021).



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Variabel *independent* yang digunakan ada dua yaitu, kualifikasi perusahaan [(besar (1), menengah (2) dan kecil (3)] berupa data nominal dan tahapan penerapan LSS (X1) (*define – measure – analyze – improve - control*), yang akan digunakan sebagai variabel *kovariat* (kontrol) dengan masing-masing tahapan berisi tiga indikator. Sedangkan variabel *dependent* berupa pemborosan material (Y1), pemborosan waktu (Y2) dan pemborosan biaya (Y3) dengan masing-masing variabel berisi 15 indikator. Tingkatan penilaian skala ricket untuk variabel *independent* berupa: Sangat baik (diberi skala 5), baik (diberi skala 4), kadang-kadang (diberi skala 3), buruk (diberi skala 2), sangat buruk (diberi skala 1). Untuk tingkatan penilaian variabel *dependent* berupa: Sangat Setuju (diberi skala 5), setuju (diberi skala 4), ragu-ragu (diberi skala 3), tidak setuju (diberi skala 2), sangat tidak setuju (diberi skala 1).

Indikator pernyataan yang terkandung pada variabel *independent* tentang penerapan LSS (X1), merupakan data rasio yang akan dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif untuk mengetahui sejauh mana penerapan LSS di Jawa Barat. Indikator pernyataan pada variabel *dependent* tentang

pemborosan material, waktu dan biaya merupakan dara rasio yang akan di analisa menggunakan analisis MANCOVA (*Multivariate Analysis of Covariate*), untuk mengetahui apakah ada perbedaan pada tiap kualifikasi perusahaan di Jawa Barat dalam pengendalian pemborosan pada proyek, setelah mengontrol penerapan LSS.

Populasi perusahaan konstruksi pada tahun 2021 berdasarkan *website* Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat adalah sebanyak 12884 perusahaan. (Alwi, 2015) untuk penelitian metode deskriptif, minimal 10% populasi. Maka penelitian ini hanya mengambil sepuluh persen (10%) dari total populasi  $12884 \times 10\% = 1,288.4 \approx 1288$  perusahaan. Selanjutnya untuk menentukan jumlah responden, digunakan rumus slovin (Sugiyono, 2016), sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana, n adalah jumlah sampel, N adalah jumlah populasi, dan e adalah konstanta (persentasi standar kesalahan yang di toleransi, pada penelitian ini digunakan 20%).

Perhitungan jumlah responden:

$$n = \frac{1288}{1+1288(20\%^2)} = 24.5 \approx 25 \text{ responden.}$$

Maka, hasil perhitungaan menunjukkan responden yang dapat digunakan sebanyak minimal 25 responden. Pada penelitian ini yang digunakan adalah sebanyak 27 responden.

**2.2 Data Umum Responden**

Data umum responden yang di dapatkan setelah data sebaran kuesioner terkumpul adalah sebagai berikut: Jabatan dalam perusahaan, terdapat beberapa jabatan yang terdiri dari *direktur, supervisor, project control, admin, site engineering, project manager, officer, quality control, health, safety and environment (HSE) electrical*, tenaga rekrutmen, pelaksana, *team leader, inspektor*. Pendidikan terakhir responden terdiri dari 3 bagian yaitu sarjana teknik sipil, sarjana arsitektur dan juga Sekolah Menengah atas (SMA)/Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Kepemilikan perusahaan terdiri dari pemerintah, swasta, dan juga kerjasama (Penanam Modal Asing (PMA)/Penanam Modal Dalam Negeri (PMDN). Kualifikasi perusahaan terdiri dari 3 bagian yaitu jenis perusahaam besar, perusahaan besar, dan juga perusahaan kecil. Jumlah proyek rata-rata pertahun yang dikerjakan oleh perusahaan memiliki rata-rata antara kurang dari 10 proyek, antara 10 sampai dengan 20 proyek, dan juga lebih dari 20 proyek rata-rata. Kualifikasi waktu bekerja pada perusahaan kurang dari satu tahun, antara 1 sampai dengan 2 tahun, dan juga lebih dari dua tahun. Kualifikasi waktu bekerja pada industri konsturksi kurang dari lima tahun, antara 5 sampai dengan 10 tahun, dan juga lebih dari 10 tahun.

**2.3 Uji Validitas**

Nilda & Herianto (n.d.) menjelaskan pengujian validitas yang mengkorelasikan antar masing-masing skor item indikator dengan total skor konstruk. Level signifikansi tabel (r tabel) yang digunakan yaitu 5%. Sedangkan nilai r hitung diperoleh dari hasil perhitungan SPSS. Alat ukur yang digunakan valid atau sahah apabila r hitung > r tabel, Nilai level signifikansi r tabel dicari menggunakan rumus:

$$r \text{ tabel} = df (N-2) \dots\dots\dots (2)$$

dimana, N adalah total responden, df adalah level signifikansi 5% (Tabel 1).

**Tabel 1.** Distribusi nilai r tabel

N	The Level of Significance		N	The Level of Significance	
	5%	1%		5%	1%
3	0.997	0.999	38	0.320	0.413
4	0.950	0.990	39	0.316	0.408
5	0.878	0.959	40	0.312	0.403
6	0.811	0.917	41	0.308	0.398
7	0.754	0.874	42	0.304	0.393
8	0.707	0.834	43	0.301	0.389
9	0.666	0.798	44	0.297	0.384
10	0.632	0.765	45	0.294	0.380
11	0.602	0.735	46	0.291	0.376
12	0.576	0.708	47	0.288	0.372
13	0.553	0.684	48	0.284	0.368
14	0.532	0.661	49	0.281	0.364
15	0.514	0.641	50	0.279	0.361
16	0.497	0.623	55	0.266	0.345
17	0.482	0.606	60	0.254	0.330
18	0.468	0.590	65	0.244	0.317
19	0.456	0.575	70	0.235	0.306
20	0.444	0.561	75	0.227	0.296
21	0.433	0.549	80	0.220	0.286
22	0.432	0.537	85	0.213	0.278
23	0.413	0.526	90	0.207	0.267
24	0.404	0.515	95	0.202	0.263
25	0.396	0.505	100	0.195	0.256
26	0.388	0.496	125	0.176	0.230
27	0.381	0.487	150	0.159	0.210
28	0.374	0.478	175	0.148	0.194
29	0.367	0.470	200	0.138	0.181
30	0.361	0.463	300	0.113	0.148
31	0.355	0.456	400	0.098	0.128
32	0.349	0.449	500	0.088	0.115
33	0.344	0.442	600	0.080	0.105
34	0.339	0.436	700	0.074	0.097
35	0.334	0.430	800	0.070	0.091
36	0.329	0.424	900	0.065	0.086
37	0.325	0.418	1000	0.062	0.081

