

**PERAN METODE SIX SIGMA DAN PENERAPAN PADA
INDUSTRI PERTAMBANGAN :
LITERATURE REVIEW**

ARTIKEL



**Oleh :
Elisa Febrianti Rohman
NIM 18120074**

**PROGRAM STUDI S1 MANAJEMEN
SEKOLAH TINGGI ILMU EKONOMI SURAKARTA
2023**

HALAMAN LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Elisa Febrianti Rohman

NIM : 18120074

Program Studi : S1 Manajemen

Judul : Peran Metode SIX Sigma Dan Penerapan Pada Industri Pertambangan
Literature Review

Disetujui dan disahkan:

Hari : Jum'at

Tanggal : 6 Januari 2023

Pembimbing,



Heny Kurnianingsih, S.E., M.M
NIDN: 0615037501

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Manajemen



Tri Ratna Pamikatsih, S.E., M.B.A
NIDN: 0610119201

PERAN METODE SIX SIGMA DAN PENERAPAN PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN : LITERATURE REVIEW

Elisa

Program Studi Manajemen, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Surakarta, Sukoharjo

Email:

Abstrak

Abstract

PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan rangkaian kegiatan pencarian penambangan, pengolahan, pemurnian, pemanfaatan, dan penjualan bahan galian yang dilakukan dari hulu sampai hilir. Untuk menjalankan kegiatan proses bisnis tersebut dipengaruhi oleh kinerja rantai pasok sehingga bahan galian terdaftar dalam beberapa kategori yaitu mineral, batubara, panas bumi dan gas. Industri pertambangan di Indonesia jika dibandingkan dengan negara maju tidak berbeda jauh.

Industri pertambangan adalah industri yang memiliki kontribusi paling besar terhadap pendapatan Produk Domestik Bruto (PDB). Dunia bisnis saat ini terus bersaing agar dapat menciptakan berbagai kebutuhan konsumen yang semakin tinggi, semakin cerdas dalam memilih kebutuhannya. Pesatnya perkembangan bisnis ini mewajibkan suatu perusahaan untuk mengembangkan dan menerapkan strategi sehingga meningkatkan efektivitas biaya dan mendorong terobosan produktivitas.

Industri pertambangan Indonesia dinilai belum optimal, sebagaimana tergambar dalam pencapaiannya. Impor industri pertambangan dinilai masih cukup besar, dimana Indonesia menjadi salah satu importir terbesar di dunia. Hal ini dibuktikan dengan adanya importir bahan bakar dari negara lain, yang dimana bahan bakar di Indonesia masih cukup banyak. Di Industri pertambangan Indonesia masih harus memaksimalkan dipengolahan bahan bakar untuk siap guna. Sedangkan untuk jumlah ekspor Indonesia sudah cukup bagus karena sudah menguasai pangsa pasar terlebih batu bara. Namun masih perlu ditingkatkan dalam rangka meningkatkan persaingan. Oleh karena itu diperlukan strategi untuk mampu mandiri dalam industri pertambangan dan dapat berdaya saing di tingkat internasional.

Berdasarkan kepada perkembangan sebuah manajemen yang mengalami perubahan dan berkembang menjadi trend dalam sebuah dunia industri. Persaingan untuk memberikan yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen merupakan kunci dari keberhasilan perusahaan. Peningkatan kualitas manajemen industri sangat ditentukan oleh adanya unsur input, proses, output, dan pengendalian produk sebelum produk tersebut digunakan konsumen. Guna mewujudkan konsep peningkatan harus benar-benar fokus pada proses manajemennya untuk menghasilkan output yang sesuai dengan ekspektasi konsumen. Prinsip-prinsip pengendalian dan peningkatan mutu pada produk yang dihasilkan memberikan standar-standar produk, karena produk yang diberkualitas dibuat melalui proses yang berkualitas pula dan hal tersebut akan memiliki sejumlah keistimewaan yang ditunjukkan dari hasil spesifikasi produk yang ditetapkan. Tingkat biaya yang dapat ditekan dari target pengendalian produk yang cacat dari produk yang dihasilkan akan membuat perusahaan lebih berperan didalam lingkungan industri. Hal tersebut dikarenakan, konsumen akan memakai produk-produk yang berkualitas tinggi pada tingkat harga yang kompetitif, dan dapat pula menaikkan pangsa pasar yang pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan perusahaan.

Menurut Angmo (2015) dalam persaingan di pasar global yang semakin maju dan berkembang ini, cara pandang masyarakat dalam memilih suatu produk telah berubah. Tidak lagi hanya dari segi biaya namun telah berkembang hingga segi kualitas. Oleh karena itu, sebagian besar perusahaan mulai beranggapan bahwa kualitas yang baik merupakan hal yang paling penting karena kualitas merupakan

pemenuhan pelayanan kepada konsumen. Upaya dalam meningkatkan kualitas produk, salah satu faktor penting yaitu pengendalian kualitas yang merupakan bagian dari proses produksi. Menurut (Bhargava & Gaur, 2021; Bhat & Jose, 2016) untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik, perusahaan harus melakukan perbaikan kualitas dan perbaikan proses dengan harapan tercapainya tingkat cacat produk hingga tidak ada cacat. Menurut (Chiarini & Kumar, 2021; Erdil et al., 2018) metode Six Sigma sering digunakan oleh perusahaan untuk pengendalian kualitas produk dengan meminimasi jumlah cacat atau *defect*. Metode Six Sigma akan fokus pada cacat dan variasi, dimulai dengan tahap mengidentifikasi unsur-unsur kritis terhadap kualitas (*critical to quality*) dari suatu proses hingga menentukan usulan-usulan perbaikan dari cacat atau *defect* yang terjadi. Langkah-langkah mengurangi cacat atau *defect* tersebut dilakukan secara sistematis dengan melakukan pendefinisian (*define*), pengukuran (*measure*), penganalisaan (*analyze*), perbaikan (*improve*), dan pengendalian (*control*). Langkah sistematis tersebut dikenal dengan 5 fase DMAIC (Paul, 1999). DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta menuju target six sigma yaitu 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunity*) serta tentunya meningkatkan profitabilitas dari perusahaan. Menurut (Erdil et al., 2018) menyatakan bahwa Six Sigma merupakan alat atau tools yang digunakan untuk memperbaiki proses melalui customer focus, perbaikan yang terus menerus dan keterlibatan orang-orang baik dalam organisasi maupun diluar organisasi.

Produk cacat dapat dikurangi apabila perusahaan mampu mengurangi jumlah cacat yang terjadi pada produk. Adanya penurunan jumlah cacat diharapkan jumlah produk cacat juga menurun. Hasil tersebut tentunya dapat digunakan metode Six Sigma DMAIC yang bertujuan meminimasi cacat dan memaksimalkan nilai tambah dari suatu produk. Menurut (Bhargava & Gaur, 2021; Bhat & Jose, 2016) selain itu Six Sigma juga dinilai dapat mengurangi variasi proses sekaligus cacat pada produk atau jasa yang berada di luar spesifikasi dengan menggunakan metode statistika dan *problem solving tools* secara intensif. Menurut (Chiarini & Kumar, 2021; Costa et al., 2018; Erdil et al., 2018) Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk adalah metode Six Sigma. Six Sigma adalah metode terstruktur yang digunakan untuk mengurangi variasi dan meningkatkan proses. Menurut Kartika et al. (2020); (Keliji et al., 2018) Tujuan Six Sigma adalah untuk meningkatkan kinerja proses dan mencapai tingkat kualitas yang tinggi dengan menyelidiki dan menghilangkan akar penyebab cacat dan meminimalkan proses dan variabilitas produk.

