



Terbit *online* pada laman web jurnal :  
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

**SAINSTEK**

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



# Metode Pelaksanaan Pembangunan TPS Limbah B3 Pada Fasilitas Industri Gas

Nedra Neswita<sup>a</sup>, Liwanri Sitinjak<sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri, Jl. R. Soeprpto No.14, Rengat 29318, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 30 Mei 2026

Revisi Akhir: 11 Juni 2026

Diterbitkan *Online*: 27 Juni 2026

## KATA KUNCI

Konstruksi industri gas

TPS Limbah B3

Pengendalian mutu

Keselamatan kerja

Containment

## KORESPONDENSI

HP:

E-mail: [nedra.neswita@gmail.com](mailto:nedra.neswita@gmail.com)

## ABSTRACT

Pembangunan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 pada fasilitas industri gas menuntut metode pelaksanaan yang mengintegrasikan aspek konstruksi, keselamatan kerja, pengendalian mutu, dan kepatuhan lingkungan. Penelitian ini menganalisis metode pelaksanaan pembangunan TPS Limbah B3 PT Transportasi Gas Indonesia di Duri 1 MS, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau, menggunakan pendekatan studi kasus deskriptif-kualitatif. Data diperoleh dari uraian pekerjaan, gambar kerja, dokumentasi lapangan, dan rujukan regulasi. Analisis dilakukan melalui identifikasi elemen kritis, sintesis tahapan konstruksi, dan penyusunan matriks mutu-risiko. Hasil kajian menunjukkan bahwa pekerjaan perlu disusun dalam delapan tahap: persiapan dan zonasi, pekerjaan tanah, pondasi dan sloof, lantai kedap dan *containment*, struktur dan dinding, atap dan kanopi, mekanikal-elektrikal serta perlengkapan, kemudian uji fungsi dan serah terima. Elemen kritis terdiri atas lantai kedap, *bundwall*, drainase pengendali tumpahan, ventilasi, proteksi listrik, *signage*, *pallet*, APAR, dan *eyewash*. Pengendalian mutu harus berbasis *inspection and test plan* dengan bukti verifikasi pada setiap *hold point*. Integrasi metode kerja, K3, dan persyaratan lingkungan meningkatkan keandalan fasilitas sekaligus menurunkan risiko kebocoran, genangan, kontaminasi silang, dan ketidakpatuhan dokumen. Temuan ini menegaskan bahwa TPS Limbah B3 memerlukan *method statement* khusus yang berbeda dari konstruksi gudang konvensional, dan dapat menjadi acuan bagi proyek sejenis di lingkungan industri berisiko tinggi.

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri gas menghasilkan aktivitas operasional yang berpotensi menimbulkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), antara lain dari pekerjaan pemeliharaan peralatan, penggantian komponen, penggunaan bahan kimia, pembersihan area, dan pengelolaan kemasan terkontaminasi. Limbah tersebut tidak dapat disimpan seperti limbah umum karena memiliki karakteristik mudah menyala, korosif, reaktif, toksik, atau berpotensi mencemari tanah dan air. Oleh sebab itu, penyimpanan sementara harus dilakukan pada fasilitas yang dirancang

secara khusus dan dikelola berdasarkan prinsip pencegahan pencemaran serta pengendalian risiko [4], [5]. Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 berfungsi sebagai fasilitas antara sebelum limbah dipindahkan kepada pengelola berizin. Fungsi ini menjadikan TPS Limbah B3 sebagai titik penting dalam rantai tata kelola limbah, karena kegagalan pada tahap penyimpanan dapat menimbulkan tumpahan, kebocoran, paparan uap berbahaya, reaksi antar limbah, atau kontaminasi area kerja. Dengan demikian, pembangunan TPS Limbah B3 tidak dapat dipandang sebagai pekerjaan gudang konvensional, melainkan sebagai konstruksi fasilitas keselamatan dan perlindungan lingkungan.