Sumber: Kamilah, 2015

**2.4 Uji Reliabilitas**

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah indikator pernyataan menggunakan data pengukuran yang sama akan menghasilkan hasil yang sama (Nilda & Herianto, t.t.), walaupun terdapat beberapa metode uji reliabilitas, namun biasanya untuk data penelitian dan kuesioner digunakan metode *Cronbach's Alpha*. Perhitungan menggunakan rumus *Cronbach's Alpha* diterima, apabila perhitungan r hitung > r tabel. Nilai r tabel dicari menggunakan tabel level signifikan 5% dengan rumus:

$$r \text{ tabel} = df (N) \dots\dots\dots (3)$$

dimana, N adalah total responden, df adalah level signifikansi 5%. Rujukan tabel distribusi nilai level signifikan untuk melihat nilai r tabel, dapat dilihat pada Tabel 1.

**2.5 Metode Analisis Statistik Deskriptif**

Analisis ini bertujuan memberikan gambaran mengenai subjek penelitian berdasarkan data variabel yang diperoleh dari subjek tertentu. Sholikhah (2016) menjelaskan bahwa statistik inferensial lazim dikenal pula dengan istilah statistik induktif, statistik lanjut, statistik mendalam, atau *inferential statistics*, adalah statistik yang menyediakan aturan atau yang dapat dipergunakan sebagai alat dalam rangka mencoba menarik kesimpulan yang bersifat umum, dari sekumpulan data yang telah disusun dan diolah. Analisis ini dapat ditampilkan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, tabel *hystogram*, dan lain-lain.

Variabel yang akan dianalisis pada tahap ini adalah tahapan penerapan LSS (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Contol*). Analisis ini akan memberikan *output* berupa *hystogram* ataupun tabel yang memberikan gambaran distribusi frekuensi dari tujuan pertama pada penelitian ini tentang penerapan LSS pada proyek konstruksi di Jawa Barat. Penarikan kesimpulan persentase penilaian penerapan LSS. Menurut Sugiyono (2016), kategori penilaian dalam skala rating dapat dikategorikan seperti berikut:

- 1 Buruk Sekali (BRS) = Tingkat Penerapan kurang dari 20%.
- 2 Buruk (BR) = Tingkat Penerapan antara 20% sampai dengan 40%.
- 3 Sedang (S) = Tingkat Penerapan antara 40% sampai dengan 60%.
- 4 Baik (B) = Tingkat Penerapan antara 60% sampai dengan 80%.
- 5 Baik Sekali (BS) = Tingkat Penerapan antara 80% sampai dengan 100%.

Analisis dari tabulasi data pada penelitian ini dihitung pada tiap indikator variabel dengan rumus:

$$\text{Total Skor} \div \text{Max Skor} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Persentase ini yang akan dirata - ratakan untuk mendapatkan tujuan penelitian pertama yaitu, sejauh mana penerapan LSS di Provinsi Jawa Barat. Tabulasi

data hasil responden yang terkumpul dapat dilihat pada Tabel 2.

Distribusi frekuensi dibuat untuk melihat performa pada tiap kualifikasi perusahaan di Jawa Barat dalam menerapkan LSS. Kriteria penerapan diambil berdasarkan skala *likert* 5 poin dimulai dengan penerapan yang sangat baik sekali diberi point 5 hingga sangat buruk sekali diberi poin 1. Sedangkan untuk interval penilaian diambil dari total jumlah indikator pada variabel penerapan LSS, dikalikan skala penilaian. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

*Multivariate Analysis of Covariance* (MANCOVA) adalah analisis kovarians dengan lebih dari satu variabel terikat dan melibatkan variabel konkomitan atau kovariat (Winata, 2017). Adanya kovariat bertujuan untuk menghilangkan pengaruh dari faktor percobaan yang tidak dapat dikontrol dan mengurangi galat varians (*error variance*). Kovariat adalah variabel yang secara signifikan berkorelasi dengan variabel dependen. Yang artinya, dapat diasumsikan bahwa terdapat hubungan yang linear antara variabel *independent* (X) dan variabel *dependent* (Y) (Pituch & Stevens, 2016). Adapun asumsi yang harus dipenuhi pada MANCOVA yaitu (Sutrisno & Wulandari, 2018):

- 1 Independen: pengamatan harus independen secara statistik. Dipenuhinya persyaratan ini dimaksudkan agar perlakuan yang diberikan kepada setiap sampel, independen antara satu dengan lainnya.
- 2 Sampel acak: dalam statistika untuk hal pengambilan sampel harus dilakukan secara random (acak) dari populasinya atau dengan kata lain menggunakan teknik probabilitas. Selain itu, data yang diukur (variabel terikat) dalam penelitian berskala interval.
- 3 Uji normalitas: dalam ANOVA, diasumsikan bahwa variabel terikat berdistribusi normal di dalam masing-masing kelompok, sedangkan dalam kasus MANOVA diasumsikan bahwa variabel terikat (secara bersama) berdistribusi normal multivariat di dalam kelompok.
- 4 Homogenitas matriks kovariansi: dalam ANOVA, diasumsikan bahwa variansi pada setiap kelompok sama (homogenitas variansi). Sedangkan dalam MANOVA, diasumsikan benar untuk setiap variabel terikat memiliki variansi yang sama pada setiap kelompok, selain itu diasumsikan juga bahwa korelasi antara manapun variabel terikat adalah sama dalam semua kelompok. Asumsi ini diuji dengan pengujian apakah matriks kovariansi populasi dari kelompok yang berbeda adalah sama.
- 5 Kovariat: kovariat pada dasarnya adalah variabel kontrol, yang tidak berkorelasi dengan variabel *independent* dan berkorelasi dengan variabel dependen. Kovariat

digunakan untuk mengurangi kesalahan variasi (Statistics, n.d.).

