

ANALISIS PENERAPAN SIX SIGMA DALAM PENGENDALIAN KUALITAS GREEN SUPPLY CHAIN PENYALURAN MINYAK SOLAR

Dewi Safitriani¹⁾, Kris Adi Nugraha²⁾, dan Anggun Irmawanti³⁾

^{1,2,3}Teknologi Rekayasa Logistik, Politeknik Sinar Mas Berau Coal

^{1,2,3}Jalan Raja Alam 2, Kelurahan Sei Bedungun, Kecamatan Tanjung Redeb, Kabupaten Berau 77311, Kalimantan Timur
E-mail: dewisafitriani@polteksimasberau.ac.id¹⁾, krisadi@beraucoal.co.id²⁾, anggunirmawanti.tr118@gmail.com³⁾

ABSTRAK

PT Nusantara Samudera Gemilang sebagai perusahaan jasa *repair* dan *maintenance* kapal memiliki beberapa aktivitas operasional yang dibutuhkan yaitu mulai dari *sandblasting* kapal, pengecatan kapal, perawatan dan pengoperasian mesin, transportasi, penerimaan dan distribusi. Minyak solar adalah bahan bakar yang memiliki peran penting sebagai *support system* berjalannya aktivitas tersebut. Dari proses penyaluran minyak solar yang dilakukan setiap hari, ditemukan tumpahan minyak solar rata-rata sebanyak 5%. Agar dapat menciptakan *green supply chain* berkualitas, maka sangat perlu adanya pengendalian kualitas pada proses. Pengendalian dilakukan agar dapat menciptakan *green supply chain* yang berkualitas tanpa adanya cacat pada proses. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pengendalian kualitas dengan metode *six sigma* pada aktivitas penyaluran minyak solar di PT Nusantara Samudera Gemilang. Untuk mengetahui jenis cacat pada proses atau aktivitas penyaluran minyak solar di PT Nusantara Samudera Gemilang yang harus dioptimalkan untuk dilakukan perbaikan. Penelitian ini menggunakan metode *six sigma* dengan pembahasan yang dilakukan menggunakan DMAIC. Pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* dan melakukan kajian mengenai kendala pada proses atau aktivitas penyaluran minyak solar yang harus dioptimalkan untuk dilakukan perbaikan, kemudian metode pembahasan menggunakan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) pada *six sigma*. Hasil dari proses aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang pada periode Oktober 2021 sampai dengan Desember 2021 adalah sebesar 3,8 sigma dengan tingkat kerusakan 30000 per satu juta proses. Adapun jenis cacat pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang yang ditemukan adalah terjadinya tumpahan minyak solar.

Kata Kunci: *Green Supply Chain, Six Sigma, DMAIC, Minyak Solar, Pengendalian Kualitas*

1. PENDAHULUAN

Di era industri saat ini, *green supply chain management* merupakan bagian dari kompetensi global. Setiap industri dituntut menjalankan peran dalam menjaga lingkungan dengan mengurangi limbah dan polusi, sehingga menyebabkan munculnya *green supply chain management* dalam penerapan strategi rantai pasok. *Green Supply Chain Management* (GSCM) mengharuskan agar industri dalam menjalankan aktivitas operasional dapat meningkatkan keseimbangan antara kinerja operasional perusahaan dengan isu lingkungan seperti pengurangan polusi dan limbah sebagai usaha peningkatan strategi kompetitif. GSCM adalah pendekatan strategis yang membantu perusahaan mengintegrasikan kepedulian lingkungan kedalam aktivitas rantai pasok pada perusahaan/industri melalui dari desain hingga pembuangan (Sukarya *et al.*, 2023).

Manajemen rantai pasok mempunyai peran penting dalam perbaikan dan penerapan keunggulan bersaing bagi perusahaan (Febriana, Palit & Ardiansyah, 2022). Manajemen rantai pasok bertujuan untuk mengoordinasikan kegiatan dalam rantai pasok untuk memaksimalkan keunggulan kompetitif dari rantai pasokan bagi konsumen akhir. Rantai pasokan

tradisional terdiri dari lima bagian: bahan baku, industri, distribusi, konsumen dan limbah dan bahaya lain terhadap lingkungan. Mulai dari tahap konsep sampai dengan barang dihancurkan, selalu terdapat pemakaian sumberdaya secara berlebihan yang mengakibatkan total ongkos logistik menjadi lebih tinggi serta berimbas terhadap kelestarian lingkungan (*green supply chain management*).

Green supply chain management memaksa banyak perusahaan untuk memperbaiki kinerja produksi secara terus menerus dengan memenuhi peraturan lingkungan (Febriana, Palit & Ardiansyah, 2022). Setiap perusahaan perlu memperbaiki jaringan kinerja atau meningkatkan *supply chain* untuk mereduksi limbah. Perusahaan harus mempertimbangkan pengaruh lingkungan dari semua produk dan proses, termasuk dampak lingkungan yang dipengaruhi oleh semua barang/produk ataupun jasa mulai dari bahan baku hingga barang atau jasa tersebut sampai ke tangan konsumen. Berdasarkan data dari Pusat Badan Statistik (2021) pencemaran lingkungan hidup yaitu pencemaran air dan pencemaran tanah di Indonesia dari tahun 2014 hingga tahun 2018 terus meningkat dengan jumlah kasus peningkatan masing-masing 8.786 menjadi 16.847 kasus dan 1.301 menjadi 3.200 kasus.

Dari data pencemaran lingkungan yang terus mengalami peningkatan di Indonesia, maka hal ini menjadi perhatian penting di sektor khususnya industri untuk dapat mewujudkan *green supply chain* pada setiap aktivitas rantai pasoknya. GSCM merupakan sebuah inovasi dalam penerapan strategi rantai pasok yang didasarkan dalam konteks lingkungan yang mencakup aktivitas-aktivitas seperti reduksi, *recycle*, *reuse* dan substitusi material. Sehingga dalam perspektif lingkungan, GSCM didasarkan pada pengurangan limbah dampak lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan rantai pasok perusahaan industri.

Aktivitas operasional yang terjadi di PT Nusantara Samudera Gemilang sebagai perusahaan jasa *repair* dan *maintenance* kapal berjalan secara berkelanjutan. Beberapa aktivitas operasional yang dilakukan yaitu mulai dari kegiatan *sandblasting* kapal, pengecatan kapal, perawatan kapal dan pengoperasian mesin, *maintenance* galangan, transportasi, penerimaan dan distribusi. Seluruh aktivitas operasional yang dilakukan, minyak solar adalah bahan bakar (*fuel*) yang memiliki peran penting sebagai *support system* berjalannya aktivitas tersebut, dimana minyak solar akan disalurkan oleh logistik kesetiap unit yang digunakan.