Pada konteks Duri 1 MS, Kelurahan Talang Mandi, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau, pekerjaan pembangunan TPS Limbah B3 berada dalam lingkungan fasilitas industri gas yang menuntut pengendalian kerja lebih ketat. Aktivitas konstruksi harus mempertimbangkan keterbatasan ruang kerja, pengaturan akses, izin kerja, pengendalian sumber api, potensi interaksi dengan operasi eksisting, dan kebutuhan dokumentasi mutu. Kondisi tersebut menyebabkan metode pelaksanaan harus sinkron dengan karakteristik teknis bangunan, prosedur keselamatan, dan regulasi lingkungan. Kajian metode pelaksanaan konstruksi umumnya membahas urutan kerja, kebutuhan tenaga kerja, material, peralatan, waktu, biaya, dan mutu [1]-[3]. Sementara itu, kajian pengelolaan limbah B3 lebih banyak menekankan aspek perizinan, karakteristik limbah, penyimpanan, pengangkutan, dan kepatuhan operasional. Kesenjangan muncul ketika kedua perspektif tersebut belum banyak dipadukan pada tahap konstruksi fasilitas TPS Limbah B3, khususnya pada proyek industri gas yang memiliki konsekuensi keselamatan dan lingkungan lebih tinggi. Berdasarkan kesenjangan tersebut, artikel ini menyajikan analisis terintegrasi mengenai metode pelaksanaan pembangunan TPS Limbah B3 PT Transportasi Gas Indonesia di Duri 1 MS. Fokus penelitian diarahkan pada sinkronisasi antara urutan konstruksi, elemen teknis *containment*, penataan area kerja, pengorganisasian sumber daya, pengendalian mutu, keselamatan kerja, dan pemenuhan regulasi. Kontribusi utama artikel adalah penyusunan kerangka pelaksanaan yang dapat digunakan sebagai acuan praktis bagi kontraktor dan pemilik proyek dalam membangun fasilitas penyimpanan limbah B3 yang aman, terukur, dan terdokumentasi. Rumusan masalah penelitian meliputi: (1) bagaimana tahapan metode pelaksanaan pembangunan TPS Limbah B3 yang sesuai dengan standar teknis dan regulasi; (2) elemen konstruksi apa yang paling menentukan keandalan fasilitas; dan (3) bagaimana strategi penataan area kerja, pengorganisasian sumber daya, serta pengendalian mutu yang diperlukan. Tujuan penelitian adalah menganalisis tahapan pelaksanaan, mengidentifikasi elemen kritis, dan merumuskan strategi pengendalian yang mendukung keberhasilan konstruksi TPS Limbah B3 pada fasilitas industri gas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Metode Pelaksanaan Konstruksi pada Proyek Berisiko

Metode pelaksanaan konstruksi merupakan rencana teknis yang menerjemahkan desain, spesifikasi, dan dokumen kontrak menjadi urutan kerja lapangan. Metode ini menjelaskan cara pekerjaan dilakukan, sumber daya yang digunakan, titik kendali mutu, kebutuhan alat, alur

material, serta prosedur keselamatan. Dipohusodo menempatkan metode pelaksanaan sebagai penghubung antara dokumen perencanaan, kondisi lapangan, dan kemampuan sumber daya proyek [1]. Ervianto menegaskan bahwa metode yang baik harus logis, aplikatif, dan mampu mengendalikan mutu, waktu, biaya, serta keselamatan [2], [3].

Pada proyek berisiko tinggi, metode pelaksanaan tidak cukup berfungsi sebagai pedoman produksi, tetapi juga sebagai instrumen mitigasi risiko. Kesalahan urutan pengecoran, kegagalan pemadatan, ketidaksesuaian material, atau lemahnya inspeksi dapat berpengaruh langsung pada keselamatan dan fungsi bangunan. Karena itu, metode pelaksanaan TPS Limbah B3 harus memuat hold point, kriteria penerimaan, bukti inspeksi, serta prosedur koreksi sebelum pekerjaan dilanjutkan ke tahap berikutnya.

### 2.2. Karakteristik TPS Limbah B3 dan Prinsip Containment

TPS Limbah B3 adalah fasilitas penyimpanan sementara yang harus mampu mencegah pencemaran dan mengendalikan bahaya selama limbah belum diangkut atau diolah oleh pihak berizin. Karakteristik utama fasilitas ini adalah adanya sistem *containment*, yaitu kemampuan bangunan untuk menahan, mengumpulkan, dan mengendalikan tumpahan agar tidak menyebar ke lingkungan. Sistem tersebut diwujudkan melalui lantai kedap, *bundwall*, drainase pengendali tumpahan, material yang tahan terhadap bahan kimia, pengaturan ventilasi, pemisahan jenis limbah, dan perlengkapan tanggap darurat.

Prinsip *containment* menyebabkan pekerjaan sipil, arsitektur, mekanikal-elektrikal, dan perlengkapan keselamatan saling berkaitan. Lantai yang tidak kedap dapat menyebabkan rembesan; drainase yang tidak terkendali dapat mengalirkan tumpahan ke luar area; ventilasi yang kurang memadai dapat memicu akumulasi uap; dan signage yang tidak jelas dapat meningkatkan kesalahan operasional. Dengan demikian, kualitas TPS Limbah B3 harus dinilai dari fungsi bangunan sebagai sistem pengendali risiko, bukan hanya dari penyelesaian fisik pekerjaan.