Menurut (Rathilall & Singh, 2018) pendekatan lean menjadi salah satu upaya untuk mengklasifikasikan serta melacak jenis-jenis *waste* atau pemborosan yang terjadi yang bisa saja menjadi penyebab dari kecacatan produk. Pemborosan adalah kegiatan yang menyerap sumber daya seperti pengeluaran biaya ataupun waktu tambahan tetapi tidak menambahkan nilai apapun dalam kegiatan tersebut. Menurut (Li et al., 2019) setiap *waste* memiliki hubungan satu sama lain, dimana hubungan ini disebabkan oleh pengaruh tiap *waste* dapat muncul secara langsung maupun tidak langsung. Menurut (Galli & Kaviani, 2018; Kaswan & Rathi, 2020; Li et al., 2019; Nadeau, 2017; Nayar et al., 2016; Rathilall & Singh, 2018) penggunaan metode Six Sigma dalam menganalisis dan memperbaiki pengendalian kualitas dapat dilakukan mulai dari bahan baku, selama proses berlangsung sampai produk akhir dan disesuaikan standar yang ditetapkan karena dalam pengawasan *Quality Control* harus benar-benar diperhatikan. Kualitas yang baik harus memenuhi delapan aspek yaitu *performance*, *durability*, *comformance*, *perceived quality*, *aesthetic*, *feature*, *reliability*, dengan kualitas yang baik akan berbanding lurus dengan kepuasan pelanggan.

Perusahaan pertambangan merupakan perusahaan yang dipilih dalam penelitian ini. Hal ini dikarenakan perusahaan pertambangan merupakan sektor industri yang berkontribusi besar terhadap perekonomian dan juga sektor yang mempunyai pangsa pasar yang besar sehingga persaingan antar perusahaan cukup besar. Dikarenakan persaingan antar perusahaan cukup besar tersebut, maka setiap perusahaan akan berusaha untuk meningkatkan kualitas produk yang dijual dan meminimalisir kecacatan hasil tambang. Adanya kecacatan pada hasil tambang akan mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian karena akan memakan waktu waktu produksi dan menimbulkan biaya tambahan yang semestinya tidak terjadi.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini akan mengkaji melalui literature review bagaimana penerapan six sigma di industri pertambangan.

LANDASAN TEORI

Pada tahun 1987 Motorola mengembangkan Six Sigma untuk menggambarkan tujuan dan proses yang digunakan untuk mencapai tingkat terobosan peningkatan kualitas. Larry Bossidy, CEO dari AlliedSignal mengenalkan Six Sigma sebagai inisiatif bisnis untuk menghasilkan hasil tingkat tinggi, meningkatkan proses kerja, memperluas keterampilan semua karyawan dan mengubah budaya (ASQ, 2002). Hal ini juga diikuti oleh penerapan Six Sigma yang dipublikasikan dengan baik di General Electric mulai tahun 1995 (Slater, 1999).

Sigma adalah simbol Yunani yang digunakan oleh ahli statistik untuk mengacu pada enam standar deviasi. Istilah six sigma mengacu pada ukuran variasi proses (enam standar deviasi) yang diterjemahkan ke dalam tingkat kesalahan atau cacat sebesar 3,4 bagian per juta. Untuk mencapai kualitas kinerja tingkat six sigma, set khusus metodologi peningkatan kualitas dan alat statistik dikembangkan. Metode perbaikan dan alat statistik ini diajarkan kepada sekelompok kecil pekerja yang dikenal sebagai juara enam sigma yang diberi tanggung jawab penuh waktu untuk mendefinisikan, mengukur, menganalisis, memperbaiki dan mengendalikan kualitas proses (A. Kadim, 2017).

Six Sigma adalah adalah filosofi berbasis data dan berbasis fakta yang membantu mencegah kecacatan nilai dibanding mendeteksi kecacatan dan meningkatkan kualitas menjadi lebih baik (Makwana & Patange, 2021). Para ahli yang berurusan dengan Six Sigma telah berupaya untuk mencapai definisi yang komprehensif dan lengkap dari pendekatan ini. Pada bagian ini, beberapa definisi terpenting dari pengertian tersebut diulas. Patel dan Patel (2020) mendefinisikan Six Sigma adalah sebagai metrik, metodologi, dan sistem manajemen. Sigma mengkuantifikasi ukuran kinerja, yang menjelaskan seberapa baik suatu proses memenuhi persyaratan yang mana sigma sebagai metrik. Swarnakar dan Vinodh (2016) berpendapat bahwa pendekatan Six Sigma cenderung mempercepat proses organisasi yang diarahkan pada tujuan. Metodologi ini dapat digunakan untuk merumuskan serangkaian tujuan dalam organisasi: (a) mendorong pemikiran tim; (b) menciptakan keterampilan dan keahlian; (c) membuat keputusan berdasarkan fakta; (d) melakukan pengukuran hasil secara terus menerus dan membuat perbandingan dengan organisasi formal; dan (e) memastikan komitmen manajemen senior. Six Sigma berfokus pada pencapaian tujuan dan kriteria dan penggunaan sistem manajemen yang harus berhasil menyelesaikan proyek dan mempertahankan profitabilitas jangka panjang.

Six Sigma dipersepsikan sebagai filosofi atau konsep dalam arti luas, menggunakannya sebagai filosofi membantu mengubah dunia dan transformasi perusahaan. Memperlakukannya sebagai strategi memastikan perkembangan dan meningkatkan posisi perusahaan. Hal ini didasarkan pada enam prinsip utama yang harus diterapkan pada perusahaan yang ingin mengembangkan dan meningkatkan posisinya di pasar. Poin pertama adalah konsentrasi pada pelanggan. Setiap tindakan yang diambil harus sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan pelanggan. Six Sigma juga didasarkan pada data dan fakta nyata yang digunakan untuk melakukan analisis terperinci. Hal tersebut didasarkan pada perbaikan terus-menerus dari semua aspek pengembangan fungsi dalam organisasi serta manajemen proaktif dan kerjasama tanpa batas di setiap tingkatan dalam perusahaan (Smeytkowska dan Mrugalska, 2018).

Dasar dari six sigma adalah level sigma, yang dijelaskan dalam berbagai publikasi. Tingkat sigma adalah tolok ukur kemampuan suatu proses untuk memenuhi persyaratan yang diminta. Six Sigma menawarkan pendekatan manajemen proyek untuk implementasi proyek, yang secara konsekuensi menempatkan peningkatan manfaat pelanggan menjadi pusat pertimbangan. Dua pendekatan untuk proyek six sigma dapat dibedakan: DMAIC (*measure-analyse-improve-control* (pengukuran-analisis-meningkatkan-kontrol)) dan DMADV (*design-measure-analyse-design-verify* (desain-mengukur-analisis-desain-verifikasi)). Pendekatan DMAIC diterapkan dalam konteks realisasi produk dan layanan (proses inti dan dukungan). Proyek six sigma dalam pengembangan umumnya disebut *design-for-six-sigma* (Kadim, 2017)). Six sigma menyediakan metode dan alat yang berbeda dari dua bidang yaitu:

1. Statistik (seperti metode analisis statistik atau alat rancangan eksperimen).

2. Manajemen mutu (yaitu untuk memastikan orientasi pelanggan dalam pengembangan produk dan pencegahan kegagalan)

METODE

Penelitian kepustakaan atau kajian literatur merupakan penelitian yang mengkaji atau meninjau secara kritis pengetahuan, gagasan, atau temuan yang terdapat di dalam tubuh literatur berorientasi akademik, serta merumuskan kontribusi teoritis dan metodologisnya untuk topik tertentu. Literature review tidak hanya bermakna membaca literatur, tapi lebih ke arah evaluasi yang mendalam dan kritis tentang penelitian sebelumnya pada suatu topik.