Pada proses penyaluran minyak solar tidak selalu lancar dan aman dalam setiap waktunya. Dari proses penyaluran minyak solar yang dilakukan setiap hari, rata-rata ditemukan adanya tumpahan minyak solar. Akibat dari kelalaian *fuelman*, minyak solar tumpah dan mencemari tanah. Minyak solar yang tumpah berarti tidak berada pada tempatnya dikategorikan sebagai limbah B3 yang akan menjadi polutan berbahaya dalam pencemaran tanah dikarenakan minyak solar mengandung belerang (sulfur) dengan kadar yang cukup tinggi. Tumpahan dari minyak solar dapat merusak lapisan tanah, air tawar, hewan dan manusia. Jika keadaan tersebut terus dibiarkan maka PT Nusantara Samudera Gemilang tidak akan dapat menjalankan *Green Supply Chain Management* dalam penerapan strategi rantai pasok.

Perusahaan harus memberikan perhatian penting terhadap kondisi dan dampak buruk lingkungan yang timbul akibat tumpahan minyak solar yang terus terjadi. Kualitas lingkungan adalah bagian dari kualitas *green supply chain management*, oleh karena itu masalah lingkungan harus diperbaiki oleh setiap perusahaan untuk mewujudkan *green supply chain*. Kualitas atau mutu adalah kesesuaian antara suatu kondisi keadaan yang diharapkan oleh pihak yang berkepentingan. Jika kualitas lingkungan perusahaan telah sesuai dengan mutu atau syarat yang telah distandarkan, maka perusahaan secara otomatis telah mewujudkan *green supply chain*. Oleh karena itu, perlu dilakukan dilakukan suatu usaha agar bisa menekan terjadinya proses cacat sehingga tidak melewati syarat atau batas standar kualitas yang telah ditetapkan. Dengan menerapkan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) pada *six sigma*

diharapkan dapat mengidentifikasi dan menemukan masalah yang terjadi, penyebab dan solusi dari permasalahan yang ditemukan dan dapat membawa usaha pada tingkat kecacatan proses terendah atau bahkan dapat mengupayakan hingga mencapai tingkat kerusakan nol (*zero defect*) sehingga dapat menghasilkan *green supply chain* yang maksimal pada PT Nusantara Samudera Gemilang.

2. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini membahas mengenai kajian pengendalian kualitas *green supply chain* pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara dan objek yang diamati hanya pada aktivitas penyaluran minyak solar dari *fuel tank* ke unit yang membutuhkan minyak solar. Pengendalian kualitas menggunakan metode *six sigma* dan melakukan kajian mengenai kendala pada proses atau aktivitas penyaluran minyak solar yang harus dioptimalkan untuk dilakukan perbaikan, kemudian metode pembahasan menggunakan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) pada *six sigma*.

3. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini data berupa laporan jumlah proses dan jumlah cacat dari aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang melalui wawancara. Metode analisis data menggunakan metode *six sigma* yang terdiri dari *Define, Measure, Analyze, Improve dan Control* (DMAIC). Six Sigma merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* yang merupakan suatu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus-menerus secara radikal untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma (Juwito dan Al-Faritsyi, 2022). Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahap yaitu identifikasi masalah, studi literatur dan studi lapangan, penetapan tujuan, pemetaan aktivitas, identifikasi jenis cacat pada penyaluran minyak solar, perancangan kuesioner, Pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan kesimpulan.

3.1 Siklus DMAIC

Penerapan *project-project Six Sigma* untuk meningkatkan kinerja organisasi eksisting dilaksanakan dengan menerapkan siklus 5 fasa yang di sebut dengan DMAIC. DMAIC adalah siklus peningkatan kinerja proses yang didasarkan atas data yang terkumpul. Langkah-langkah yang dilakukan dalam siklus DMAIC sebagai berikut

1. *Define* Menetapkan sistem, menangkap suara pelanggan serta keinginan pelanggan, dan menetapkan sasaran yang ingin dicapai secara spesifik.

2. *Measure* Melakukan pengukuran kinerja pada proses yang sedang berlangsung dan mengumpulkan data yang relevan
3. *Analyze* Melakukan analisis pada data yang telah dikumpulkan dan mencari hubungan antardata tersebut untuk menemukan *root cause* dari *defect* yang terjadi
4. *Improve* Melakukan optimalisasi proses eksisting berdasarkan hasil analisis data
5. *Control* Melakukan pengendalian pada proses yang telah dioptimalisasi untuk memastikan hasil yang diinginkan tercapai.

Define (tahap pendefinisian) merupakan langkah pertama dalam pendekatan *six sigma*. Tahap *define* merupakan tahap pendefinisian masalah kualitas dalam produk, pada tahap ini yang menjadikan produk mengalami cacat didefinisikan penyebabnya (Mabrur dan Budiharjo, 2021). Pada tahap ini dilakukan identifikasi pelanggan dan kebutuhannya, definisi kebutuhab spesifik melalui CTQ dan definisi pernyataan tujuan pengendalian kualitas pada aktivitas penyaluran minyak solar. Tahap *define* adalah tahap untuk mendefinisikan permasalahan yang didapat dari hasil pengolahan data cacat pada kegiatan penyaluran bahan baku (Sumasto, Satria and Rusmiati, 2022). Penyebab paling signifikan terhadap adanya kerusakan yang merupakan sumber kegagalan produksi dengan cara mengidentifikasi masalah standar kualitas dalam menghasilkan produk yang telah ditentukan perusahaan, problem statement yaitu deskripsi singkat masalah yang perlu ditangani dan peningkatan kualitas lean six sigma yang ditetapkan berfokus pada upaya peningkatan kualitas menuju ke arah *zero defect* sehingga memberikan kepuasan total kepada pelanggan.