### 2.3. Kerangka Regulasi Pengelolaan Limbah B3

Kerangka regulasi utama dalam pengelolaan limbah B3 di Indonesia adalah PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Regulasi ini memuat pengaturan pengelolaan limbah B3 dan limbah non-B3 sebagai bagian dari upaya perlindungan lingkungan [4]. Pada tingkat operasional, Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 mengatur tata cara dan persyaratan pengelolaan limbah B3, termasuk

pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan [5]. Implikasi regulasi terhadap konstruksi adalah bahwa bangunan TPS harus mendukung kepatuhan sejak awal. Metode pelaksanaan perlu memastikan tersedianya fitur fisik yang diperlukan untuk penyimpanan aman, seperti area kedap, pengendali tumpahan, pemisahan area, penandaan bahaya, akses inspeksi, dan perlengkapan darurat. Oleh karena itu, pemenuhan regulasi tidak hanya terjadi pada tahap operasi, tetapi harus dibangun melalui keputusan teknis selama konstruksi.

**2.4. Pengendalian Mutu dan K3 pada Fasilitas Industri Gas**

Pengendalian mutu konstruksi TPS Limbah B3 harus diarahkan pada elemen yang menentukan keandalan containment. Pemeriksaan material, verifikasi tulangan dan bekisting, uji slump, benda uji beton, curing, pemeriksaan retak, verifikasi kemiringan, serta uji kebocoran merupakan aktivitas penting dalam *quality control*. Pendekatan *quality assurance* diperlukan agar persyaratan mutu dipenuhi sejak tahap perencanaan metode, bukan hanya diperiksa setelah pekerjaan selesai [13].

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada area industri gas meliputi dua dimensi, yaitu keselamatan pekerjaan konstruksi dan keselamatan area operasi. Keduanya menuntut pengendalian akses, izin kerja, alat pelindung diri, pengendalian pekerjaan panas, APAR, jalur evakuasi, *grounding*, proteksi panel listrik, serta *toolbox meeting*. Sistem manajemen keselamatan seperti ISO 45001 menekankan perlunya identifikasi bahaya, pengendalian risiko, dan dokumentasi yang konsisten [14].

**2.5. Kerangka Konseptual Penelitian**

Kerangka konseptual penelitian menempatkan metode pelaksanaan sebagai variabel inti yang dipengaruhi oleh desain, kondisi lokasi, sumber daya, regulasi, dan risiko. Metode pelaksanaan menghasilkan keluaran berupa tahapan kerja, pengendalian mutu, pengendalian K3, dan strategi pemenuhan fungsi TPS Limbah B3. Keberhasilan konstruksi diukur melalui keterpenuhan elemen kritis, kesesuaian pekerjaan terhadap gambar dan regulasi, kelengkapan dokumentasi, serta kesiapan fasilitas untuk dioperasikan secara aman.

**3. METODOLOGI**

**3.1. Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan strategi studi kasus. Pendekatan tersebut dipilih karena tujuan penelitian bukan menguji hubungan statistik, melainkan menganalisis proses pelaksanaan konstruksi, mengidentifikasi elemen kritis, dan

merumuskan strategi pengendalian berdasarkan kondisi proyek. Strategi studi kasus sesuai untuk mengkaji fenomena teknis yang terikat pada konteks lokasi, dokumen pekerjaan, dan praktik lapangan [11].

**3.2. Lokasi dan Objek Penelitian**

Objek penelitian adalah pembangunan TPS Limbah B3 PT Transportasi Gas Indonesia pada area Duri 1 MS, Kelurahan Talang Mandi, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Unit analisis penelitian mencakup urutan pekerjaan, elemen konstruksi kritis, penataan area kerja, kebutuhan sumber daya, pengendalian mutu, dan pengendalian risiko K3 serta lingkungan. Batasan objek difokuskan pada tahap pelaksanaan konstruksi sampai kesiapan serah terima, bukan pada evaluasi kinerja operasional jangka panjang setelah fasilitas digunakan.

**3.3. Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data**

Data penelitian terdiri atas data proyek dan data rujukan. Data proyek meliputi uraian pekerjaan, gambar kerja, dokumentasi lapangan, daftar perlengkapan pendukung, dan informasi teknis yang berkaitan dengan konstruksi TPS Limbah B3. Data rujukan meliputi regulasi limbah B3, literatur metode pelaksanaan konstruksi, standar mutu, dan prinsip keselamatan kerja. Pengumpulan data dilakukan melalui telaah dokumen, observasi dokumentasi visual, inventarisasi item pekerjaan, dan penelusuran persyaratan teknis yang relevan.