Metode penulisan artikel ini adalah literature review, beberapa langkah harus dilakukan agar pelaksanaannya sistematis dan terarah. Langkah pertama adalah merumuskan masalah. Pada tahap ini, penulis dituntut untuk memilih topik yang sesuai dengan isu yang diambil. Kemudian langkah kedua adalah mencari literatur dan jurnal. Pada tahap ini, penulis mencari literatur yang relevan dengan penelitian kemudian mencari gambaran tentang topik penelitian. Setelah itu dilakukan review sesuai kasus berdasarkan sumber penelitian. Langkah ketiga adalah mengevaluasi atau mengidentifikasi. Hasil literatur pencarian disortir sebagai studi kasus atau teori fokus industri, dan literature review. Data dikumpulkan, dianalisis, dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel. Pada tahap ini mencari persamaan dan ketidaksetaraan dari literatur yang diperoleh. Kemudian membandingkan dari berbagai sudut pandang, kemudian membuat rangkuman (summarize). Langkah keempat menyimpulkan identifikasi semua literatur yang diperoleh. Tahap terakhir adalah penerbitan di jurnal nasional dan internasional. Dari langkah-langkah tersebut, didapatkan artikel jurnal sebanyak 30 jurnal internasional dan nasional yang terbit dari tahun 2016 sampai tahun 2022 tentang penerapan lean six sigma di berbagai sektor industri.

Artikel jurnal internasional dan nasional tentang penerapan six sigma yang akan direview adalah (Antony et al., 2017; Bhargava & Gaur, 2021; Bhat & Jose, 2016; Cherrafi et al., 2016; Chiarini & Kumar, 2021; Costa et al., 2018; Erdil et al., 2018; Patel & Patel, 2021; Smętkowska & Mrugalska, 2018); Fananda dan Prasetyo (2021); (Arcidiacono & Alessandra, 2018; Galli & Kaviani, 2018); (Kaswan & Rathi, 2020); (Barzegar Keliji et al., 2018; Kumar et al., 2017; Laureani & Antony, 2019; Nadeau, 2017; Nayar et al., 2016); Nie (2016); (Rathilal & Singh, 2018); Suseno dan Ashari (2022); (Swarnakar & Vinodh, 2016; Yadav & Desai, 2016); Sahu et.al. (2017); (Barot et al., 2020; Byrne et al., 2021; Kharub et al., 2018; Suryapradana & Halim, 2021; Yuan et al., 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai negara berkembang yang kaya akan sumber daya, Indonesia sangat bergantung pada industri pertambangan. Pertambangan batu bara dan mineral telah memberikan kontribusi yang signifikan bagi perekonomian negara dan menjadi semakin penting dalam beberapa tahun terakhir. Kegiatan pertambangan berkontribusi pada pendapatan pemerintah dan PDB pada tingkat yang lebih tinggi daripada di Perhimpunan Bangsa-Bangsa Asia Tenggara lainnya (ASEAN). Indonesia merupakan produsen batu bara terbesar ketiga di dunia, setelah Australia dan China. Produksi batu bara pada tahun 2006 lebih dari dua kali lipat produksinya pada tahun 2000. Pada tahun 2007, pendapatan dari batu bara mencapai 70 persen dari kontribusi pertambangan tahun itu US\$6 miliar untuk pendapatan pemerintah dan Indonesia memasok sekitar 26 persen batu bara dunia. (Resosudarmo et.al., 2009)

Di sisi lain, sejak diberlakukannya Permendag No. 39/M-DAG/PER/7/2014 tentang pembatasan ekspor batubara dalam periode 2015-2030 maksimal 425 juta ton per tahun berdampak terhadap keberlangsungan perusahaan di sektor pertambangan batubara. Oleh karena itu, perusahaan penambangan batubara dituntut untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi, meningkatkan penggunaan teknologi dan melakukan inovasi khususnya yang berkaitan dengan proses operasional. Optimalisasi produksi merupakan salah satu hal yang mendasar guna mencapai hasil produksi yang optimal. (Sawarno dan Hasibuan, 2018) Survey atau pemetaan topografi dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang permukaan bumi. Survey juga dapat digunakan dalam evaluasi kemajuan tambang sehingga dapat diketahui berapa volume dari batubara yang telah ditambang dan sisa cadangan batubara. Dari evaluasi survey tersebut kita dapat melihat arah kemajuan tambang dan dapat merencanakan kegiatan penambangan berikutnya. Pada saat kegiatan

eksploitasi juga dilakukan survey untuk dapat mengetahui berapa besar volume batubara yang telah ditambang dan seberapa besar pencapaian target produksi dari kegiatan penambangan tersebut. Pada umumnya sering terjadi perbedaan atau selisih antara target produksi dengan Mine Progress. Untuk mengetahui Mine Progress diperlukan kegiatan survey aktual dan Truck Count. Dalam kegiatan penambangan juga sering terjadi Mining Losses. Mining Losses adalah kehilangan hasil tambang yang dikarenakan faktor-faktor seperti; keterbatasan alat saat proses pengambilan batubara (eksploitasi), terjatuh pada saat proses pengangkutan (hauling), proses pengolahan dan di tempat penyimpanan batubara (stockpile). Kegiatan survey dilakukan untuk mengetahui secara aktual seberapa besar batubara yang terambil dibandingkan dengan data volume batubara melalui truck count. Selain pentingnya kegiatan survey juga terindikasi adanya ketidak tercapaian target produksi, sehingga perlu diketahui berapa besar ketidak tercapaiannya. (Aziz et.al., 2019)

Guna mencapai tingkat produksi yang ditargetkan dalam industri pertambangan, semua sistem mesin dan subsistemnya harus bekerja secara efisien dan andal selama masa pakainya. Implikasi kegagalan peralatan menjadi lebih kritis dengan meningkatnya ukuran dan kerumitan mesin. Keandalan mengacu pada kemungkinan suatu sistem memenuhi standar kinerja yang diinginkan dalam menghasilkan output untuk durasi waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi tertentu. Misalnya, jika sebuah mesin dirancang untuk berjalan terus menerus selama 10.000 jam tanpa kesalahan di antaranya, mesin tersebut dikatakan 100% andal untuk periode tersebut. Namun, jika kegagalan terjadi setelah 10.000 jam operasi, keandalan mesin setelah 10.000 jam kurang dari 100%. Memahami kerumitan, efisiensi, dan kegagalan alat berat dapat membantu mencapai hasil produksi yang lebih baik dan mengurangi biaya tak terduga dan tidak perlu. Industri dapat mempertahankan tingkat produktivitas yang konsisten dengan melakukan penilaian keandalan secara berkala. Pengukuran kinerja menjadi signifikan karena mengidentifikasi kesenjangan kinerja yang ada antara kinerja yang ada dan yang diinginkan dan menunjukkan seberapa jauh kesenjangan tersebut telah ditutup. Suatu sistem produksi terdiri dari banyak subsistem. Agar sistem menjadi efisien dan layak untuk beroperasi, setiap subsistem harus dioptimalkan satu sama lain. Ketersediaan, keandalan, dan pemeliharaan sistem, serta kemampuannya 1. Perkenalan Keandalan komponen merupakan fungsi waktu dan selalu diukur pada waktu pengoperasian tertentu. Operasi yang andal terganggu atau dihentikan oleh kegagalan. Kegagalan adalah peristiwa yang mengakibatkan ketidakmampuan untuk menyelesaikan tugas yang diperlukan dan memenuhi persyaratan. Definisi teoritis reliabilitas adalah $(\text{Keandalan} = 1 - \text{Probabilitas Kegagalan})$, diberikan oleh $R(t)$. Ketersediaan dan pemeliharaan terkait dengan keandalan dan didefinisikan sebagai komponen penting. (Odeyar, et.al., 2022)

Hasil literature review jurnal-jurnal internasional dan nasional mengenai penerapan Six Sigma adalah sebagai berikut:

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
1	2022	Suseno dan Ashari - Terdapat 3 waste defect yang teridentifikasi mempengaruhi proses produksi base plate yaitu cacat deformasi, cacat retak, dan cacat berlubang. Penyebab terjadinya cacat retak dari hasil FMEA adalah cetakan kurang padat dan presisi, crane yang macet, dan kurangnya keterampilan karyawan. Untuk mengurangi waste maka dari ketiga penyebab cacat tersebut harus segera dilakukan perbaikan dan pengontrolan agar tidak menambah waktu normal produksi dan juga agar tidak menyebabkan waiting.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
2	2021	Fananda dan Prasetyo - Berdasarkan nilai RPN pada FMEA diketahui masalah utama adalah tidak lengkapnya prosedur perakitan fuel pump, maka dari itu prioritaskan perbaikan dengan membuat prosedur assembly fuel pump yang mencakup urutan langkah kerja perakitan, alat yang digunakan dalam perakitan, bagian yang digunakan dalam perakitan dan standar yang ditetapkan dalam perakitan.	
3	2021	Bryne et.al. - Metodologi Operational Excellence seperti Lean Six Sigma memiliki potensi untuk mengatasi dan meningkatkan pemahaman proses dan menyediakan metodologi dan perangkat untuk membantu akar masalah yang efektif dan implementasi tindakan korektif.	
4	2021	Suryapradana dan Halim - Menggunakan diagram pareto untuk menganalisis data losses yang ada sehingga akar permasalahan dapat ditemukan. Selanjutnya dengan analisis fish bone diagram didapatkan saran-saran langkah pencegahan dalam mengurangi jumlah losses time. Langkah perbaikan sistem yang dilakukan di Departemen FPM dengan penerapan Small Group Activity sebagai control secara berkelanjutan memberi peningkatan produktivitas terhadap kinerja Coal Crusher di akhir periode Desember 2020 yaitu diperoleh rata-rata nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) yaitu sebesar 87% dan telah memenuhi nilai standar dunia 85%. Dengan adanya peningkatan kinerja diharapkan kegiatan proses produksi dapat berjalan efektif, efisien, serta energi dapat digunakan secara optimal.	
5	2020	Barot et.al. - Disimpulkan dari analisis bahwa sand drop defect menurun dari 15,9% menjadi 6,4%. Metodologi six sigma paling efektif untuk mengidentifikasi cacat dalam industri dan cacat ini dapat dihilangkan dengan berbagai alat seperti analisis pareto, daftar periksa, analisis sebab akibat, matriks sebab akibat dan analisis mengapa – mengapa. Setelah implementasi lean, diamati bahwa waktu dihemat hingga 30 menit yang dikeluarkan untuk memilah dan mengidentifikasi bahan baku yang berbeda. Total waktu persiapan tungku berkurang dari 90 menit menjadi 60 menit. Periksa daftar dan spanduk yang disediakan untuk mempertahankan solusi di masa mendatang.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
6	2020	Bhargava dan Gaur - Dari penelitian ini bahwa tingkat kualitas atau tingkat kinerja suatu proses dapat ditingkatkan dengan menerapkan metodologi DMAIC Six-Sigma.	
7	2020	Chiarini dan Kumar - . Hasil studi sejalan dengan literatur awal yang mendukung LSS menyediakan platform untuk mencapai hasil yang efektif dari aplikasi Industri 4.0. Integrasi membutuhkan alat pemetaan yang diciptakan kembali dan menyiratkan integrasi horizontal dan integrasi vertikal ujung ke ujung. Yang terakhir mengharuskan perusahaan untuk merekayasa ulang modul ERP, sementara dalam integrasi horizontal tujuan akhir sebenarnya adalah untuk mencapai sinkronisasi otomatis lengkap dari proses yang disebut Sinkronisasi Proses Otonom. Selain itu, semua data yang dikumpulkan dari proses produksi dan kantor membutuhkan pengembangan analitik baru di semua tingkatan.	
8	2020	Kaswan dan Rathi - Perhatian yang meningkat terhadap ekologi dan kualitas telah memaksa organisasi untuk mengadopsi konsep GLS. GLS adalah pendekatan komprehensif yang mencakup konsep pengurangan, penggunaan kembali, pengerjaan ulang, dan penolakan minimum untuk meningkatkan proses manufaktur, produktivitas, profitabilitas, waktu siklus, dan keberlanjutan. Namun, di negara berkembang seperti India, penerapan GLS di lingkungan manufaktur sulit karena kurangnya teknologi alternatif.	
9	2020	Patel dan Patel - Lean Six Sigma telah muncul sebagai salah satu metodologi peningkatan kualitas terkemuka dalam lima belas tahun terakhir. Penggunaan Lean dan Six Sigma secara simultan memiliki efek sinergis dalam hal menghilangkan pemborosan dan mengurangi variasi.	
10	2019	Galli dan Kaviani - Lean Six Sigma mengidentifikasi pemborosan dan menghilangkan sumbernya. Ini menghasilkan perbaikan proses bisnis jangka panjang yang sistematis. Ini paling baik diadopsi untuk organisasi yang tumbuh cepat dan menangani masalah yang kompleks. Penerapan inisiatif Lean Six Sigma harus efisien agar tidak menjadi beban. Alat harus fokus pada hasil daripada implementasi. Itu harus dipilih berdasarkan tujuan, prioritas, dan struktur organisasi.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
11	2019	Li et.al. - Teknik Lean Six Sigma seperti analisis proses, evaluasi dan pengambilan keputusan, analisis sebab dan akibat, alat penciptaan ide dan teknik manajemen pengetahuan dasar diterapkan. Proses implementasi menunjukkan kekuatan Lean Six Sigma dalam proses layanan berbasis pengetahuan sangat kompleks di Perguruan Tinggi. Namun, seperti catatan literatur sebelumnya, Lean Six Sigma dapat diperluas ke banuak operasi, dengan pemahaman baru yang berasal dari konsep dan teknik yang telah terbukti sebelumnya, diadopsi dan dimodifikasi. Sementara landasan teoritis masih dikembangkan, terutama dalam proses dengan komponen manusia yang tinggi dan berbagai harapan pelanggan, mengikuti skrip berbasis ilmiah yang terbukti akan mendukung penelitian selanjutnya.	
12	2018	Arcidacono dan Pieroni - Peneliti mengusulkan metodologi baru, yang disebut Lean Six Sigma 4.0, dan telah membuktikan efisiensinya diterapkan pada konteks HealthCare. Secara khusus, telah dibuktikan bagaimana metodologi baru ini mampu mengoptimalkan proses penyediaan layanan, sekaligus mengurangi pemborosan sumber daya (manusia dan/atau material), sekaligus meningkatkan Kualitas Pengalaman (QoE) pasien.	
13	2018	Costa et.al. - Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lean Six Sigma efektif dalam sektor industri makanan, meskipun implementasinya masih dalam tahap berkembang. Namun, penggunaannya ternyata mampu mengurangi biaya dan mampu meningkatkan produktivitas. Faktor manusia dan karaktersistik industri makanan diidentifikasi sebagai hambatan utama dalam mengimplementasikan inisiatif ini.	
14	2018	Erdil et.al. - Cakupan Lean Six Sigma yang luas, catatan keefektifannya, dan tumpang tindihnya dengan tujuan keberlanjutan menetapkan dasar untuk memperluas metodologi Lean Six Sigma yangmana untuk diikutsertakan dengan konsep keberlanjutan. Kerangka yang diusulkan tidak spesifik untuk suatu industri, tetapi dimaksudkan untuk spektrum proyek yang lebih luas dimana Lean Six Sigma diterapkan.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
15	2018	Kelijia et.al. - Penggunaan teknik yang efektif dan sederhana yang diusulkan dalam metodologi Six Sigma membuka jalan untuk meningkatkan proses produksi yang optimal, seperti peta proses umum, tabel deteksi cacat, dan berbagai ukuran pengukuran kapabilitas proses, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dalam proses organisasi. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi dan mengkategorikan faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi dan fungsi.	