Measure (pengukuran) merupakan tindak lanjut dari langkah *define* dan merupakan sebuah jembatan untuk langkah berikutnya yaitu *Analyze*. Pada tahap pengukuran (*measure*) dilakukan pengukuran level sigma, stabilitas proses dan kapabilitas proses (Mabrur dan Budiharjo, 2021). Tahap *measure* dapat dilakukan dengan menentukan karakteristik kualitas kunci (CTQ), pengukuran kinerja pada tingkat *output*. Dalam pengukuran ini digunakan rumus DPMO (*Defect per Million Opportunity*) yang kemudian dikonversikan pada tabel *true six sigma*. Selanjutnya dilakukan perhitungan DPMO dan *sigma* yang diharapkan disesuaikan dengan standar toleransi yang di tetapkan. Dalam pengukuran tingkat kinerja juga dilakukan pengukuran dengan menggunakan peta kendali P untuk mengetahui apakah produk cacat yang dihasilkan masih dalam batas kendali atau tidak. Perhitungan peta kendali P, standar deviasi produk cacat dan batas kendali atas

dan batas kendali bawah yang digunakan rumus sebagai berikut:

$$CL = P = \frac{\sum nP}{\sum n} = \frac{\sum \text{produk/proses cacat yang dihasilkan}}{\sum \text{produk/proses yang diperiksa}} \quad (1)$$

Kemudian perhitungan standar deviasi produk cacat sebagai berikut:

$$SP = \sqrt{\frac{P(1 - P)}{n}} \quad (2)$$

Selanjutnya perhitungan terhadap batas kendali atas dan batas kendali bawah sebagai berikut:

$$UCL = P + (1SP) \quad (3)$$

$$LCL = P - (1SP) \quad (4)$$

Dimana P adalah proposi rata-rata kecacatan, np adalah jumlah kecacatan, n adalah jumlah produk yang diperiksa, UCL adalah batas kendali atas, LCL adalah batas kendali bawah, I adalah standar deviasi perusahaan, dan Sp adalah standar deviasi sampel pengamatan.

Analyze (analisis) mulai masuk pada hal-hal yang lebih detail, meningkatkan pemahaman terhadap proses dan masalah, serta mengidentifikasi akar masalah. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui akar permasalahan dan menentukan sebab akibat dari permasalahan tersebut (Sumasto, Satria and Rusmiati, 2022). Pada langkah ini, pendekatan *Six Sigma* menerapkan *statistical tool* untuk memvalidasi akar permasalahan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui seberapa baik proses yang berlangsung dan mengidentifikasi akar permasalahan yang mungkin menjadi penyebab timbulnya variasi dalam proses. Dalam tahap ini akan menggunakan diagram *fishbone* guna untuk mengetahui sebab akibat permasalahan penyebab kecacatan dalam aktivitas penyaluran minyak solar. Tahap ini melakukan pencarian faktor-faktor penyebab terjadinya kecacatan dan mengetahui faktor apa saja yang menjadi penyebab cacat produksi (Bernik dan dwi, 2019). Tahap *analyze* pada penelitian ini melakukan analisis stabilitas dan kemampuan proses, menentukan target kinerja dari karakteristik kualitas kunci, dan menentukan dan mengidentifikasi akar penyebab dan sumber-sumber masalah kualitas dengan menggunakan *fishbone diagram*.

Improve (tahapan perbaikan) akan dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma* terhadap produk atau proses (Lestari *et al.*, 2022). Setelah sumber dan akar penyebab masalah diidentifikasi, maka akan dilakukan tindakan perencanaan untuk meningkatkan kualitas. Pada tahap *analyze* telah diidentifikasi jenis cacat, oleh karena

itu pada tahap ini dilakukan penetapan rencana tindakan yang akan kepada jenis cacat. Pada tahap ini menggunakan metode 5W+2H yang terdiri dari *what* (apa), *why* (mengapa), *where* (dimana), *when* (kapan), *who* (siapa), *how* (bagaimana) dan *how much* (berapa).

Control merupakan tahap analisa akhir dari proses *six sigma*, dimana pada tahap ini berfokus terhadap tindakan dan pengawasan pada rencana tindakan peningkatan kualitas yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa hasil-hasil yang diinginkan. *Control* bertujuan untuk mengetahui dampak dari upaya peningkatan kualitas terhadap turunnya produk atau proses cacat sehingga tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan. Pada tahapan akhir yaitu tahapan control maka dilakukan rencana perbaikan yang akan dilakukan atau pembuatan skenario penurunan kecacatan setelah mengimplementasikan usulan perbaikan yang telah disusun pada tahapan *improve* sehingga dapat terjadi perbaikan secara berkelanjutan (Bernik dan dwi, 2019).

3.2 Green supply chain management (GSCM)

Peningkatan pertumbuhan ekonomi juga menyebabkan peningkatan konsumsi energi dan mineral yang berkontribusi terhadap permasalahan lingkungan dan persediaan sumberdaya. Perusahaan perlu melakukan perubahan di dalam menghadapi persaingan dan regulasi untuk menyeimbangkan kinerja ekonomi dan lingkungan. Isu lingkungan ini menjadi perhatian bersama untuk mulai menerapkan konsep-konsep penghijauan (*green concept*) diberbagai bidang industri dikarenakan manfaatnya yang sangat besar. *Green supply chain management* (GSCM) secara formal didefinisikan sebagai koordinasi rantai pasok dalam bentuk mengintegrasikan kepedulian lingkungan dan mempertimbangkan aktivitas antar organisasi (Advotics, 2021). GSCM merupakan konsep mengintegrasikan pemikiran lingkungan ke dalam manajemen rantai pasokan, termasuk produk desain, sumber dan pemilihan bahan, proses manufaktur, pengiriman produk akhir ke konsumen serta pengelolaan akhir produk setelah masa pemakaiannya.