Agar data dapat dianalisis secara sistematis, setiap informasi dikelompokkan berdasarkan fungsi konstruksi dan fungsi keselamatan. Pekerjaan sipil dan arsitektur digunakan untuk menilai urutan pelaksanaan dan mutu fisik bangunan. Pekerjaan mekanikal-elektrikal dan perlengkapan digunakan untuk menilai kesiapan operasional dan tanggap darurat. Regulasi dan literatur digunakan sebagai pembanding untuk menilai kesesuaian metode pelaksanaan.

**3.4. Kategori Analisis dan Indikator**

Kategori analisis disusun berdasarkan sintesis kajian pustaka dan karakteristik TPS Limbah B3. Fokus analisis mencakup urutan pekerjaan, elemen teknis, mutu, K3, regulasi, dan dokumentasi. Indikator penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator dan sumber data penelitian

Kategori	Indikator dan sumber data utama
Konteks proyek	Lokasi, fungsi TPS, batas pekerjaan; gambar kerja dan uraian pekerjaan.
Metode kerja	Urutan pekerjaan, sumber daya, alat, material; uraian pekerjaan dan dokumentasi.

Elemen teknis	Lantai kedap, bundwall, drainase, ventilasi, MEP, <i>signage</i> ; gambar dan regulasi.
Mutu	Inspeksi material, slump, kuat tekan, curing, kemiringan, uji kebocoran; checklist QC/QA.
K3 dan lingkungan	APD, izin kerja, APAR, akses, zona kerja, pengendalian tumpahan; regulasi dan observasi.
Dokumentasi	Foto progres, laporan harian, berita acara, <i>as-built drawing</i> , dokumen serah terima.

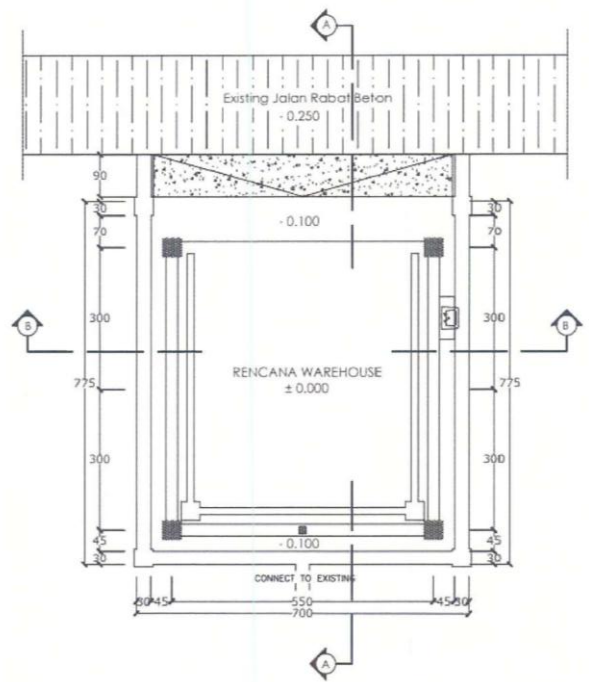
**3.5. Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan melalui enam tahap. Pertama, item pekerjaan diinventarisasi dari uraian pekerjaan dan gambar kerja. Kedua, item pekerjaan dikelompokkan menjadi tahapan konstruksi berdasarkan ketergantungan teknis. Ketiga, setiap tahapan dibandingkan dengan kebutuhan fungsi TPS Limbah B3, terutama fungsi *containment*, ventilasi, proteksi kebakaran, dan tanggap darurat. Keempat, elemen kritis diidentifikasi berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan dan pencegahan pencemaran.

Kelima, temuan teknis disusun ke dalam matriks pengendalian mutu dan risiko untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, dampak, metode kontrol, dan bukti verifikasi. Keenam, hasil analisis disintesis menjadi rekomendasi metode pelaksanaan. Prosedur analisis mengikuti alur reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan sebagaimana lazim digunakan dalam penelitian kualitatif [12].

**3.6. Keabsahan Data, Etika, dan Batasan Penelitian**

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, yaitu membandingkan uraian pekerjaan, gambar kerja, dokumentasi lapangan, regulasi, dan literatur. Konsistensi temuan diperiksa melalui audit trail berupa daftar item pekerjaan, pengelompokan tahapan, dan matriks risiko. Secara etis, informasi proyek digunakan untuk kepentingan akademik dengan membatasi penyajian data yang bersifat sensitif. Batasan penelitian adalah tidak dilakukannya pengujian laboratorium independen terhadap material dan tidak dilakukannya pengukuran performa operasional jangka panjang setelah TPS digunakan.