16	2018	Kharub ey.al. - Penelitian ini menemukan rendahnya ketersediaan peralatan adalah penyebab utama pemborosan kapasitas di pembangkit listrik tenaga panas. Berbagai saran diberikan untuk mengurangi masalah ketersediaan peralatan dan akibatnya meningkatkan efisiensi pabrik. Pendekatan DMAIC telah diadopsi atau digunakan untuk proyek peningkatan Six Sigma.	
17	2018	Smeytkowska dan Mrugalska - Penerapan DMAIC, yang merupakan salah satu metode peningkatan kualitas yang digunakan dalam konsep Six Sigma, dapat meningkatkan efektivitas sekaligus memberikan reaksi yang memadai atas masalah yang muncul. Seperti yang ditunjukkan pada contoh mesin Kolbus BF 511 dapat dicapai dengan menerapkan SMED, pelatihan untuk karyawan, standarisasi kerja dan Total Productive Maintenance dan setelah itu perlu diperkenalkan kontrol berkelanjutan atas efisiensi proses yang dilakukan. pada mesin itu.	
18	2018		Rathilal dan Singh - Hasil penelitian menunjukkan bahwa organisasi memiliki tingkat keberhasilan adopsi Lean dan Six Sigma yang sangat rendah sebagai sistem mandiri, karena mereka merasa sulit untuk mempertahankan transisi dari teori ke praktik. Oleh karena itu adopsi pendekatan Lean Six Sigma terintegrasi tidak ada dan dapat disimpulkan bahwa kerangka kerja Lean Six Sigma yang diusulkan memberi peluang unik bagi sektor otomotif KZN untuk mengintegrasikan dan mengoperasikan alat kualitas yang melengkapi gaya manajemen dan industrinya tuntutan.
19	2017	Kumara et.al. - Mendefinisikan, Mengukur, dan Menganalisis fase Six Sigma dapat sangat membantu dalam mengeksplorasi penerapan Six Sigma untuk mengklasifikasikan berbagai penyebab dan pengaruhnya yang bertanggung jawab atas pemborosan kapasitas di pembangkit listrik termal.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
20	2017	Laureani dan Antony - Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa (1) kepemimpinan merupakan persyaratan untuk penerapan Lean Six Sigma yang sukses dalam organisasi, dan penting untuk mempertahankan peningkatan dan (2) Lean Six Sigma adalah alat pengembangan kepemimpinan yang efektif. Kepemimpinan adalah faktor penting untuk kesuksesan Lean Six Sigma dan ada kebutuhan untuk mengembangkan model kepemimpinan baru yang mencakup sifat kepemimpinan yang dibutuhkan untuk Lean Six Sigma.	
21	2017		Nadeau - Pendekatan-pendekatan Lean Six Sigma telah diterapkan terutama pada basis yang sangat terlokalisasi untuk proses yang terkait dengan pengajaran atau untuk layanan seperti pembiayaan, pemrosesan data, dan pemeliharaan gedung. Beberapa tantangan yang diangkat tidak diketahui di luar lingkungan universitas. Kompleksitas universitas, kesulitan menafsirkan pengertian seperti klien, nilai tambah, dan hubungan antara pengajaran dan penelitian, membuat penerapan pendekatan ini menjadi sulit. Sementara beberapa hasil terukur yang tersedia menunjukkan bahwa mereka menjanjikan, dampaknya masih harus ditentukan.
22	2017	Sahu et.al. - Lean Six Sigma adalah metodologi yang mengandalkan upaya tim kolaboratif untuk meningkatkan kinerja dengan membuang limbah secara sistematis; menggabungkan lean manufacturing/lean perusahaan dan Six Sigma untuk menghilangkan delapan jenis pemborosan. Menggunakan metode Lean Six Sigma ini dan mengimplementasikan dalam proses dan budaya kerja lapangan dan membuat output yang menguntungkan dan memaksimalkan sumber daya dengan cara yang aman. Adanya bantuan metode DMAIC ini dapat mengurangi tumpahan.	
23	2016	Antony et.al. - Integrasi Lean dan Six Sigma penting karena Lean berfokus pada peningkatan aliran informasi dan materi antara langkah-langkah dalam proses dan Six Sigma bekerja untuk meningkatkan transformasi nilai tambah yang terjadi dalam langkah-langkah proses. Perpaduan yang tepat antara alat Lean dan Six Sigma berguna pada satu masalah karena itu tergantung pada sifat dari masalah spesifik yang sedang dipecahkan.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
24	2016	Bhat et.al. - Tujuannya tercapai dalam proyek saat ini melalui metodologi SS. Berada di bawah keterbatasan, akibat penerapan Six Sigma di UMKM, pengerjaan ulang berkurang sebagian besar. Pendekatan DMAIC akan membantu menyelesaikan masalah. Jadi dengan mengatasi akar penyebab pengerjaan ulang, tingkat sigma untuk tikungan samping pelat naik dari tingkat sigma 2,9 ke tingkat sigma 3,2. Ketika tingkat sigma naik, produktivitas organisasi naik. Penerapan SS membantu mengurangi kesalahan. Ini juga membantu para pekerja untuk bekerja dalam suasana yang lebih bersahabat. Pendekatan DMAIC akan membantu menyelesaikan masalah.	
25	2016	Cherrafi et.al. - Penelitian ini memberikan banyak kontribusi pada tubuh lean/Six Sigma dan integrasi keberlanjutan. Ini adalah upaya pertama untuk meninjau ukuran sampel besar makalah yang meningkatkan keandalan temuan kami. Selain itu, banyak masalah ditangani yang belum tercakup dengan baik di masa lalu seperti pendorong dan hambatan, manfaat integrasi, dan CSF untuk integrasi lean, Six Sigma, dan keberlanjutan. Diharapkan studi ini akan menginspirasi penelitian dan eksplorasi lebih lanjut di bidang keberlanjutan dan lean/Six Sigma.	
26	2016	Desai - Temuan utama menunjukkan bahwa model konseptual memiliki kredibilitas yang lebih besar dan tren bergerak menuju pembangunan model matematika serta pengujian. Sebagian besar teknik canggih digunakan untuk analisis data dalam studi empiris dan peningkatan selanjutnya dalam pengujian hipotesis diamati. Ini adalah salah satu studi unik yang menjelaskan LSS secara komprehensif dan memberikan kontribusi tinjauan literatur yang luas. Tinjauan yang dikategorikan yang dilakukan dalam penelitian akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang keadaan penelitian yang ada dalam disiplin tersebut. Terlepas dari banyaknya literatur yang tersedia di LSS di antara jurnal yang dipertimbangkan dalam ulasan ini; topik ini masih dalam pengembangan dan menawarkan peluang potensial untuk penelitian dan aplikasi lebih lanjut.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
27	2016	Nayar et.al. - Prinsip umum Lean Six Sigma yang diterapkan dalam penelitian ini untuk mengembangkan rekomendasi guna meningkatkan manajemen pengobatan bagi veteran perawatan ganda berlaku untuk setiap proyek peningkatan proses atau desain ulang dan memiliki pelajaran berharga bagi VAMC lain yang ingin meningkatkan perawatan untuk pasien veteran perawatan ganda mereka.	
28	2016	Nie - Hasilnya menunjukkan bahwa manajemen Six Sigma dapat menganalisis faktor-faktor pengaruh utama secara efektif untuk kecelakaan kualitas utama tambang batubara bawah tanah dan pengukuran yang ditargetkan dirumuskan untuk memastikan keselamatan dan manfaat tambang batubara.	
29	2016	Yuan et.al. – Upaya dalam meningkatkan efisiensi ekonomi, Lean Six Sigma diadopsi dalam analisis dan peningkatan konsumsi menengah, yang berdasarkan itu, PIMAISC diusulkan untuk membuat model analisis ilmiah dan sistematis untuk pengurangan konsumsi menengah. Melalui PIMAISC, konsumsi medium diturunkan dari 2,17kg/t menjadi 0,59kg/t dengan contoh pabrik pemisahan batubara X. Hasilnya menunjukkan bahwa model tersebut dapat digunakan secara kuantitatif dan kualitatif untuk menganalisis permasalahan mendasar dari konsumsi menengah yang lebih tinggi. Pendekatan pengendalian konsumsi media saat ini dapat lebih ditingkatkan dari dua aspek berikut, 1) mengintegrasikan pendekatan dengan pemikiran ramping dan alat, dan 2) mengintegrasikan pendekatan dengan teori dan metode statistik yang ketat untuk peningkatan proses, yang akan menjadi penelitian di masa depan.	