Setelah semua uji asumsi terpenuhi, maka uji MANCOVA dapat dilakukan. Analisis Multivariate, digunakan untuk menjawab tujuan penelitian yang

kedua. *Output* dari analisis ini akan memberikan keterangan mengenai perbedaan penerapan LSS pada tiap kualifikasi perusahaan terhadap pengendalian pemborosan material, waktu dan biaya pada proyek konstruksi di Jawa Barat setelah mengontrol penerapan LSS.

**Tabel 2.** Tabulasi data responden

No	Nama Perusahaan	Total Skor (Jumlah)	Skor Max. (Jmlh tahapan LSS x Jmlh. indikator)	Persentase (%) (Total skor / Skor max. x 100)
Perusahaan Besar (1)				
1	PT. Waskita Karya	63	75	84
2	Kentjana Sakti Indonesia	51	75	68
3	PT. Utama Karya	61	75	81
4	PT. Sumber Makmur Adiprayoga	60	75	80
5	Dinas Perumahan Kawasan Permukiman dan Pertahanan	61	75	81
6	Hachi Group	75	75	100
Perusahaan Menengah (2)				
7	PT. Gultor Indoteknik	46	75	61
8	PT. Profesional Teknik Salak Mandiri	57	75	76
9	Optima Teknik	45	75	60
10	PT. Indo Karya Permata	62	75	83
11	PT. Citra Sarana Bangun Persada	58	75	77
12	PT. Lion Metal Works Tbk	57	75	76
13	PT. Sas Geodesesain Konsultan	60	75	80
14	Dinas Perumahan Kawasan Permukiman dan Perumahan Kabupaten Bogor	54	75	72
15	PT. KarangMas Unggul	63	75	84
16	PT. Lima Sahabat Multikreasi	54	75	72
17	PT. Rohim Khoirul Cipta	59	75	79
18	PT. Angelia Oerip Mandiri	67	75	89
19	CV. Prahu Multirama	54	75	72
Perusahaan Kecil (3)				
20	CV. Satria Ararinda	41	75	55
21	CV. Rancang Bangun Cipta	57	75	76
22	PT. Anggara Karya Utama	55	75	73
23	Primerindo Grup	55	75	73
24	CV. Patra Laksana	60	75	80
25	CV. Tiga Saudara	52	75	69
26	Adh Dhiyaa' konstruksi	59	75	79
27	TAKA	65	75	87

**Tabel 3.** Interval frekuensi

Kriteria	Skor	Tot. Pernyataan	Skor x Tot. Pernyataan	Interval
Sangat Baik	5	15	75	$60 < \text{Skor} \leq 75$
Baik	4	15	60	$45 < \text{Skor} \leq 60$
Kadang – Kadang	3	15	45	$30 < \text{Skor} \leq 45$
Buruk	2	15	30	$15 < \text{Skor} \leq 30$
Sangat Buruk	1	15	15	$\leq 15$

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuesioner yang disebarakan dalam penelitian ini berjumlah 27 kuesioner yang dibagikan kepada responden, berupa perusahaan konstruksi yang ada di Provinsi Jawa Barat dan dibagikan secara langsung dan juga secara online yaitu melalui email dan juga media sosial. Hasil uji untuk menjawab tujuan penelitian secara detail akan dijelaskan selanjutnya.

#### 3.1 Uji Validitas

Berikut dibawah ini merupakan hasil uji validitas independent dan variabel dependent. Dengan rumus pada persamaan  $2 = df (N-2) = 5\% (27-2)$  didapatkan nilai r tabel sebesar 0.396. Sedangkan nilai r hitung dapat dilihat pada nilai pearson correlation hasil output SPSS. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Uji validitas variabel *independent* (X)

No.	Indikator Pernyataan	r tabel (N-2), 0,05	r Hitung Pearson Correlation	Ket.
X1	<i>Define</i> (mendefinisikan)			
X1.1	Kesalahan (desain, dokumen, estimasi)	0.396	0.801	<i>Valid</i>
X1.2	Miskomunikasi (kesalahan pemahaman)	0.396	0.824	<i>Valid</i>
X1.3	Banyaknya variasi (kesulitan akses, <i>cost reduction</i> )	0.396	0.800	<i>Valid</i>
X2	<i>Measure</i> (mengukur)			
X2.1	Perubahan (desain, spesifikasi, mutu, jadwal dan pekerja)	0.396	0.811	<i>Valid</i>
X2.2	Pengendalian pemborosan (waktu, material dan biaya)	0.396	0.865	<i>Valid</i>
X2.3	Kesulitan pengerjaan (metode pelaksanaan)	0.396	0.802	<i>Valid</i>
X3	<i>Analyze</i> (menganalisis)			
X3.1	Kemampuan (pekerja, kontraktor)	0.396	0.907	<i>Valid</i>
X3.2	Masalah internal (kontraktor, ketersediaan tenaga ahli, <i>cash flow</i> , manajemen)	0.396	0.831	<i>Valid</i>
X3.3	Pemahaman ruang lingkup pekerjaan	0.396	0.738	<i>Valid</i>
X4	<i>Improve</i> (meningkatkan)			
X4.1	Evalulasi (kualitas, <i>inventory</i> , faktor regional)	0.396	0.800	<i>Valid</i>
X4.2	Pengurangan variasi (waktu, material, biaya dan peralatan)	0.396	0.767	<i>Valid</i>
X4.3	Rasio cacat pekerjaan	0.396	0.885	<i>Valid</i>
X5	<i>Control</i> (kontrol)			
X5.1	Pendataan (mutu, <i>inventory</i> , peralatan, dokumen, pekerja)	0.396	0.834	<i>Valid</i>
X5.2	Variasi ( <i>cost reduction</i> , <i>delay</i> , <i>safety</i> )	0.396	0.807	<i>Valid</i>
X5.3	Pemborosan (waktu dan material)	0.396	0.716	<i>Valid</i>

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa indikator uji dari variabel *independent* (X) dapat dinyatakan *valid* atau telah sesuai untuk mengukur (r hitung > r tabel). Selanjutnya dilakukan uji validitas untuk variabel dependent (Y). Hasil output dapat dilihat pada tabel Lampiran A.