Gambar 1. Denah bangunan TPS Limbah B3 sebagai acuan pembagian area dan analisis tahapan pekerjaan.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1. Karakteristik Ruang Lingkup Pekerjaan**

Inventarisasi uraian pekerjaan dan telaah gambar kerja menunjukkan bahwa pembangunan TPS Limbah B3 Duri 1 MS merupakan paket konstruksi fasilitas penyimpanan yang terdiri atas pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, struktur, arsitektur, utilitas, perlengkapan keselamatan, dan pekerjaan akhir. Pekerjaan persiapan mencakup survei, mobilisasi, pengukuran, *bouwplank*, *direksi keet*, dan pagar area kerja. Pekerjaan konstruksi mencakup pembersihan lapangan, galian, urugan, lapis pasir, pondasi, beton tapak, kolom, balok, sloof, lantai, dinding, plesteran, pintu galvanis, jendela, atap baja ringan-spandek, dan kanopi. Pekerjaan pendukung mencakup instalasi air, instalasi listrik, *scaffolding*, wastafel, pallet, pompa air, hand pallet, tangga, signage, tempat sampah B3, *eyewash portable*, dan pembersihan akhir.

Struktur pekerjaan tersebut menunjukkan bahwa fasilitas yang dibangun tidak hanya berfungsi sebagai ruang simpan, tetapi juga sebagai sistem pengendalian risiko. Item seperti lantai, bundwall, drainase, ventilasi, signage, APAR, *pallet*, dan *eyewash* memiliki kontribusi langsung terhadap pencegahan tumpahan, kebocoran, paparan bahan berbahaya, dan kegagalan tanggap darurat. Oleh karena itu, klasifikasi pekerjaan perlu disusun berdasarkan implikasi teknisnya, bukan hanya berdasarkan urutan volume pekerjaan.

Tabel 2. Klasifikasi ruang lingkup pekerjaan dan implikasi teknis

Paket pekerjaan	Item dominan	Implikasi terhadap metode pelaksanaan
Persiapan	Survei, mobilisasi, bouwplank, direksi keet, pagar kerja	Menentukan batas kerja, kontrol akses, jalur material, titik elevasi, dan kesiapan K3 sebelum pekerjaan utama.
Tanah dan dasar bangunan	Pembersihan, perataan, galian pondasi, urugan, lapis pasir	Menjamin kestabilan tanah dasar, kontrol elevasi, serta mengurangi potensi penurunan dan retak pada lantai.
Struktur dan containment	Pondasi, pembesian, bekisting, pengecoran, lantai, <i>bundwall</i>	Menjadi inti fungsi fasilitas karena menentukan kekuatan, kekedapan, dan kemampuan menahan tumpahan.
Arsitektur dan penutup	Dinding, pintu galvanis, jendela, atap spandek, kanopi, <i>finishing</i>	Memberikan perlindungan cuaca, keamanan akses, daya tahan bangunan, dan kemudahan inspeksi.
MEP dan perlengkapan	Instalasi listrik, pompa, wastafel, <i>pallet</i> , <i>signage</i> , APAR, <i>eyewash</i>	Mendukung operasi, tanggap darurat, pengendalian bahaya, dan keselamatan pekerja/operator.

4.2. Sintesis Tahapan Pelaksanaan Konstruksi

Hasil analisis menunjukkan bahwa tahapan pelaksanaan yang paling rasional adalah urutan berlapis dari pengamanan area, pekerjaan tanah, pondasi, containment, struktur, penutup bangunan, utilitas, sampai uji fungsi. Urutan ini penting karena pekerjaan berikutnya bergantung pada mutu tahapan sebelumnya. Misalnya, pekerjaan lantai dan *bundwall* hanya dapat diterima apabila tanah dasar, pondasi, pembesian, bekisting, mutu beton, dan curing telah memenuhi persyaratan. Demikian pula pemasangan perlengkapan keselamatan harus dilakukan setelah akses, ruang, dan titik instalasi tersedia.