No	Tahun	Penelitian Yang Berpengaruh	Penelitian Yang Tidak Berpengaruh
30	2016	Swarnakar dan Vinodh - Hasil dari penelitian ini adalah bahwa kerangka kerja LSS telah berhasil diimplementasikan dalam organisasi manufaktur komponen otomotif, dan aktivitas yang tidak menambah nilai serta cacat dari jalur perakitan telah berkurang. Kerangka LSS yang diusulkan menerapkan alat ramping dalam pendekatan Six Sigma DMAIC untuk memfasilitasi penghapusan pemborosan dan pengurangan cacat. Kerangka kerja yang dikembangkan dengan keterkaitan alat dan teknik DMAIC mengurangi cacat dan aktivitas yang tidak menambah nilai dengan hasil garis bawah yang ditingkatkan. Penerapan kerangka kerja LSS yang diusulkan menunjukkan peningkatan yang efektif dalam metrik utama.	

Menurut Patel dan Patel (2020); Rathilall dan Singh (2018) Six Sigma merupakan metodologi dan strategi bisnis yang digunakan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan meningkatkan hasil yang maksimal. Menurut Barot et.al. (2020); Smeytkowska dan Mrugalska (2018) metodologi six sigma digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi dan mengurangi penolakan produk yang disebabkan oleh adanya kecacatan pada produk. Pada hal ini, metodologi six sigma digunakan untuk mengurangi pemborosan (dalam hal waktu) dan memungkinkan proses menjadi lebih efisien. Menurut Antony et.al (2017) six sigma berfokus pada penyempurnaan proses, pengurangan variabilitas, dan untuk mendapatkan hasil yang sama setidaknya 99,9997 persen dari waktu. Pada industri pertambangan, masalah yang sering terjadi adalah tumpahan material batu bara dan debu batu bara yang mana memengaruhi kualitas batu bara. Pada musim hujan lumpur batubara akan terbentuk dan saat musim panas dan dingin debu batubara terbentuk dan mencemari lingkungan. Penerapan Six Sigma direkomendasikan untuk diterapkan di industri pertambangan.

Menurut Yuan (2016); Sahu et.al. (2017); Laureani (2017); Li et.al. (2019) Lean Six Sigma merupakan model manajemen dengan mempertimbangkan kualitas dan kecepatan, dan tingkat konsumsi menengah yang digunakan untuk mengevaluai kualitas dan nilai. Konsumsi media yang tinggi menunjukkan bahwa ada pembelotan dan pemborosan kualitas. Untuk menghilangkan pemborosan dan mengurangi pembelotan, prinsip lean six sigma masuk akal untuk diterapkan ke industri pertambangan. Salah satu pemborosan yang terjadi di industri pertambangan yaitu pembangkit listrik yang memiliki Coal Handling Plant yang digunakan untuk mengangkut batubara dari titik penerima ke boiler. Pada kegiatan tersebut, akan ada begitu banyak pemborosan dan konsumsi daya ekstra. Maka dari itu, penerapan six sigma direkomendasikan untuk diterapkan di industri pertambangan.

Menurut Galli et al. (2018);Kaswan et al. (2020) Pendekatan LSS adalah metodologi populer untuk meningkatkan peluang bisnis dalam kepuasan pelanggan, biaya dan kecepatan proses untuk manufaktur. Menurut Antony et al. (2017); Bhat et al. (2020); Costa et al. (2018) dengan kombinasi pemikiran Lean dan Six Sigma (SS), LSS adalah metodologi terkenal untuk menyediakan solusi perbaikan proses yang kuat. Lean Six Sigma adalah sistem untuk meningkatkan cara-cara di mana bisnis beroperasi (baik dalam bisnis inti dan dalam organisasi pendukung). Lean Six Sigma harus menyadari faktor ekonomi dan lingkungan eksternal di mana organisasi bersaing. Penerapan Six Sigma direkomendasikan untuk diterapkan di industri pertambangan.

Menurut Smeytkowska dan Mrugalska (2018); Swarnakar dan Vinodh (2016); Nie (2016) penerapan Six Sigma DMAIC, yang merupakan salah satu metode peningkatan kualitas yang digunakan dalam konsep Six Sigma, dapat meningkatkan efektivitas sekaligus memberikan reaksi yang memadai atas masalah yang muncul. Kelijia et.al. (2018); Kharub et.al. (2018); Costa et.al. (2018) mengemukakan bahwa penggunaan

teknik yang efektif dan sederhana yang diusulkan dalam metodologi Six Sigma membuka jalan untuk meningkatkan proses produksi yang optimal, seperti peta proses umum, tabel deteksi cacat, dan berbagai ukuran pengukuran kapabilitas proses, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dalam proses organisasi. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi dan mengkategorikan faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi dan fungsi. Sehingga, penerapan Six sigma dalam industri pertambangan direkomendasikan untuk diterapkan.

Menurut Suseno dan Ashari (2022); Fananda dan Prasetyo (2021); Suryapradana dan Halim (2021) Six Sigma adalah metodologi yang digunakan untuk dapat mengetahui penyebab masalah utama yang terjadi dalam suatu proses. Menurut Sahu et.al. (2017); Desai (2016); Laureani dan Antony (2017); Kumara et.al (2017) six sigma dapat digunakan untuk mengkalsifikasikan penyebab masalah dan menganalisis perbaikan-perbaikan yang dapat diimplementasikan. Penerapan six sigma direkomendasikan untuk diterapkan di industri pertambangan.

Menurut Bryne et.al. (2021); Bhargava dan Gaur (2020); Kumara et.al. (2018); Cherrafi et.al. (2016); Nayar et.al. (2016); Nie (2016) metodologi lean six sigma memiliki potensi untuk mengatasi dan meningkatkan pemahaman proses dan menyediakan metodologi dan perangkat untuk membantu akar masalah yang efektif dan implementasi tindakan korektif. Menerapkan metodologi six sigma mampu meningkatkan tingkat kualitas dan tingkat kinerja suatu proses. Menurut Rathilall dan Singh (2018); Nadeau (2017) metodologi six sigma memiliki tingkat keberhasilan yang rendah untuk mempertahankan transisi dari teori ke praktik. Pendekatan-pendekatan Lean Six Sigma telah diterapkan terutama pada basis yang sangat terlokalisasi untuk proses yang terkait dengan pengajaran atau untuk layanan seperti pembiayaan, pemrosesan data, dan pemeliharaan gedung. Hasil penerapan metodologi six sigma ini belum memberikan dampak yang signifikan.

Menurut Arcidacono dan Pieroni (2019); Chiarini dan Kumar (2020) menemukan metodologi baru Lean Six Sigma 4.0, dan telah membuktikan bahwa metodologi ini mampu mengoptimalkan proses penyediaan layanan, mengurangi pemborosan sumber daya, sekaligus meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan. Terlepas dari tujuan yang sama untuk peningkatan efisiensi dan integrasi rantai pasokan, penelitian tentang hubungan sinergis antara Industri 4.0 dan Lean Six Sigma masih dalam tahap awal. Studi menyimpulkan bahwa penerapan teknologi yang murni tidak akan menghasilkan perbaikan dan hasil yang berkelanjutan; praktik lean dapat bertindak sebagai pendahulu implementasi Industri 4.0. penerapan six sigma direkomendasikan untuk diterapkan di industri pertambangan.

Dari beberapa jurnal yang telah direview, six sigma memiliki pengaruh dalam kegiatan operasional perusahaan di berbagai industri. Penerapan six sigma atau lean six sigma terbukti dapat mengurangi kecacatan pada produk, meningkatkan kualitas, meningkatkan kepuasan pelanggan dan pelayanan pelanggan, mengurangi waktu siklus, dan mengurangi pemborosan yang terjadi pada suatu proses. Pada industri pertambangan penerapan metode six sigma mampu mengurangi jumlah losses time sehingga adanya peningkatan produktivitas terhadap kinerja produksi dan kegiatan produksi menjadi lebih efektif dan efisien serta energi yang digunakan dapat dioptimalkan (Suryapradana dan Halim, 2021). Selain itu, adanya penerapan lean six sigma juga mampu mengurangi konsumsi sumber daya melalui metode PIMAISC dengan menggunakan 2 metode pendekatan mengintegrasikan pemikiran ramping dan alat serta teori dan metode yang ketat untuk peningkatan proses (Yuan et.al., 2016). Metode six sigma atau lean six sigma dapat diimplementasikan di industri pertambangan dalam proses dan budaya kerja lapangan dan membuat output (hasil) yang menguntungkan dan maksimal dari sumber daya dengan cara yang aman.