Dari tabel Lampiran A dapat dilihat bahwa semua angka koefisian *pearson correlation* lebih besar dari 0.396 (r hitung > r tabel) maka indikator dapat dikatakan *valid* atau telah sesuai untuk mengukur.

#### 3.2 Uji Reabilitas

Berikut dibawah ini merupakan hasil uji reliabilitas variabel *independent* dan variabel *dependent*. Dengan rumus pada persamaan  $2 = df (N)$ ; 5% (27) didapatkan nilai r tabel sebesar 0.381. Sedangkan nilai r hitung dapat dilihat pada nilai *Alpha*

*Cronbach* hasil output SPSS. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Uji reliabilitas variable independent (X)

Kode	Variabel X	r hitung (Alpha Cronbach)	r tabel	Ket.
X1	Tahap Define	0.731	0.381	<i>Valid</i>
X2	Tahap Measure	0.762	0.381	<i>Valid</i>
X3	Tahap Analyze	0.767	0.381	<i>Valid</i>
X4	Tahap Control	0.729	0.381	<i>Valid</i>
X5	Tahap Improve	0.687	0.381	<i>Valid</i>

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa angka koefisien *Alpha Cronbach* ( $r$  hitung) lebih besar dari nilai  $r$  tabel 0.381 maka indikator dapat dikatakan *reliable* atau konsisten. Selanjutnya dilakukan uji reliabilitas terhadap variabel *dependent* (Y), dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Uji reliabilitas variabel dependent (Y)

Kode	Variabel Y	r hitung ( <i>Alpha Cronbach</i> )	r tabel	Ket.
Y1	Pemborosan Material	0.865	0.381	<i>Valid</i>
Y2	Pemborosan Waktu	0.905	0.381	<i>Valid</i>
Y3	Pemborosan Biaya	0.879	0.381	<i>Valid</i>

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa semua angka koefisien *Alpha Cronbach* lebih besar dari 0.381 maka indikator dapat dikatakan *reliable* atau konsisten.

### 3.3 Penerapan *Lean Six Sigma* (LSS)

Untuk melihat tingkat penerapan metode LSS pada tiap kualifikasi perusahaan di Jawa barat, Uji statistik deksriptif telah dilakukan. Persentase penerapannya dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Persentasi penerapan LSS

No	Kualifikasi Perusahaan	Persentasi Rata – Rata (%)
1.	Perusahaan Besar	82
2.	Perusahaan Menengah	75
3.	Perusahaan Kecil	74

Dapat dilihat dari Tabel 7 bahwa persentase penerapan LSS di Jawa Barat berada pada kategori baik sekali (BS), dengan tingkat penerapan rata-rata 82% untuk kualifikasi perusahaan besar. Kategori baik (B) dengan tingkat penerapan rata-rata 75% untuk kualifikasi perusahaan menengah dan perusahaan kecil. Selanjutnya agar lebih jelas tabel distribusi frekuensi dibuat untuk melihat berapa banyak dari tiap kualifikasi perusahaan yang memiliki performa seperti yang telah dipresentasikan pada Tabel 7. Distribusi frekuensi merupakan interval dari total skor maksimal tiap perusahaan berdasarkan indikator pernyataan dari variabel penerapan LSS. Hasil perhitungan distribusi frekuensi dapat dilihat pada Tabel 8.

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada perusahaan besar terdapat 4 perusahaan yang memiliki penerapan LSS yang sangat baik dan 2 perusahaan besar memiliki penerapan LSS yang termasuk kategori baik. Sedangkan untuk perusahaan menengah terdapat 3 perusahaan yang termasuk kategori sangat baik dalam

penerapan LSS, 9 perusahaan menengah yang termasuk dalam kategori baik dalam penerapan LSS dan 1 perusahaan yang penerapannya kadang – kadang. Selanjutnya untuk perusahaan kecil, ada 1 perusahaan yang penerapan LSSnya sangat baik, ada 6 perusahaan yang termasuk dalam kategori baik dalam penerapan LSS dan 1 perusahaan yang kadang-kadang menerapkan LSS.

**Tabel 8.** Distribusi frekuensi

Kriteria	Frekuensi Perusahaan		
	Besar	Menengah	Kecil
Sangat Baik	4	3	1
Baik	2	9	6
Kadang - Kadang	0	1	1
Buruk	0	0	0
Sangat Buruk	0	0	0

### 3.4 Uji Asumsi MANCOVA

Untuk melihat apakah ada perbedaan penerapan LSS pada tiap kualifikasi perusahaan di Jawa Barat untuk mengendalikan pemborosan material, waktu dan biaya, dilakukan uji MANCOVA. Sebelum melakukan uji tersebut, beberapa asumsi yang harus terpenuhi seperti yang telah dijelaskan pada metodologi pengujian MANCOVA.

#### 3.4.1 Uji normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui kenormalan distribusi data yang telah penulis dapatkan melalui penyebaran kuesioner (Olivia & Nurfebiaraning, 2019). Untuk mengetahui bahwa data terdistribusi secara normal maka nilai signifikansi Shapiro-Wilk harus lebih besar dari 0.05 ( $>0.05$ ). Output hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

Dari output pada Tabel 9 dapat dilihat bahwa [ $W(27) = 0.943$ ,  $p = 0.147$ ;  $W(27) = 0.957$ ,  $p = 0.323$ ;  $W(27) = 0.942$ ,  $p = 0.139$ ] maka, dapat dikatakan bahwa data yang diteliti telah tersebar secara normal.