Tabel 3. Sintesis tahapan pelaksanaan dan pengendalian utama

Tahap	Keluaran terverifikasi	Pengendalian utama
Persiapan dan zonasi	Area kerja terkendali dan siap konstruksi	Izin kerja, <i>toolbox meeting</i> , pagar, APAR, jalur akses, pembatasan area.
Pekerjaan tanah	Tanah dasar stabil dan elevasi sesuai rencana	Kontrol elevasi, pemadatan, drainase sementara, keamanan galian.
Pondasi dan sloof	Elemen bawah memenuhi dimensi dan mutu desain	Cek dimensi, cover beton, slump, benda uji, <i>curing</i> .
Lantai dan <i>containment</i>	Sistem penahan tumpahan berfungsi	Uji kemiringan, pemeriksaan retak,

		uji kebocoran, verifikasi pelapis.
Struktur dan dinding	Ruang penyimpanan terbentuk sesuai gambar	Kontrol ketegakan, sambungan, mutu pasangan, akses ventilasi.
Atap dan kanopi	Ruang terlindungi dari air hujan dan panas berlebih	Cek sambungan, kemiringan atap, talang, potensi bocor.
MEP dan perlengkapan	Sistem listrik perlengkapan darurat siap digunakan	<i>Grounding</i> , proteksi kabel, panel, APAR, <i>signage</i> , <i>eyewash</i> , <i>pallet</i> .
Uji fungsi dan serah terima	Fasilitas siap operasi dan terdokumentasi	<i>Punch list</i> , <i>final inspection</i> , berita acara, laporan, <i>as-built drawing</i> .

Tabel 3 menunjukkan adanya hold point pada tahapan yang menentukan fungsi bangunan. Hold point paling penting berada pada pekerjaan pondasi, lantai kedap, *bundwall*, drainase pengendali tumpahan, dan instalasi listrik. Pekerjaan tidak seharusnya dilanjutkan sebelum keluaran terverifikasi dinyatakan memenuhi kriteria penerimaan.



Gambar 2. Pelaksanaan pekerjaan lantai sebagai elemen awal sistem *containment* TPS Limbah B3

4.3. Analisis Kesesuaian Teknis Elemen Kritis TPS Limbah B3

Inventarisasi uraian pekerjaan dan telaah gambar kerja menunjukkan bahwa pembangunan TPS Limbah B3 Duri 1 MS merupakan paket konstruksi fasilitas penampungan. Elemen paling kritis dalam pembangunan TPS Limbah B3 adalah sistem *containment*. Sistem ini mencakup pelat lantai kedap, *bundwall*, drainase pengendali tumpahan, dan titik penampungan terkendali. Keempat elemen tersebut harus dipahami sebagai satu kesatuan. Lantai yang kuat tetapi tidak memiliki kemiringan memadai dapat menimbulkan genangan; *bundwall* yang terbangun tetapi

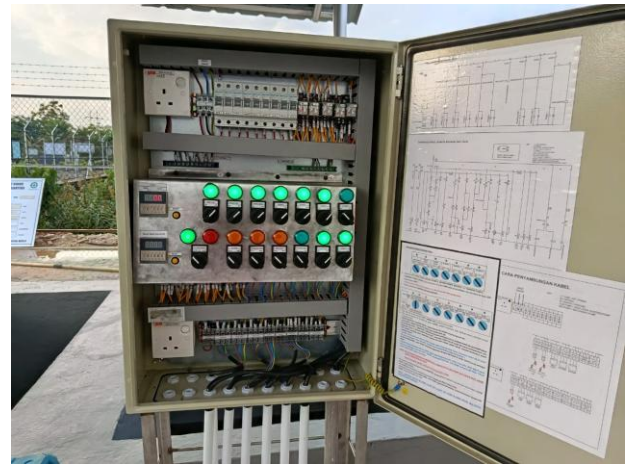
memiliki sambungan bocor tidak mampu menahan tumpahan; dan drainase yang terhubung bebas ke lingkungan dapat menggagalkan fungsi pencegahan pencemaran.

Dari sisi arsitektur dan operasional, pintu, jendela, ventilasi, atap, dan *signage* harus mendukung pengendalian risiko. Akses perlu memungkinkan pemindahan kemasan limbah menggunakan hand *pallet* tanpa merusak lantai atau dinding. Ventilasi harus menjaga sirkulasi udara agar uap berbahaya tidak terakumulasi. Atap dan kanopi harus mencegah air hujan masuk ke area penyimpanan karena air dapat merusak kemasan, meningkatkan genangan, atau memicu reaksi tertentu pada limbah. *Signage* diperlukan untuk memperjelas zona bahaya, jenis limbah, larangan, dan prosedur tanggap darurat.