Terdapat beberapa hasil penelitian yang menunjukkan bahwa metode six sigma kurang tepat untuk diterapkan atau diadopsi. Hal ini disebabkan oleh suatu organisasi atau perusahaan memiliki tingkat keberhasilan yang rendah dalam menerapkan metode six sigma, karena adanya kesulitan dalam mempertahankan transisi dari teori ke praktiknya. Selain itu, ada beberapa tantangan atau hambatan yang akan ditemui saat penerapan metode six sigma yaitu hal-hal yang tidak diketahui penyebabnya berasal dari eksternal, kompleksitas masalah, dan hasil yang menunjukkan bahwa dampak penerapan masih harus ditentukan atau belum ada dampak yang signifikan. Tantangan itu meliputi; 1) pemimpin puncak yang lebih memperhatikan produksi daripada manajemen tidak dapat berpartisipasi dalam berimplementasi, 2) manajemen sebagian besar bergantung pada pengalaman, standarisasi tidak memadai dan model

manajemen sangat berbeda, 3) kurangnya pelatihan untuk karyawan dan model baru tidak dapat diterima dengan mudah, 4) ketidakcukupan data lapangan bertentangan dengan analisis kuantitatif, 5) peningkatan tidak dapat ditibakukan dan diterapkan pada unit lain.

Six sigma menerapkan pendekatan terstruktur untuk mengelola aktivitas perbaikan, yang diwakili oleh Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) yang digunakan dalam perbaikan proses atau Define-Measure-Analyze-Design-Verify (DMADV) yang digunakan dalam desain produk atau jasa perbaikan. Kedua prosedur ini didasarkan pada (Zu et.al., 2008):

Praktik	Deskripsi Domain dan Contoh Teknik
Dukungan manajemen puncak	Manajemen puncak menerima tanggung jawab atas kualitas dan dievaluasi berdasarkan kinerja kualitas. Manajemen berpartisipasi dalam upaya peningkatan kualitas dan membuat strategi dan tujuan untuk peningkatan kualitas.
Hubungan pelanggan	Kebutuhan dan harapan pelanggan dinilai. Pelanggan terlibat dalam proyek peningkatan kualitas. Kepuasan pelanggan diukur. Terdapat kontak dekat dengan pelanggan utama.
Hubungan pemasok	Sejumlah kecil pemasok digunakan. Pemasok terlibat dalam pengembangan produk dan proyek peningkatan kualitas. Pemasok dievaluasi berdasarkan kualitas. Organisasi menyediakan pelatihan pemasok dan bantuan teknik
Manajemen tenaga kerja	Karyawan terlibat dalam keputusan kualitas. Karyawan dievaluasi berdasarkan kinerja kualitas mereka dan kontribusi mereka terhadap kualitas diakui dan dihargai. Manajer mendorong kerja tim. Terdapat pelatihan tentang QM untuk manajer dan karyawan.
Informasi berkualitas	Data berkualitas tersedia untuk manajer dan karyawan. Ada upaya untuk mengumpulkan data berkualitas tepat waktu. Data berkualitas digunakan untuk perbaikan.
Desain untuk produk/jasa	Ada review menyeluruh sebelum produksi. Tim desain melibatkan orang-orang dari berbagai fungsi seperti manufaktur, pemasaran, departemen pembelian. Desain dan standarisasi yang disederhanakan didorong untuk manufakturabilitas.
Manajemen proses	Ada penekanan pada desain proses kesalahan-bukti. Ada penggunaan yang konsisten dari kontrol proses statistik, pemeliharaan preventif. Manajer dan karyawan berupaya menjaga kebersihan lantai toko dan memenuhi jadwal.
Struktur peran Six Sigma	Organisasi menggunakan sekelompok spesialis perbaikan yang dikembangkan melalui program pelatihan dan sertifikasi Six Sigma. Spesialis peningkatan diklasifikasikan dengan peringkat yang berbeda berdasarkan keahlian mereka. Spesialis digunakan dengan peran dan tanggung jawab kepemimpinan khusus dalam tim perbaikan.
Prosedur perbaikan struktur Six Sigma	Ada penekanan pada mengikuti prosedur standar dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek perbaikan atau proyek desain. Tim menerapkan alat dan teknik QM yang sesuai sebagaimana dalam setiap langkah prosedur terstruktur.
Six Sigma fokus pada metrik	Metrik kuantitatif digunakan untuk mengukur kinerja proses dan kinerja kualitas produk, dan menetapkan tujuan proyek. Ukuran kinerja tingkat bisnis dan harapan pelanggan terintegrasi dengan ukuran kinerja tingkat proses.

Sigma bersama-sama menawarkan seperangkat alat yang dapat digunakan di pertambangan untuk meningkatkan efisiensi. Lebih penting lagi, bagaimanapun, metode dapat diterapkan untuk mengubah

bisnis dengan mendorong budaya keunggulan dalam manajemen senior yang memiliki pemahaman yang baik tentang nilai yang baik dan bagaimana memperkirakannya. Lean adalah cara berpikir, sebuah filosofi dengan fokus pada manusia, yang bertujuan terutama untuk meningkatkan orang yang pada gilirannya akan melakukan pekerjaan luar biasa untuk meningkatkan proses. Six Sigma memberikan metode manajemen ilmiah dan menstabilkan proses. Pada titik ini, perlu disebutkan bahwa terlalu fokus hanya pada satu dari metode ini dengan cepat menyebabkan kegagalan. Tujuannya bukanlah metode itu sendiri, tetapi hasil yang ingin kita capai. Lebih penting lagi, implementasi yang efektif dari metode keunggulan ini sebagian besar bergantung pada mediator berkualitas yang mengetahui industri pertambangan dan dapat menyesuaikan diri dengan cepat terhadap bisnis yang sulit ini. Tidak ada yang dapat menggantikan spesialis berpengalaman yang memahami pentingnya peningkatan bisnis yang konstan dan pelatihan karyawan. Ini diperlukan untuk mendapatkan pandangan luas dari sistem dan memanfaatkan data dengan tepat untuk pengambilan keputusan. Perusahaan pertambangan Jerman RAG AG adalah contoh penerapan pemikiran Lean yang bagus. Kegiatan yang ditujukan untuk menghilangkan kerugian dan membuat proses standar dimulai di sana pada tahun 2000 dengan slogan “Tanpa Kecelakaan dan 100 Persen Nilai Tambah”. Pedoman pemrosesan ramping untuk program ini adalah: - Menciptakan nilai dari sudut pandang pelanggan, - Melihat keseluruhan aliran nilai, - Prinsip tarikan untuk proses, - Aliran tersinkronisasi, - Pencarian kesempurnaan. (Kesek, et.al., 2019)