#### 3.4.2 Uji linearitas

Uji ini dilakukan untuk melihat linieritas antar variabel independet (penerapan LSS) dan variabel dependent (pemborosan material, waktu dan biaya). Dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari pengamatan *scatter/dot* (Gambar 2) menunjukkan bahwa pengendalian pemborosan material, waktu dan biaya memperlihatkan hubungan yang linier baik pada perusahaan besar, perusahaan menengah dan perusahaan kecil. Begitupun dengan penerapan LSS memperlihatkan hubungan yang linier pada tiap kualifikasi perusahaan.

#### 3.4.3 Uji homogenitas

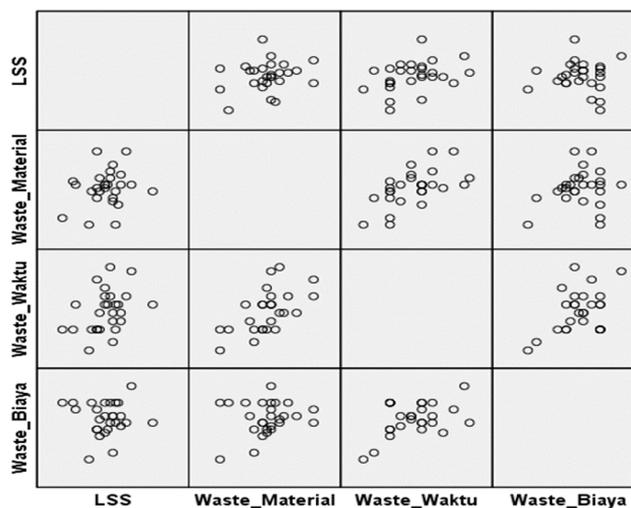
Uji ini dilakukan untuk mengetahui bahwa kelompok data berasal dari variansi populasi yang

sama. Dapat dikatakan homogen apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0.05 ( $> 0.05$ ). Output hasil pengujian dapat dilihat pada tabel *levene's test of equality of error variances* (Tabel 10).

Dari Tabel 10 dapat dilihat bahwa nilai signifikansi dari variabel dependent sudah lebih besar 0.05, maka dapat dikatakan bahwa varian data antar kelompok sampel berasal dari varian populasi yang sama. Maka uji MANCOVA dapat dilanjutkan.

**Tabel 9.** Uji normalitas

Variabel	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
LSS	0.126	27	0.200*	0.966	27	0.509
Waste_Material	0.161	27	0.069	0.943	27	0.147
Waste_Waktu	0.146	27	0.143	0.957	27	0.323
Waste_Biaya	0.131	27	0.200*	0.942	27	0.139



**Gambar 2.** Scatter/dot linearitas variabel independent dan variabel dependent

**Tabel 10.** Uji homogenitas (*levene's test of equality of error variances*)

Variabel	F	df1	df2	Sig.
Waste_Material	0.071	2	24	0.932
Waste_Waktu	0.680	2	24	0.516
Waste_Biaya	1.172	2	24	0.327

**3.4.4 Uji homogenitas matrix varian/covarian**

Salah satu syarat dari uji MANCOVA adalah homogenitas *matrix varian/covarian* harus terpenuhi. Jika nilai signifikansi harus lebih besar dari 0.01 ( $> 0.01$ ), maka interpretasi dari uji multivariat menggunakan *Wilks' Lamda*. Jika lebih kecil dari 0.01 ( $> 0.01$ ), maka interpretasi menggunakan *Pillai's Trace*. Output pengujian dapat dilihat pada Tabel 11.

Nilai *Box's M* adalah 10.298 ( $p = 0.780$ ). Dapat dilihat dari Tabel 11 bahwa nilai sig. *Box's M* sudah lebih besar dari 0.01, maka semua uji MANCOVA dapat dilanjutkan dengan interpretasi menggunakan *Wilks' Lamda*. Dengan mengasumsi bahwa matriks kovarian antar kelompok sama.

**Tabel 11.** Uji matrix varian/covarian

<i>Box's Test of Equality of Covariance Matrices</i>	
Box's M	10.298
F	0.671
df1	12
df2	1239.124
Sig.	0.780

**3.5 Uji Multivariat (MANCOVA)**

Uji asumsi analisis MANCOVA telah terpenuhi, maka selanjutnya uji multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan

antar kelompok uji (kualifikasi perusahaan). Untuk mengetahui perbedaan tersebut, nilai *Wilks' Lambda* dari variabel *independent* harus lebih kecil dari 0.05 (<0.05). *Output* uji multivariate dapat dilihat pada Tabel 12.

Dari Tabel 12 hasil uji multivariat menginformasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tiap kualifikasi perusahaan, untuk mengendalikan pemborosan material, waktu dan biaya secara simultan/bersama-sama setelah mengontrol penerapan LSS.  $F(6/42) = 2.781, p < 0.023$ ;  $Wilk's \lambda = 0.512, \eta p^2 = 0.248$ .

**3.5.1 Uji efek hubungan antar variabel**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar variabel secara univariat/parsial. Nilai signifikansi pada pengujian ini harus lebih kecil dari 0.05 (<0.05). *Ouput* pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 13.

Dari Tabel 13 pada baris kualifikasi perusahaan dapat dilihat bahwa, kualifikasi perusahaan di Jawa Barat memiliki perbedaan pengaruh secara signifikan terhadap cara pengendalian pemborosan material dan pengendalian waktu dengan menerapkan metode LSS [ $F(2/23) = 5.701, p = 0.010, \eta p^2 = 0.331$ ]; [ $F(2/23) = 5.754, p = 0.009, \eta p^2 = 0.333$ ], nilai sig > 0,05. Sedangkan untuk pemborosan biaya, perusahaan di Jawa Barat tidak memiliki pengaruh yang yang signifikan [ $F(2/23) = 3.111, p = 0.064, \eta p^2 = 0.213$ ], nilai sig. < 0.05.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa tiap kualifikasi perusahaan di Provinsi Jawa Barat memiliki perbedaan pengaruh secara signifikan dalam mengendalikan pemborosan material dan pemborosan waktu pada proyek konstruksi. Kedua jenis pemborosan ini yang akan dilakukan pengujian lanjut guna mengetahui, kualifikasi perusahaan apa yang paling berpengaruh secara signifikan.