Kerangka kerja GSCM terdiri dari drivers (penggerak/pendorong), barriers (penghambat), practices (praktik rantai pasok hijau/GSCP) dan performance (kinerja) (Advotics, 2021). Drivers (penggerak) adalah simulator yang memotivasi atau terkadang memaksa perusahaan untuk mengadopsi praktik *green supply chain practices* (GSCP). Faktor penggerak ini di peroleh melalui peraturan pemerintah yang merupakan salah satu faktor penggerak yang memotivasi perusahaan untuk mengadopsi GSCP. Faktor pendorong lainnya yaitu kesadaran pelaku rantai pasokan di perusahaan salah satu yaitu operasional perusahaan. Faktor pendorong atau penggerak yang kuat akan menghasilkan implementasi GSCP yang lebih cepat dan kuat pula sedangkan jika suatu perusahaan tidak mampu menanggapi kekuatan pendong dengan cepat makan mengakibatkan ancaman

terhadap keberadaan perusahaan/industri tersebut. Ketidakmampuan perusahaan/industri dikarenakan beberapa hambatan yang menghambat proses implementasi GSCM. Beberapa hambatan (*barrier*) terjadi diakibatkan kurangnya pengetahuan tentang pengetahuan lingkungan, kurangnya kesadaran organisasi akan lingkungan, perlunya biaya untuk mengganti ke sistem yang baru, biaya untuk merubah design menjadi eco-design, masalah keuangan, kurangnya pendukung dari top manajemen, kurangnya kolaborasi dari setiap departemen, kurangnya control dari setiap pelaku rantai pasok, takut akan terjadinya kesalahan, kurangnya dukungan dari pemerintah, ketidakpastian pasar, kurangnya komitmen dari pelaku rantai pasokan. Untuk mencapai kesuksesan dalam mempraktikkan GSCP maka perusahaan perlu berkolaborasi dengan mitra atau pelaku rantai pasokan termasuk pemasok, pelanggan, serta penyedia layanan logistik, pemasok memainkan peran penting dalam rantai pasokan dari hulu dan berkontribusi untuk mencapai tujuan lingkungan perusahaan. Pelanggan memainkan peranan penting dalam rantai pasokan dari hilir dan profitabilitas perusahaan sebagian besar tergantung pada pelanggan. Pemasok dan pelanggan terdapat penyedia jasa logistik yang juga berperan penting dalam menjaga jaringan rantai pasok dari hulu ke hilir. Tindakan dan perilaku pemasok, pelanggan dan perusahaan penyedia layanan logistik memiliki konsekuensi terhadap lingkungan. Kolaborasi antara kebutuhan dan pemasok, pelanggan dan mitra pelayanan untuk mensukseskan implementasi GSCP. Faktor GSCP bisa terdiri dari pengguna kembali, daur ulang, *reverse* logistics, simbiosis diantara perusahaan, praktek e-co innovation, teknologi dan sistem informasi hijau, desain hijau atau eco-design, carbon manajemen, kolaborasi lingkungan dengan supplier, kolaborasi lingkungan dengan pelanggan, kolaborasi lingkungan dengan penyedia jasa logistik., implementasi ISO 14000, ada internal manajemen, adanya pengadaan hijau, manufaktur hijau, kemasan hijau dan pergudangan hijau (Advotics, 2021).

Dalam mengembangkan GSCM ada 4 alur hubungan yaitu hulu, hilir, aktivitas internal organisasi dan siklus tertutup dari *supply chain*. Rantai pasok dapat digambarkan dari setidaknya empat arus dan hubungan perspektif, hulu, hilir, kegiatan organisasi internal dan penutupan *loop* rantai pasokan atau *reverse* logistik. kegiatan hulu melalui aliran dan hubungan akan mencakup pembelian dan pengadaan topik termasuk menyediakan *outsourcing*, penjualan, audit, manajemen dan seleksi, kolaborasi pemasok dan pengembangan pemasok. Proses hulu dan hilir sama dengan *supply chain management* (SCM) yang membedakan dalam mengelola arus, hubungan dan sumber daya di dalam batas-batas unit yang berdiri sendiri atau organisasi sebuah perusahaan. Akhir dari siklus GSCM juga berfokus terhadap akhir hidup produk atau material yang pada akhirnya akan dikonsumsi kembali ke dalam sistem

melalui daur ulang, *remanufacturing*, reklamasi, dan *reverse logistics*.

3.3 Losses Distribution

Dalam menyalurkan atau mendistribusikan minyak solar ke konsumen atau pengguna aktif. Logistik PT Nusantara Samudera Gemilang sering mengalami susut/*losses* minyak solar yang dapat menyebabkan kerugian secara finansial dan berdampak terhadap lingkungan. *Losses* adalah perbedaan antara minyak solar yang tersedia dengan minyak solar yang terpakai. Perbedaan jumlah tersebut dikarenakan adanya minyak solar yang susut atau *losses*.

Energi susut atau *losses* adalah sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran energi mulai gardu induk atau gardu distribusi sampai dengan konsumen (Ariyanti, 2019). Hal tersebut diakibatkan oleh dua faktor yaitu faktor teknik dan non teknik. *Losses* teknik merupakan susut yang di sebabkan oleh sifat material/peralatan minyak solar itu sendiri yang sangat bergantung dari kualitas dan bahan dari material/peralatan yang digunakan. *Losses* non teknik merupakan susut yang terjadi karena kesalahan membaca meter, pencurian, kesalahan memasukan data, terjadinya tumpahan dan lain-lain yang penyebabnya bukan karena sifat dari bahan material atau peralatan penyaluran atau pendistribusian minyak solar. *Losses* pada minyak solar dapat diketahui dengan menghitung nilai selisi yang terjadi. Rumus yang dapat digunakan sebagai berikut:

$$\text{Losses} = \text{Jumlah Minyak yang Masuk} - \text{Jumlah Minyak solar yang keluar} \quad (3.3)$$

3.4 Metode Six Sigma

Six sigma merupakan *quality improvement tools* yang berbasis pada penggunaan data dan statistik. Istilah “*Sigma*” merupakan huruf Yunani σ yang digunakan untuk besaran Deviasi Standar (*standar Deviation*) atau simpangan baku pada ilmu statistik. Deviasi standar dapat didefinisikan sebagai rata-rata perbedaan nilai sampel terhadap nilai rata-rata data. Secara tidak langsung deviasi standar menggambarkan besarnya keberagaman sampel hasil pengukuran. Semakin besar nilai deviasi standar di dapatkan, semakin besar pula keragaman sampel, demikian sebaliknya (Soemohadiwidjojo, A. T. 2017). Prinsip dasar *six sigma* adalah perbaikan produk dengan melakukan perbaikan pada proses sehingga proses tersebut menghasilkan produk yang sempurna. *Project-project six sigma* berorientasi pada kinerja jangka panjang melalui peningkatan mutu untuk mengurangi jumlah kesalahan, dengan sasaran target kegagalan nol (*zero defect*) pada kapabilitas proses sama dengan atau lebih dari 6-sigma dalam pengukuran standar deviasi. Untuk level 6-sigma, dengan deviasi standar 99,9997% dari nilai target yang diinginkan, maka peluang kegagalan atau produk cacat (*defect*) setara dengan 3,4 *defect* dari 1 juta peluang.