Contoh bagus lainnya dari Lean di industri pertambangan adalah KGHM Polska Miedź – salah satu produsen tembaga dan perak terbesar di dunia. Cara Manajemen Lean KGHM dimulai pada tahun 2011 dengan program “Adaptasi dan implementasi metodologi Lean di tambang tembaga”, yang memiliki 5 area: - Lean Mining, - Kaizen -ide karyawan, - Total Productive Maintenance, - pendekatan proses, - pemodelan dan simulasi. Contoh alat Lean yang diimplementasikan di departemen tambang cooper bawah tanah, di Heavy Machines Chamber adalah: - KPI pemeliharaan baru: MTTF, MTTR dan MTBF, - standarisasi prosedur perbaikan - daftar pemeriksaan untuk proses perbaikan, - katalog suku cadang yang diminta. - pedoman pelabelan baru untuk Heavy Machines Chamber. Setelah penerapan alat TPM di departemen pemrosesan bijih, perusahaan meningkatkan proses mereka dengan sangat baik. Pada Gambar 3, ada contoh pengurangan tingkat kegagalan dari 4 filter press di departemen pemrosesan bijih. Contoh keuntungan lain dari penerapan Lean di departemen pemrosesan bijih KGHM: - penghapusan rantai konveyor sistem dedusting crusher, sehingga mencapai tingkat kesalahan nol, - pengurangan waktu berhenti total sebesar 11%, termasuk yang direncanakan sebesar 8 %, tidak direncanakan sebesar 45%, - peningkatan pipa hisap - perpanjangan tiga kali lipat dari operasi bebas masalah. (Kesek, et.al., 2019)

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki penerapan metode six sigma pada industri pertambangan dengan menggunakan metode literature review. Six sigma adalah metodologi yang membantu meminimalkan kesalahan. Six sigma adalah ukuran statistik yang meningkatkan akurasi dalam produksi, layanan, dan proses, sekaligus berfungsi sebagai alat pengukuran. Penerapan six sigma pada industri pertambangan mampu mengurangi jumlah losses time sehingga ada peningkatan pada produktivitas dan kegiatan produksi menjadi lebih efektif dan efisien, serta energi yang digunakan dapat dioptimalkan. Namun, metode six sigma kurang tepat diterapkan karena adanya kesulitan dalam implementasinya. Kesulitan tersebut dapat disebabkan oleh adanya masalah yang berasal dari eksternal, kompleksitas masalah, dan dampak yang belum signifikan. Pertumbuhan yang mengesankan dalam hal artikel yang berkaitan dengan Lean Six Sigma telah ditemukan dalam dekade terakhir. Telah diketahui bahwa Lean Six Sigma adalah metodologi untuk perbaikan menyeluruh dalam organisasi, termasuk organisasi jasa. Penulis percaya bahwa artikel ini akan membantu mengembangkan pemahaman awal tentang Lean, Six Sigma, dan Lean Six Sigma dan memberikan wawasan penelitian tentang Lean Six Sigma kepada para pemula seperti mahasiswa, peneliti, dan profesional tingkat pemula.

Secara umum, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti artikel-artikel yang digunakan dicari dengan kata kunci “Lean”, “Six Sigma”, “Lean Six Sigma” dalam judul artikel dan dari penerbit Emerald Insight, Springer, Wiley dan Sage, Elsevier, Research Gate, dan Taylor dan Francis. Meskipun artikel dengan fokus pada Lean Six Sigma sudah ada atau diterbitkan, artikel yang relevan bisa saja terlewatkan karena keterbatasan metodologi pencarian dan keterbatasan aksesibilitas penulis ke artikel. Penelitian masa depan di bidang lean six sigma membutuhkan studi terkait untuk menyatukan model lean six sigma yang berbeda dalam literatur saat ini dan yang sudah ada dan juga untuk memahami faktor-faktor penentu implementasi dan adopsi lean six sigma di berbagai organisasi. Tema lain dari penelitian lean six sigma adalah kebutuhan untuk memahami prioritas pendukung karena mereka sangat penting dan dampaknya terhadap pengukuran kinerja perusahaan. Peneliti dan praktisi lean six sigma harus bertujuan untuk mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dalam praktek lean six sigma diterapkan dalam organisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kadim. (2017). *PENERAPAN MANAJEMEN PRODUKSI & OPERASI DI INDUSTRI MANUFAKTUR*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(7), 1073–1093. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>
- Arcidiacono, G., & Alessandra, P. (2018). The revolution Lean Six Sigma 4.0. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8, 141. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.1.4593>
- Barot, R. S., Patel, J., Sharma, B., Rathod, B., Solanki, H., & Patel, Y. (2020). Lean six sigma feasibility and implementation aspect in cast iron foundry. *Materials Today: Proceedings*, 28, 1084–1091. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.087>
- Barzegar Keliji, P., Shabani Diz Abadi, B., & Abedini, M. (2018). Investigating readiness in the Iranian steel industry through six sigma combined with fuzzy delphi and fuzzy DANP. *Decision Science Letters*, 465–480. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2018.1.001>
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012034>
- Bhat, S., & Jose, M. (2016). *Process and Productivity Improvement through Six Sigma: A Case Study at Production Industry*. 6, 32–39. <https://doi.org/10.5923/c.jmea.201601.07>
- Byrne, B., McDermott, O., & Noonan, J. (2021). Applying Lean Six Sigma Methodology to a Pharmaceutical Manufacturing Facility: A Case Study. *Processes*, 9(3), 550. <https://doi.org/10.3390/pr9030550>
- 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. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 32(13), 1084–1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 122–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Deachen Angmo, & Dr. Suman Kant. (2015). Six Sigma Implementation in Healthcare Industry: Past, Present and Future. *International Journal of Engineering Research And*, V4(06). <https://doi.org/10.17577/IJERTV4IS060950>
- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520–529. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>

- Galli, B., & Kaviani, M. (2018). The Impacts of Risk on Deploying and Sustaining Lean Six Sigma Initiatives. *International Journal of Risk and Contingency Management (IJRCM)*, 7. <https://doi.org/10.4018/IJRCM.2018010104>
- Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2020). Investigating the enablers associated with implementation of Green Lean Six Sigma in manufacturing sector using Best Worst Method. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(4), 865–876. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01827-w>
- Kharub, M., Sharma, G., Sahoo, S., & Professor, A. (2018). Investigating the Cause of Poor Efficiency in Thermal Power Plant-A Six-Sigma based Case Study. *CVR Journal of Science & Technology*, 14. <https://doi.org/10.32377/cvrjst1415>
- Kumar, P., Tewari, P. C., & Khanduja, D. (2017). Six Sigma application in a process industry for capacity waste reduction: A case study. *Management Science Letters*, 423–430. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.6.004>
- Laureani, A., & Antony, J. (2019). Leadership and Lean Six Sigma: a systematic literature review. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(1–2), 53–81. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1288565>
- Li, N., Laux, C. M., & Antony, J. (2019). How to use lean Six Sigma methodology to improve service process in higher education. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(4), 883–908. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2018-0133>
- Makwana, A. D., & Patange, G. S. (2021). A methodical literature review on application of Lean & Six Sigma in various industries. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 19(1), 107–121. <https://doi.org/10.1080/14484846.2019.1585225>
- Nadeau, S. (2017). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma in Higher Education: A Review of Experiences around the World. *American Journal of Industrial and Business Management*, 07(05), 591–603. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2017.75044>
- Nayar, P., Ojha, D., Fetrick, A., & Nguyen, A. T. (2016). Applying Lean Six Sigma to improve medication management. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 29(1), 16–23. <https://doi.org/10.1108/IJHCQA-02-2015-0020>
- Patel, A. S., & Patel, K. M. (2021). Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology. *International Journal of Lean Six Sigma*, 12(3), 627–674. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2020-0043>
- Rathilall, R., & Singh, S. (2018). A Lean Six Sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organisations. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 21(1). <https://doi.org/10.4102/sajems.v21i1.1852>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Suryapradana, I., & Halim, A. (2021). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DALAM MENINGKATKAN KINERJA OPERASIONAL DIVISI FIXED PLANT MAINTENANCE DI INDUSTRI PERTAMBANGAN PT BERAU COAL. *Sebatik*, 25(2), 335–344. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v25i2.1542>

- Swarnakar, V., & Vinodh, S. (2016). Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(3), 267–293. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0023>
- Yadav, G., & Desai, T. N. (2016). Lean Six Sigma: a categorized review of the literature. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2015-0015>
- Yuan, Q., Yin, X., Jia, S., & Li, Z. (2016). A new approach of controlling medium consumption with applications in coal mining industry. *International Journal of Performability Engineering*, 12, 173–182.