Tabel 4. Elemen kritis, fungsi, dan kriteria penerimaan lapangan

Elemen kritis	Fungsi teknis	Kriteria penerimaan lapangan
Lantai kedap	Mencegah rembesan limbah ke tanah dan memudahkan pembersihan.	Permukaan padat, tidak retak, kemiringan terukur, lapisan akhir sesuai spesifikasi, mudah diinspeksi.
<i>Bundwall</i>	Melokalisasi tumpahan agar tidak menyebar ke area luar.	Dimensi sesuai desain, sambungan tertutup, tidak bocor, tidak menghambat akses darurat.
Drainase tumpahan	Mengalirkan cairan ke titik kendali tanpa melepaskannya ke lingkungan.	Arah aliran terkendali, tidak tersumbat, tidak terhubung bebas ke drainase umum, dapat diuji.
Ventilasi	Mengurangi akumulasi uap dan menjaga kualitas udara ruang simpan.	Bukaan tidak terhalang, sirkulasi memadai, tidak menjadi jalur masuk air hujan langsung.
MEP dan proteksi listrik	Menyediakan penerangan dan daya dengan risiko percikan terkendali.	Panel rapi, grounding tersedia, kabel terlindungi, MCB berfungsi, label jelas.
<i>Signage</i> dan tanggap darurat	Memberi informasi bahaya dan mendukung respons awal insiden.	Label terbaca, APAR dan <i>eyewash</i> mudah dijangkau, jalur evakuasi tidak terhalang.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa kriteria penerimaan lapangan perlu dikaitkan langsung dengan fungsi TPS. Dengan pendekatan ini, final inspection tidak hanya memeriksa kerapian bangunan, tetapi juga memastikan bahwa fasilitas mampu menahan tumpahan, mengendalikan uap, mencegah percikan listrik, dan mendukung tanggap darurat.



Gambar 3. Pemeriksaan instalasi elektrikal sebagai bagian dari verifikasi keselamatan operasional.

#### 4.4. Strategi Penataan Area Kerja dan Pengorganisasian Sumber Daya

Penataan area kerja pada proyek TPS Limbah B3 perlu menggunakan prinsip zonasi dinamis. Zona konstruksi, zona fabrikasi, area penyimpanan material, jalur alat, jalur pekerja, dan area administrasi harus dipisahkan agar tidak terjadi konflik aktivitas. Pada area industri gas, zonasi juga berfungsi mengendalikan sumber api, membatasi akses personel tidak berkepentingan, menjaga kelancaran operasi eksisting, dan memudahkan pengawasan K3. Jalur kendaraan pengangkut material perlu dipisahkan dari jalur pekerja untuk mengurangi risiko tabrakan dan gangguan mobilisasi.

Pengorganisasian sumber daya harus mengikuti urutan kritikal pekerjaan. Tenaga kerja untuk pembesian, bekisting, pengecoran, finishing kedap, instalasi listrik, dan pemasangan perlengkapan keselamatan perlu dijadwalkan berdasarkan dependensi pekerjaan. Material khusus seperti pelapis kedap, komponen listrik, APAR, pallet, dan signage harus melewati inspeksi penerimaan untuk memastikan kesesuaian spesifikasi. Peralatan seperti *compactor*, *concrete vibrator*, *scaffolding*, dan alat angkut perlu dijadwalkan agar tidak terjadi *idle time*, penumpukan pekerjaan, atau pekerjaan paralel yang tidak aman.

Secara praktis, strategi penataan area kerja perlu dituangkan dalam site layout sederhana yang menunjukkan batas kerja, titik penyimpanan material, jalur alat, lokasi APAR, area berkumpul darurat, dan titik kontrol akses. Site layout tersebut harus diperbarui sesuai perubahan tahapan pekerjaan karena risiko pada tahap galian berbeda dengan risiko pada tahap pengecoran, pemasangan atap, atau instalasi listrik.

#### 4.5. Pengendalian Mutu dan Risiko

Pengendalian mutu pada pembangunan TPS Limbah B3 harus dilakukan melalui inspection and test plan (ITP) yang memuat titik pemeriksaan sebelum, selama, dan setelah pekerjaan. Pada pekerjaan beton, ITP mencakup

pemeriksaan tulangan, bekisting, cover beton, uji slump, pengambilan benda uji, pemadatan, dan curing. Pada pekerjaan lantai, bundwall, dan drainase, ITP mencakup pemeriksaan retak, kemiringan, sambungan, uji kebocoran, dan verifikasi pelapis. Pada pekerjaan MEP, ITP mencakup panel, kabel, *grounding*, proteksi arus, fungsi penerangan, dan penempatan perlengkapan darurat.