Metode *six sigma* merupakan salah satu strategi bisnis yang dianggap mampu meningkatkan dan mempertahankan keunggulan operasional perusahaan (Rimantho and Mariani, 2017). Metode *six sigma* bertujuan untuk mendekati kesempurnaan, mencapai kestabilan yang menjadikan perusahaan harus mampu meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan serta meminimalkan cacat produk (Al-Faritsy and Sitorus, 2022). Pendekatan *six sigma* digunakan untuk mengidentifikasi hal-hal yang berkaitan dengan penanganan *error* dan pengerjaan ulang produk yang akan menghasilkan biaya, waktu, mengurangi peluang mendapatkan pendapatan, dan mengurangi kepercayaan pelanggan.

3.5. Defect per Millon Oppurtunity (DPMO)

Defect adalah kegagalan untuk memberikan apa yang diinginkan oleh pelanggan, sedangkan *defect Per Oppurtunities* (DPO) merupakan ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas *six sigma*, yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per satu kesempatan, dengan formulasi perhitungan sebagai berikut:

$$DPO = \frac{\text{Banyaknya cacat yang ditemukan}}{\text{Banyaknya unit yang diperiksa} \times \text{Jumlah CTQ}} \quad (4)$$

Dimana DPO adalah *defect per Oppurtunities* diperoleh dari banyaknya cacat yang ditemukan dibagi dengan jumlah banyaknya unit yang diperiksa dikali dengan jumlah CTQ yaitu peluang terjadinya produk cacat. Besarnya DPO ini apabila dengan konstanta 1.000.000 akan menjadi DPMO = DPO x 1.000.000.

Defect per Million Oppurtunity (DPMO) merupakan suatu kegagalan yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan per sejuta kesempatan (Cundara, Kifta dan Setyabudhi, 2020). Di dalam program peningkatan kualitas *six sigma* target 3.4 DPMO diinterpretasikan dalam satu unit produksi terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari satu karakteristik CTQ adalah 3.4 kegagalan per satu juta kesempatan.

Dari nilai *defect per Million Oppurtunity* (DPMO) jika dikonversikan ke nilai sigma dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel dengan rumus perhitungan konversi *defect per Million* (DPMO) untuk menghitung nilai kapanilitas sigma sebagai berikut:

$$DPMO = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - DPMO)}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (5)$$

Dimana DPMO adalah *defect per million Oppurtunities*,

4. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan metode *six sigma* yang terdiri dari *define, measure, analyze, improve* dan *control*.

4.1 Define

Tahap *Define* adalah tahap pertama dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang.

Langkah pertama dalam *define* yaitu mendefinisikan kriteria pemilihan aktivitas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel.1 Data jumlah aktivitas penyaluran minyak solar pada PT Nusantara Samudera Berlian periode Bulan Juli 2021

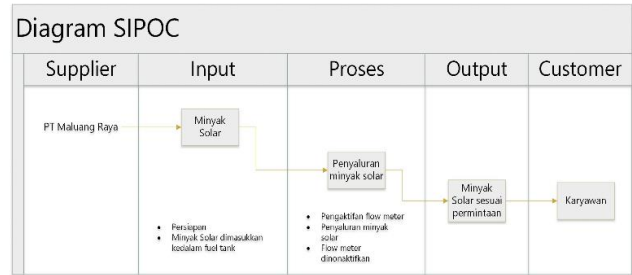
No	Tanggal	Jumlah Aktivitas Penyaluran	Jumlah pengeluaran (liter)
1	Kamis, 01 Juli 2021	1	100
2	Jumat, 02 Juli 2021	3	796
3	Sabtu, 03 Juli 2021	6	360
5	Senin, 05 Juli 2021	3	694
6	Selasa, 06 Juli 2021	5	593
7	Rabu, 07 Juli 2021	1	681
.	.	.	.
92	Kamis, 30 September 2023	5	242
Total		221	28.439

Berdasarkan data terbaru pada periode 1 Juli sampai dengan 30 September 2021 terdapat pengeluaran minyak solar sebanyak 28.439 liter. Langkah berikutnya menentukan peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang terlihat dalam proyek *six sigma* yaitu Direktur operasional, supervisor HSE, Supervisor Logistik, staff HSE, staff logistik dan karyawan. langkah selanjutnya menentukan kebutuhan pelatihan dari orang-orang yang terlibat dalam proyek *six sigma* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Kebutuhan Pelatihan

No	Jenis Pelatihan	Peserta Pelatihan
1	Memberikan pelatihan yang dapat menambah pengetahuan mengenai manfaat dari penggunaan metode <i>six sigma</i> yang berguna untuk meningkatkan kualitas produksi	Direktur operasional, supervisor HSE, supervisor logistik, staff HSE, staff Logistik, dan karyawan
2	Memberikan pelatihan berkaitan dengan penerapan dalam proyek <i>six sigma</i> yaitu perhitungan DPMO, peta kendali, diagram pareto dan diagram tulang ikan	Direktur operasional, supervisor HSE, supervisor logistik
3	Mengontrol dan mengawasi tenaga kerja yang ada pada saat proses produksi apakah sesuai dengan standar yang ada atau belum.	Direktur operasional, supervisor HSE, supervisor logistik, staff HSE, staff Logistik
4	Memberikan pelatihan mengenai peningkatan kinerja pada saat proses produksi yaitu bekerja sesuai dengan standar yang sudah ditentukan sehingga tidak terjadi kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh kelalaian dari tenaga kerja.	Direktur operasional, supervisor HSE, supervisor logistik, staff HSE, staff Logistik, dan karyawan

Pendefinisian proses kunci dilakukan dengan menggunakan diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output dan Customer*) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram SIPOC

Berdasarkan diagram SIPOC dapat dicari permasalahan yang menyebabkan cacat melebihi batas toleransi 3% berdasarkan hasil diskusi dan kesepakatan penulis dengan pihak manajemen perusahaan. Oleh sebab itu penelitian ini di fokuskan pada rangkaian proses penyaluran minyak solar. Selanjutnya tahap pendefinisian kebutuhan spesifik melalui CTQ di peroleh dari konsumen terhadap kualitas produk yang dihasilkan, agar tidak ada cacat pada proses produksi yang tidak diinginkan seperti terjadinya tumpahan minyak solar.terjadinya tumpahan minyak solar adalah jenis cacat dimana kesalahan atau tidak kesesuaian pada proses penyaluran minyak solar yang mengakibatkan minyak solar tumpah atau berada pada tempat yang tidak seharusnya. Tujuan utama dari pengendalian kualitas pada proses penyaluran minyak solar adalah untuk meminimalisir proses cacat pada penyaluran minyak solar yang dihasilkan, bisa menjadi dibawah batas toleransi yaitu 3% bahkan dapat membawa perusahaan pada tingkat kecacatan terendah sehingga dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

4.2 Measure

Tahap Measure adalah langkah kedua dalam peningkatan kualitas Six Sigma. Penentuan karakteristik kualitas berdasarkan kondisi kecacatan fisik yang terjadi selama ini diperusahaan dan dikuatkan dengan wawancara yang dilakukan dengan bagian logistik dan quality control dikarenakan bagian ini yang lebih mengetahui secara teknik karakteristik kualitas dan kecacatan yang terjadi pada saat penyaluran solar/fuel. Dua hal yang dilakukan pada tahap ini sebagai berikut.