**3.5.2 Uji komparasi antar variabel**

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kualifikasi perusahaan mana saja yang paling berpengaruh secara signifikan dalam pengendalian pemborosan material dan pemborosan waktu. Untuk melihat perbedaan tersebut nilai sig. harus lebih kecil dari 0.05 (<0.05). Jika nilai sig. lebih besar dari 0.05 maka tidak terdapat perbedaan penerapan LSS antar kualifikasi perusahaan (Tabel 14).

Komparasi antar kualifikasi perusahaan untuk menggunakan LSS sebagai metode pengendalian pemborosan dapat dilihat bahwa ini:

- 1 Perusahaan besar dan perusahaan menengah memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan material dengan nilai sig.  $0.008 < 0.05$ .
- 2 Perusahaan besar dan perusahaan kecil tidak memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan material dengan nilai sig.  $0.052 > 0.05$ .
- 3 Perusahaan menengah dan perusahaan kecil tidak memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan material dengan nilai sig.  $1.000 > 0.05$ .
- 4 Perusahaan besar dan perusahaan menengah memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan waktu dengan nilai sig.  $0.009 < 0.05$ .
- 5 Perusahaan besar dan perusahaan kecil memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan waktu dengan nilai sig.  $0.041 < 0.05$ .
- 6 Perusahaan menengah dan perusahaan kecil tidak memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan waktu dengan nilai sig.  $1.000 < 0.05$ .

**Tabel 12.** Uji multivariat

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared	
Intercept	Pillai's TRACE	0.733	19.257b	3.000	21.000	0.000	0.733
	Wilks' Lambda	0.267	19.257b	3.000	21.000	0.000	0.733
	Hotelling's Trace	2.751	19.257b	3.000	21.000	0.000	0.733
	Roy's Largest Root	2.751	19.257b	3.000	21.000	0.000	0.733
LSS	Pillai's Trace	0.348	3.741b	3.000	21.000	0.027	0.348
	Wilks' Lambda	0.652	3.741b	3.000	21.000	0.027	0.348
	Hotelling's Trace	0.534	3.741b	3.000	21.000	0.027	0.348
	Roy's Largest Root	0.534	3.741b	3.000	21.000	0.027	0.348
Kualifikasi_Perusahaan	Pillai's Trace	0.489	2.376	6.000	44.000	0.045	0.245
	Wilks' Lambda	0.512	2.781b	6.000	42.000	0.023	0.284
	Hotelling's Trace	0.949	3.165	6.000	40.000	0.012	0.322
	Roy's Largest Root	0.946	6.938c	3.000	22.000	0.002	0.486

**Tabel 13.** Uji efek hubungan antar variabel (*tests of between-subjects effects*)

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
<i>Corrected Model</i>	Waste_Material	269.446a	3	89.815	4.336	0,015	0,361
	Waste_Waktu	270.375b	3	90.125	5.631	0.005	0.423
	Waste_Biaya	131.005c	3	43.668	2.079	0.131	0.213
<i>Intercept</i>	Waste_Material	382.268	1	382.268	18.455	0.000	0.445
	Waste_Waktu	311.088	1	311.088	19.435	0.000	0.458
	Waste_Biaya	794.064	1	794.064	37.813	0.000	0.622
LSS	Waste_Material	107.725	1	107.725	5.201	0.032	0.184
	Waste_Waktu	173.424	1	173.424	10.835	0.003	0.320
	Waste_Biaya	9.303	1	9.303	0.443	0.512	0.019
Kualifikasi_Perusahaan	Waste_Material	236.179	2	11.090	5.701	0.010	0.331
	Waste_Waktu	184.207	2	92.104	5.754	0.009	0.333
	Waste_Biaya	130.656	2	65.328	3.111	0.064	0.213
<i>Error</i>	Waste_Material	476.406	23	20.713			
	Waste_Waktu	368.144	23	16.006			
	Waste_Biaya	482.995	23	21.000			
Total	Waste_Material	76801.000	27				
	Waste_Waktu	80563.000	27				
	Waste_Biaya	83282.000	27				
<i>Corrected Total</i>	Waste_Material	745.852	26				
	Waste_Waktu	638.519	26				
	Waste_Biaya	614.000	26				

**Tabel 14.** Komparasi antar variable (*pairwise comparisons*)

Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Bound	
						Lower Bound	Upper Bound
Waste_Material	Perusahaan Besar	Perusahaan Menengah	-7.882*	2.357	0.008	-13.967	-1.797
		Perusahaan Kecil	-6.681	2.606	0.052	-13.410	0.047
	Perusahaan Menengah	Perusahaan Besar	7.882*	2.357	0.008	1.797	13.967
		Perusahaan Kecil	1.201	2.051	1.000	-4.095	6.496
	Perusahaan Kecil	Perusahaan Besar	6.681	2.606	0.052	-0.047	13.410
		Perusahaan Menengah	-1.201	2.051	1.000	-6.496	4.095
Waste_Waktu	Perusahaan Besar	Perusahaan Menengah	-6.909*	2.072	0.009	-12.258	-1.560
		Perusahaan Kecil	-6.128*	2.291	0.041	-12.043	-0.214
	Perusahaan Menengah	Perusahaan Besar	6.909*	2.072	0.009	1.560	12.258
		Perusahaan Kecil	0.780	1.803	1.000	-3.875	5.435
	Perusahaan Kecil	Perusahaan Besar	6.128*	2.291	0.041	0.214	12.043
		Perusahaan Menengah	-0.780	1.803	1.000	-5.435	3.875
Waste_Biaya	Perusahaan Besar	Perusahaan Menengah	-5.901	2.373	0.062	-12.028	0.226
		Perusahaan Kecil	-4.705	2.624	0.258	-11.479	2.070
	Perusahaan Menengah	Perusahaan Besar	5.901	2.373	0.062	-0.226	12.028
		Perusahaan Kecil	1.196	2.065	1.000	-4.136	6.528
	Perusahaan Kecil	Perusahaan Besar	4.705	2.624	0.258	-2.070	11.479
		Perusahaan Menengah	-1.196	2.065	1.000	-6.528	4.136

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil analisa studi penerapan penggunaan metode *lean six sigma* (LSS) yang diterapkan berdasarkan kualifikasi perusahaan konstruksi di Jawa Barat, untuk mengendalikan pemborosan pada proyek, maka hasil yang telah diolah menggunakan software SPSS dapat disimpulkan sebagai bahwa, penerapan LSS pada perusahaan konstruksi di Jawa barat sudah dilakukan. Berdasarkan hasil uji statistik deskriptif didapatkan hasil bahwa penerapan LSS pada perusahaan besar termasuk dalam kriteria Baik Sekali (BS) dengan nilai 82%, untuk perusahaan menengah mendapatkan nilai 75% dan perusahaan kecil dengan nilai 74% yang artinya penerapannya termasuk dalam kriteria Baik (B).