1. Menentukan karakteristik kualitas kunci (CTQ)

Tahap ini menentukan karakteristik kualitas kunci (CTQ) dengan melakukan penentuan karakteristik kualitas kunci yang membuat proses penyaluran minyak solar yang dilakukan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan konsumen yaitu terjadinya tumpahan minyak solar : minyak solar tumpah, tercecer atau berada ditempat yang tidak semestinya. Hasil CTQ terjadinya tumpahan minyak solar sebesar 21.500 liter dengan

jumlah ditemukan aktivitas *defect* sebesar 161 dari jumlah aktivitas penyaluran sebesar 198. Untuk memperoleh jumlah *defect* dalam satuan liter terhadap minyak solar berdasarkan jumlah aktivitas *defect* yang terjadi maka dilakukan perhitungan terhadap *losses* yang terjadi pada penyaluran minyak solar. Perhitungan terhadap *losses* yang terjadi pada minyak solar sebagai berikut:

Losses = Jumlah Minyak Solar Masuk – Jumlah Minyak Solar Keluar

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= 22.622 \text{ liter} - 21.500 \text{ liter} \\ &= 1.122 \text{ liter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan *losses* minyak solar, diketahui bahwa jumlah total minyak solar yang *loss* dalam aktivitas atau proses penyaluran minyak solar dalam hal ini sebagai jumlah *defect* proses (dalam satuan liter) terhadap minyak solar yaitu sebanyak 1.122 liter (per 3 periode). Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap jumlah biaya yang hilang dari total minyak solar yang *losses* pada aktivitas penyaluran minyak solar, yaitu dengan mengalkulasikan rata-rata harga beli minyak solar (selama 3 periode yaitu bulan Oktober sampai dengan bulan Desember) dikalikan dengan total minyak solar yang *losses* sebagai berikut:

Biaya hilang = rata-rata harga beli minyak solar x total minyak solar yang *loss*

$$\begin{aligned} \text{Biaya hilang} &= \text{Rp } 7.200 \times 1.122 \text{ liter} \\ &= \text{Rp } 8.078.400 \end{aligned}$$

Jadi, jumlah biaya yang hilang dari total minyak solar yang *loss* pada aktivitas penyaluran minyak solar yaitu sebesar Rp 8.078.400.

2. Mengukur *baseline* kinerja pada tingkat *output*

Pengukuran kinerja pada tingkat *output* dilakukan agar dapat mengetahui sejauh mana proses atau aktivitas yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan yang diharapkan konsumen. Permasalahan yang terjadi pada aktivitas penyaluran minyak solar adalah proses cacat yang dihasilkan sudah mencapai 5%. Pengukuran pada tingkat *output* juga bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja dari proses aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang berada pada tingkat mana. Dalam pengukuran ini digunakan rumus DPMO (*Defect per Million Opportunity*) yang kemudian dikonversikan pada tabel *true six sigma*. Hasil perhitungan DPMO dan nilai *six sigma* dari aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang periode 4 Oktober 2021 – 30 Desember 2021 dapat dilihat pada Tabel 3 dan konversi *six sigma* berdasarkan pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan DPMO dan Konversi *Sigma* Berdasarkan Data Pengamatan

Periode	Jumlah pengeluaran minyak solar (a)	Losses (b)	CTQ	Proposi (%)	DPMO	Sigma
4 Oktober - 30 Desember 2021	21.500 liter	1.122 liter	1	5	52.186	3,12

Tabel 4 Tabel Konversi *six sigma* berdasarkan data pengamatan

Sigma	DPMO
3,11	53,699
3,12	52,616
3,13	51,551

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO diketahui bahwa proses penyaluran minyak solar dari bulan Oktober – Desember 2021 memiliki DPMO rata-rata 52.186 per satu proses dengan tingkat *sigma* sebesar 3,12. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja aktivitas/proses masih perlu dilakukan perbaikan kualitas untuk mencapai kesempurnaan. Untuk menghindari pembengkakan biaya produksi dan menekan proses cacat maka perlu dilakukan penanganan yang tepat dan cepat.

Selanjutnya tabel perhitungan DPMO dan *sigma* yang diharapkan oleh aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang disesuaikan dengan standar toleransi yang ditetapkan yaitu 3%. Aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang pada periode Oktober – Desember 2021 dengan batas toleransi 3% memiliki tingkat *sigma* sebesar 3,38 dengan DPMO rata-rata 30.000 per satu juta proses yang dapat dilihat pada tabel 5. Jika dibandingkan dengan batas toleransi yang sudah ditetapkan yaitu 3% aktivitas penyaluran minyak solar dengan nilai *sigma* 3,12 bisa mencapai tingkat *sigma* yaitu 3,38.

Tabel 5 Perhitungan DPMO dan Konversi *Sigma* Berdasarkan Data Pengamatan

Periode	Jumlah pengeluaran minyak solar (a)	Losses (b)	CTQ	Proposi (%)	DPMO	Sigma
4 Oktober - 30 Desember 2021	21.500 liter	1.122 liter	1	3	30.000	3,38

Tabel 6 Tabel Konversi *six sigma* berdasarkan data pengamatan

Sigma	DPMO
3,37	30,742
3,38	30,054
3,39	29,379

Dalam pengukuran tingkat kinerja dari usaha juga dilakukan pengukuran dengan menggunakan peta kendali P untuk mengetahui apakah proses catat yang dihasilkan masih dalam batas kendali atau tidak. Peta kendali P digunakan dalam penelitian ini difokuskan pada proporsi jumlah proses cacat yang dihasilkan oleh aktivitas/proses penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang dengan angka standar deviasi 1. Hasil perhitungan peta kendali P dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan peta kendali P

Periode	Jumlah pengeluaran minyak solar (a)	Losses (b)	Proporsi	CL	UCL	LCL
4 Oktober - 30 Desember 2021	21.500 liter	1.122 liter	5%	0,052	0,053	0,050

Berdasarkan perhitungan peta kendali diketahui bahwa proses penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang sudah berada pada batas kendali tengah. Namun demikian perlu dilakukan perbaikan pada proses penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang agar dapat mencapai batas toleransi yang sudah ditetapkan yaitu 3%, aktivitas penyaluran minyak solar dengan nilai σ 3,12 bisa mencapai tingkat σ yaitu 3,38. Dengan demikian perlu dilakukan tahap berikutnya yaitu tahap *analyze* untuk menganalisis dan menemukan sumber masalah yang menyebabkan kecacatan proses pada aktivitas penyaluran minyak solar.

4.3 Analyze

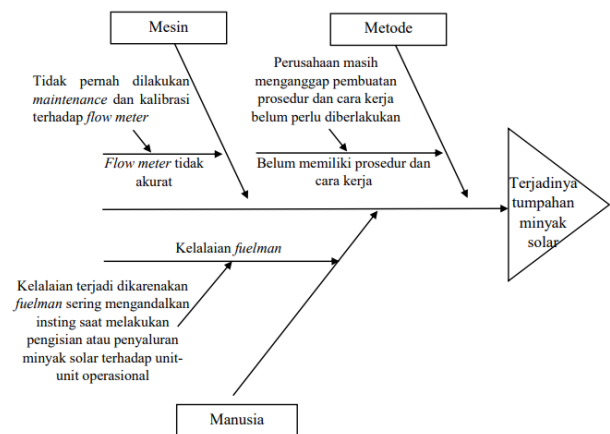
Tahap ketiga dalam peningkatan kualitas *sig* sigma adalah *Analyze*. *Analyze* stabilitas dan kemampuan proses dilakukan untuk melihat jenis kecacatan produk atau CTQ dan kemudian mengurutkan dari frekuensi yang tertinggi ke frekuensi terendah. Dalam penelitian ini, hanya terdapat 1 jenis cacat produk pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang yang terdiri dari jenis cacat terjadinya tumpahan minyak solar dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Frekuensi Kecacatan

Jenis cacat produk	Frekuensi cacat produk	Frekuensi kumulatif cacat produk	Presentase cacat produk	Presentase kumulatif
Terjadinya tumpahan minyak solar	1.122	1122	5%	100%
Total	1.122			100%

Dari karakteristik kualitas kunci yang ada pada tabel 4.10 maka target perbaikan akan dilakukan terhadap jenis cacat proses yaitu terjadinya tumpahan minyak solar. Hal ini bertujuan agar dapat mengurangi total cacat proses yang dihasilkan oleh aktivitas penyaluran minyak

solar PT Nisantara Samudera Gemilang. Selanjutnya dalam proses *analyze* adalah tahap ketiga dimana pada tahap ini dilakukan analisis terhadap akar penyebab dan sumber-sumber masalah kualitas dengan menggunakan *fishbone diagram* dari jenis cacat proses pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang dan perbaikan akan dilakukan pada jenis cacat proses yaitu terjadinya tumpahan minyak solar. Diagram *fishbone* dapat membantu menemukan faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya cacat yang sama (Sumasto, Satria & Rusmiati, 2022). *Fishbone* diagram ini menemukan *root cause* (akar masalah) dari terjadinya problem cacat (Suseno & Alfin Ashari, 2022). Analisis jenis cacat proses dengan menggunakan *fish diagram* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Fishbone Diagram jenis cacat terjadinya tumpahan minyak solar

4.4 Improve

Pada tahap *improve*, akan dilakukan penetapan rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas Six Sigma terhadap *green supply chain* pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nisantara Samudera Gemilang. Setelah sumber dan akar penyebab masalah diidentifikasi, maka akan dilakukan tindakan perencanaan untuk meningkatkan kualitas. Pada tahap *Analyze* telah diidentifikasi jenis cacat yaitu terjadinya tumpahan minyak solar, oleh karena itu penetapan rencana tindakan yang akan dirancang ditujukan kepada jenis cacat tersebut. Tahap ini menggunakan metode 5W+2H yang terdiri dari *What* (apa), *Why* (mengapa), *Where* (dimana), *When* (kapan), *Who* (siapa), *How* (bagaimana) dan *How Much* (berapa). Dengan mengontrol produk cacat dilakukan dengan benar, keterampilan dan kesadaran operator harus ditingkatkan, pengawas bertanggungjawab terhadap produk cacat di setiap area (Al-Faritsy & Aprilian, 2022). Hasil dari metode 5W+2H akan dilakukan rencana tindakan terhadap jenis cacat ketidaksesuaian yaitu:

1. Melakukan *maintenance* secara berkala terhadap *flow meter*, untuk memastikan performa dari *flow meter* tetap baik, *flow meter* bekerja secara berkesinambungan, dan efisien dalam jangka panjang.
2. Membuat dan menetapkan prosedur dan cara kerja mengenai proses penyaluran minyak solar, untuk memastikan karyawan dapat bekerja sesuai dengan prosedur dan cara kerja mengenai proses penyaluran minyak solar yang telah ditetapkan sehingga akan mengurangi jenis cacat terjadinya tumpahan minyak solar.
3. Melakukan *briefing* sebelum memulai kegiatan pekerjaan untuk memastikan pekerja disiplin dan tidak meninggalkan pekerjaannya selama proses berlangsung, juga karyawan tidak lagi mengandalkan *insting* pada saat proses penyaluran minyak solar dilakukan sehingga akan mengurangi jenis cacat terjadinya tumpahan minyak solar.