Hasil uji multivariate menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tiap kualifikasi perusahaan, untuk mengendalikan pemborosan material, waktu dan biaya secara simultan / bersama-sama setelah mengontrol penerapan LSS, [F (6/42) = 2.781, p < 0.023; Wilk's  $\lambda$  = 0.512,  $\eta^2$  = 0.248] dan nilai signifikansi < 0.05. Namun, setelah dilakukan uji univariate / parsial untuk melihat tentang perbedaan tersebut, hasil uji *Tests of Between-Subjects Effects* menunjukkan bahwa tiap kualifikasi perusahaan di Provinsi Jawa Barat hanya memiliki perbedaan pengaruh secara signifikan dalam mengendalikan pemborosan material dan pemborosan waktu pada proyek konstruksi. Setelah itu, tiap kualifikasi perusahaan dikomparasi untuk melihat lebih detail tentang perbedaan tersebut. Setelah dilakukan uji *Pairwise Comparisons* didapatkan bahwa perusahaan besar dan perusahaan menengah di Jawa Barat memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan material dengan nilai sig. 0.008 < 0.05. Perusahaan besar dan perusahaan menengah memiliki perbedaan yang signifikan dalam pengendalian pemborosan waktu dengan nilai sig. 0.009 < 0.05.

Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan karena mengingat penerapan LSS untuk mengendalikan pemborosan pada proyek, masih sangat jarang digunakan pada industri konstruksi di Indonesia. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan untuk kepentingan pembangunan infrastruktur yang lebih baik kedepannya. Variabel terikat yang diteliti pada penelitian ini dapat diganti berdasarkan tujuan dan keperluan penelitian selanjutnya. Mengingat data yang terkumpul dari responden masih merupakan data berdasarkan pengalaman kerja, sehingga untuk meneruskan penelitian ini diharapkan peneliti selanjutnya dapat mengumpulkan data dengan terjun langsung ke lokasi tiap proyek yang diteliti.

#### DAFTAR PUSTAKA

Al-Aomar, R. (2012). A lean construction framework with six sigma rating. *International Journal of Lean Six Sigma*,

- 3(4), 299–314.  
<https://doi.org/10.1108/20401461211284761>
- Alwi, I. (2015). *Kriteria empirik dalam menentukan ukuran sampel pada pengujian hipotesis statistika dan analisis butir*.
- George, M. L. (2002). *Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*.
- Kamilah, E. N. (2015). Pengaruh keterampilan mengajar guru terhadap hasil belajar siswa pada mata pelajaran Akuntansi. *repository.upi.edu*.
- Kusuma, D. P. A. (2019). *Implementasi Lean Construction Untuk Meminimalkan Waste Pada Proyek Konstruksi. Studi kasus: proyek pembangunan gedung kejaksaan tinggi riau*.
- Latief, Y., & Utami, R. P. (2009). Penerapan Pendekatan Metode Six Sigma Dalam Penjagaan Kualitas Pada Proyek Konstruksi. *MAKARA, TEKNOLOGI*, 13(2).
- Mir, S. J., Gangha, G., & Indhu, B. (2017). Lean Six Sigma the Improvement of the Road Construction. Dalam *International Journal of Civil Engineering and Technology* (Vol. 8, Nomor 5).
- Nilda, M. J., & Herianto. (t.t.). *Konsep Uji Validitas dan Reliabilitas Dengan Menggunakan SPSS*.
- Nyata, D. S., & Wiguna, I. P. A. (2018). Analisis Keterlambatan pada Proyek PT. Jatim Taman Steel di Gresik dengan Menggunakan Lean Six Sigma Framework. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(1).
- Olivia, J., & Nurfebiaraning, S. (2019). *Pengaruh video advertising tokopedia versi "jadikan ramadan kesempatan terbaik" terhadap respon afektif khalayak* (Vol. 7).
- Pituch, K. A., & Stevens, J. (James P. (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences: analyses with SAS and IBM's SPSS: Vol. 6th Edition*.
- Purnama, I. D. (2022, April 28). Indonesia Gandeng Jepang Tingkatkan Kualitas Bangunan di IKN Nusantara. [www.inews.id](http://www.inews.id).  
<https://www.inews.id/finance/bisnis/indonesia-gandeng-jepang-tingkatkan-kualitas-bangunan-di-ikn-nusantara>
- Raja Sreedharan, V., & Raju, R. (2016). A systematic literature review of Lean Six Sigma in different industries. Dalam *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 7, Nomor 4, hlm. 430–466). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2015-0050>
- Renita S., A., & Suropto. (2022). *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi) Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction Proyek Gedung Kampus X*.
- Rumane, A. R. (2013). *Quality Tools for Managing Construction Projects*.
- Shift Indonesia. (2019, Mei 29). Sejarah Six Sigma. *SHIFTINDONESIA*. <https://shiftindonesia.com/sejarah-six-sigma/>
- Sholikhah, A. (2016). Statistik Deskriptif Dalam Penelitian Kualitatif. *KOMUNIKA*, 10(2).
- Soraya, U., Husin, A. E., Kussumardianadewi, B. D., & Prabawa, I. P. I. (2022). Key success factors for lean six sigma implementation on Light Rail Transit Station construction project. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 18(1), 56.  
<https://doi.org/10.36055/tjst.v18i1.15632>
- Statistics, S. (t.t.). *Statistics Solutions Advancement through Clarity Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA)*. <http://www.statisticssolutions.com>
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D* (10 Ed.). Alfabeta.
- Sutrisno, & Wulandari, D. (2018). Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) untuk Memperkaya Hasil Penelitian Pendidikan. *Aksioma*, 9(1).

- Trigunarsyah, B., Sanusi, R. S., & Sulistyoweni. (2014). Permasalahan Pemborosan/Biaya-Tak-Perlu Pada Pelaksanaan Konstruksi di Indonesia. *Conference Paper*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2719.3609>
- Ulfa, R. (2021). Variabel Penelitian Dalam Penelitian Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Keislaman*, 2685(6115).
- Van Den Bos, A., Kemper, B., & De Waal, V. (2014). A study on how to improve the throughput time of lean six sigma projects in a construction company. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 212–226. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2013-0055>
- Winata, Y. A. (2017). Penerapan Analisis Kovarians Multivariat Pada Bidang Gizi (Study Kasus: Pengaruh Perbedaan Tingkat Kelas Terhadap Rata-rata Frekuensi Makan, Asupan Energi, dan Asupan Protein dengan Kovariat Berupa Berat Badan dan Usia Siswa di MTs Nurul Ummah Yogyakarta). *Jurnal Matematika*, 6(2).
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2003 Ed.). FREE PRESS A Division of Simon & Schuster, Inc.

**Lampiran A. Uji validitas variabel *dependent* (Y)**

No.	Pernyataan	r tabel (N-2), 0.05	r hit.	Ket.
Y1	Pemborosan Material			
Y1.1	Kelebihan material/bahan	0.396	0.456	<i>Valid</i>
Y1.2	Penghamburan material/bahan	0.396	0.533	<i>Valid</i>
Y1.3	Material tidak sesuai dengan spesifikasi	0.396	0.696	<i>Valid</i>
Y1.4	Kehilangan material di lokasi	0.396	0.633	<i>Valid</i>
Y1.5	Penumpukan material di lokasi	0.396	0.511	<i>Valid</i>
Y1.6	Sering terjadi pemindahan material di lokasi	0.396	0.674	<i>Valid</i>
Y1.7	Sisa material/bahan berserakan	0.396	0.531	<i>Valid</i>
Y1.8	Kerusakan meterial di lokasi (kualitas)	0.396	0.643	<i>Valid</i>
Y1.9	Tempat material kurang baik	0.396	0.500	<i>Valid</i>
Y1.10	Kesalahan penanganan material	0.396	0.629	<i>Valid</i>
Y1.11	Material tidak dilindungi dengan benar	0.396	0.709	<i>Valid</i>
Y1.12	Material terbuang/ tercecer saat transportasi	0.396	0.485	<i>Valid</i>
Y1.13	Metode pemasangan yang kurang tepat	0.396	0.581	<i>Valid</i>
Y1.14	Kesalahan pemotongan pada besi (kesalahan perlakuan material)	0.396	0.701	<i>Valid</i>
Y1.15	Pengawasan yang kurang	0.396	0.628	<i>Valid</i>
Y2	Pemborosan Waktu			
Y2.1	Waktu menunggu instruksi	0.396	0.700	<i>Valid</i>
Y2.2	Waktu menunggu material datang	0.396	0.472	<i>Valid</i>
Y2.3	Waktu menunggu alat datang	0.396	0.587	<i>Valid</i>
Y2.4	Waktu menunggu perbaikan peralatan	0.396	0.560	<i>Valid</i>
Y2.5	Waktu menunggu datangnya pekerja ke lokasi	0.396	0.714	<i>Valid</i>
Y2.6	Waktu menunggu revisi gambar/perubahan desain	0.396	0.739	<i>Valid</i>
Y2.7	Kondisi lokasi yang tidak bagus	0.396	0.578	<i>Valid</i>
Y2.8	Cuaca	0.396	0.414	<i>Valid</i>
Y2.9	Kerusakan/kehilangan oleh pihak lain	0.396	0.678	<i>Valid</i>
Y2.10	Spesifikasi yang tidak jelas	0.396	0.598	<i>Valid</i>
Y2.11	Gambar kerja yang tidak jelas	0.396	0.793	<i>Valid</i>
Y2.12	Pendetailan gambar yang rumit	0.396	0.855	<i>Valid</i>
Y2.13	Perubahan desain	0.396	0.586	<i>Valid</i>
Y2.14	Desain yang buruk	0.396	0.762	<i>Valid</i>
Y2.15	Ketidak lengkapan dokumen kontrak	0.396	0.757	<i>Valid</i>
Y3	Pemborosan Biaya			
Y3.1	Pekerjaan rework dan repair	0.396	0.487	<i>Valid</i>
Y3.2	Material tidak sesuai spesifikasi	0.396	0.584	<i>Valid</i>
Y3.3	Spesifikasi yang tidak jelas	0.396	0.572	<i>Valid</i>
Y3.4	Metode konstruksi yang tidak tepat	0.396	0.421	<i>Valid</i>
Y3.5	Pengawasan yang terlambat	0.396	0.500	<i>Valid</i>
Y3.6	Perencanaan dan penjadwalan yang buruk	0.396	0.708	<i>Valid</i>
Y3.7	Pekerja tidak disiplin	0.396	0.703	<i>Valid</i>
Y3.8	Kurangnya mandor	0.396	0.719	<i>Valid</i>
Y3.9	Kurangnya skill tenaga kerja	0.396	0.563	<i>Valid</i>
Y3.10	Terjadi penambahan jenis pekerjaan	0.396	0.603	<i>Valid</i>
Y3.11	Pengukuran dilapangan tidak akurat	0.396	0.737	<i>Valid</i>

No.	Pernyataan	r tabel (N-2), 0.05	r hit.	Ket.
Y3.12	Keterlambatan pelaksanaan pekerjaan	0.396	0.798	<i>Valid</i>
Y3.13	Peralatan tidak bisa diandalkan	0.396	0.724	<i>Valid</i>
Y3.14	Terjadi kecelakaan kerja	0.396	0.416	<i>Valid</i>
Y3.15	Kemampuan subkontraktor yang rendah	0.396	0.641	<i>Valid</i>