4.5 Control

Tahap *Control* merupakan tahap analisis akhir dari proses *Six Sigma* dimana pada tahap ini fokus terhadap tindakan dan pengawasan pada rencana tindakan peningkatan kualitas yang telah dilakukan. *Control* bertujuan untuk mengetahui dampak dari upaya peningkatan kualitas terhadap turunnya proses aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang sehingga tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 3%. Alat *control* pada tindakan peningkatan kualitas terhadap aktivitas penyaluran minyak berdasarkan faktor penyebab dan rencana tindakan sebagai berikut:

1. Menjadikan standar kerja tentang peraturan mengenai kewajiban melakukan *maintenance* dan kalibrasi terhadap *flow meter* setiap 1 kali dalam 6 bulan. Memberikan standar perawaran yang baik sesuai dengan *manual book* yang terlebih dahulu ditentukan oleh bagian *maintenance* atau teknisi, dan melakukan program *total preventive maintenance* dengan menjadwalkan perawatan rutin, sigap dan cepat apabila mesin terjadi *breakdown* (Suryapradana & Halim, 2021).
2. Menjadikan standar kerja mengenai prosedur dan cara kerja terhadap proses penyaluran minyak solar, menghitung presentase cacat pada aktivitas penyaluran minyak solar yang di hasilkan apakah sudah berada pada batas toleransi yang ditetapkan yaitu 3%, dan menghitung tingkat *sigma* aktivitas penyaluran minyak solar seminggu sekali.
3. Menjadikan standar kerja tentang pemberian *briefing* pada awal kerja. Memberikan training dan pelatihan kemudian pengetahuan dengan SOP sebagai dasar untuk mengoperasikan mesin dengan benar sehingga operator mengerti apabila ada yang tidak normal pada mesin (Suryapradana & Halim, 2021).

5. KESIMPULAN

Penerapan metode *six sigma* terhadap kualitas *green supply chain* pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang menaikkan level dari 3,12 menjadi 3,38. Adapun jenis cacat proses pada aktivitas penyaluran minyak solar PT Nusantara Samudera Gemilang periode Oktober 2021 sampai dengan Desember 2021 yaitu terjadinya tumpahan minyak solar yang ditunjukkan oleh hasil olah data sebanyak 1.122 liter dari total jumlah pengeluaran minyak solar sebanyak 21.500 liter. Untuk dapat mengurangi kecacatan pada proses, maka perbaikan dilakukan terhadap jenis cacat proses tersebut agar dapat terlaksananya rantai pasok yang menjaga aspek lingkungan serta lebih efisien sehingga pada akhirnya akan memberikan penghematan dan efisiensi pada perusahaan.

6. SARAN

Melakukan *briefing* sebelum memulai kegiatan pekerjaan untuk memastikan pekerja disiplin, tidak mengandalkan insting dan tidak meninggalkan pekerjaannya selama proses berlangsung. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan melakukan perbandingan menerapkan dua metode yaitu TQM (*Total Quality Management*) dalam pengendalian kualitas.

7. DAFTAR PUSAKA

- Advotics (2021) *Solusi Manajemen Rantai Pasok*. Available at: <https://www.advotics.com/en/>.
- Al-Faritsy, A. Z. & Aprilian, C. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Tas Dengan Metode Six Sigma Dan Kaizen, *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(11), pp. 2733–2744.
- Al-Faritsy, A. Z. & Sitorus, M. F. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Metode Six Sigma Pada Pt Supra Matra Abadi Aek Nabara, *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6), pp. 1413–1428. Available at: <https://www.bajangjournal.com/index.php/JCI/article/view/1507/1045>.
- Ariyanti, R. F. (2019). Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA), *Industrial Engineering Online Journal*, 1(1), pp. 1–8. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/23259>.
- Bernik, M., Dwi Noviyanti, R. & Studi Manajemen, P. (2019). Penerapan Metode Six Sigma Dalam Upaya Pengendalian Kualitas Produk Pada Industri Kayu Olahan, *ISEI Business and Management Review*, III (2), pp. 57–63. Available at: <http://jurnal.iseibandung.or.id/index.php/ibmr>.
- Cundara, N., Kifta, D. A. & Setyabudhi, A. L. (2020). Perbaikan Kualitas Produk Coupling Menggunakan Metode Six Sigma pada PT. XYZ', *Jurnal Teknik Ibnu Sina*, 5(2), pp. 36–45. doi: 10.3652/jt-ibsi.v5i02.251.
- Febriana, W., Palit, J. & Ardiansyah, L. Y. (2022).

- Implementasi Green Supply Chain Management di PT. Narmada Awet Muda (Studi Kasus Pada PT. Narmada Awet Muda)', *JISHUM: Jurnal Ilmu Sosial*, 1(1), pp. 43–58. Available at: <https://journal.ikmedia.id/index.php/jishum/article/view/10%0Ahttps://journal.ikmedia.id/index.php/jishum/article/download/10/11>.
- Juwito, A. & Al-Faritsyi, A. Z. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Cacat Produk dengan Metode Six Sigma di UMKM Makmur Santosa, *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), pp. 3295–3315. Available at: <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>.
- Lestari, R. C. dkk. (2022). Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Dengan Implementasi Metode Lean Six Sigma (Studi Kasus Perusahaan PT. XYZ), *Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, 2(1), pp. 82–93.
- Mabrur, M. R. & Budiharjo, B. (2021). Analisa pengendalian kualitas produk keramik lantai dengan menggunakan metode six sigma di PT. Primarindo argatile, *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah*. Available at: <http://taguchi.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/view/16%0Ahttps://taguchi.lppmbinabangsa.id/index.php/home/article/download/16/19>.
- Rimantho, D. & Mariani, D. M. (2017). Penerapan Metode Six Sigma Pada Pengendalian Kualitas Air Baku Pada Produksi Makanan, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 16(1), p. 1. doi: 10.23917/jiti.v16i1.2283.
- Sukarya, E. dkk. (2023). Peran Mediasi Loyalty Employee dan Green Creativity yang Mempengaruhi GSCM Terhadap Competitive Advantage Pada Alfamart, *Journal of Trends Economics and Accounting Research*, 3(4), pp. 434–440. doi: 10.47065/jtear.v3i4.706.
- Sumasto, F., Satria, P. & Rusmiati, E. (2022). Implementasi Pendekatan DMAIC untuk Quality Improvement pada Industri Manufaktur Kereta Api, *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 8(2), pp. 161–170. doi: 10.30656/intech.v8i2.4734.
- 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), pp. 335–344. doi: 10.46984/sebatik.v25i2.1542.
- Suseno, O. & Alfin Ashari, T. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Base Plate Dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma (DMAIC) Pada Pt Xyz, *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6), pp. 1321–1332.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Nusantara Samudera Gemilang dan civitas Politeknik Sinar Mas Berau Coal atas dukungannya selama penelitian berlangsung.