Tabel 5. Matriks pengendalian mutu dan mitigasi risiko

Objek pengendalian	Risiko utama	Metode kontrol dan bukti verifikasi
Tanah dasar dan galian	Penurunan tanah, retak lantai, ketidaksesuaian elevasi.	Cek elevasi, pemadatan, dokumentasi foto, persetujuan sebelum pondasi.
Pondasi dan beton	Kekuatan tidak tercapai, <i>honeycomb</i> , cover beton tidak sesuai.	Pemeriksaan tulangan/bekisting, slump, benda uji kuat tekan, curing, <i>checklist</i> pengecoran.
Lantai, <i>bundwall</i> , drainase	Rembesan, genangan, tumpahan keluar area penyimpanan.	Cek kemiringan, pemeriksaan retak, uji kebocoran, verifikasi sambungan dan pelapis.
Atap dan talang	Air hujan masuk ke ruang simpan dan merusak kemasan limbah.	Pemeriksaan sambungan, kemiringan atap, talang, dan uji visual saat penyiraman/hujan.
MEP dan listrik	Percikan, korsleting, gangguan penerangan, kegagalan panel.	<i>Grounding</i> , MCB, proteksi kabel, inspeksi panel, label, uji fungsi.
Signage dan darurat	Kesalahan penanganan, keterlambatan respons insiden.	Label bahaya, APAR, <i>eyewash</i> , jalur evakuasi, pelatihan singkat, <i>checklist</i> kesiapan.

Matriks pada Tabel 5 menunjukkan bahwa risiko dominan pada TPS Limbah B3 berkaitan dengan kebocoran, genangan, kontaminasi silang, kegagalan instalasi listrik, dan ketidaklengkapan dokumen. Kebocoran dan genangan merupakan risiko dengan dampak paling langsung terhadap fungsi lingkungan karena dapat mengakibatkan pencemaran tanah atau air permukaan. Karena itu, pengendalian mutu harus menempatkan lantai kedap, *bundwall*, dan drainase sebagai prioritas inspeksi. Dokumentasi merupakan bagian penting dari pengendalian mutu. Foto progres, *checklist* inspeksi, hasil uji material, berita acara pemeriksaan, *punch list*, dan *as-built drawing* memberikan bukti bahwa setiap pekerjaan telah memenuhi kriteria. Tanpa dokumentasi, fasilitas mungkin tampak selesai secara fisik tetapi sulit dibuktikan kesesuaiannya pada audit teknis atau lingkungan.

#### 4.6. Kesesuaian Regulasi, Implikasi Praktis, dan Kebaruan Kajian

Kesesuaian terhadap PP Nomor 22 Tahun 2021 dan Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 menuntut agar metode pelaksanaan tidak hanya berorientasi pada penyelesaian pekerjaan, tetapi juga pada pencegahan pencemaran dan pengendalian bahaya [4], [5]. Dalam praktiknya, ketentuan tersebut diterjemahkan ke dalam kebutuhan konstruksi berupa lantai kedap, sistem penahan tumpahan, pemisahan area, ventilasi, perlengkapan tanggap darurat, *signage*, dan dokumentasi inspeksi. Dengan demikian, kepatuhan regulasi harus dibangun sejak tahap konstruksi, bukan hanya diperiksa setelah fasilitas selesai.

Implikasi praktis penelitian ini adalah perlunya kontraktor dan pemilik proyek menyusun metode kerja khusus TPS Limbah B3, bukan menggunakan metode generik pembangunan gudang. Metode tersebut harus memuat urutan kerja, *hold point*, *checklist* QC/QA, rencana K3, alur dokumentasi, dan kriteria serah terima. Bagi pemilik proyek, hasil kajian dapat digunakan sebagai dasar pengawasan dan evaluasi. Bagi kontraktor, hasil kajian dapat menjadi pedoman penyusunan *method statement* yang lebih terukur.

Kebaruan kajian ini terletak pada penyusunan hubungan antara metode pelaksanaan konstruksi dan fungsi pengendalian risiko lingkungan pada fasilitas TPS Limbah B3. Artikel tidak berhenti pada deskripsi item pekerjaan, tetapi menyajikan sintesis tahapan, identifikasi elemen kritis, kriteria penerimaan, dan matriks mutu-risiko. Pendekatan ini memperkuat kontribusi akademik karena menghubungkan manajemen konstruksi dengan kebutuhan kepatuhan lingkungan di area industri gas.

Keterbatasan penelitian adalah ruang lingkupnya sebagai studi kasus tunggal dan tidak mencakup evaluasi performa operasional jangka panjang. Selain itu, analisis mutu didasarkan pada dokumen proyek dan dokumentasi lapangan, bukan pengujian laboratorium independen. Penelitian berikutnya dapat mengembangkan model penilaian kuantitatif terhadap kinerja TPS Limbah B3, membandingkan beberapa lokasi, atau mengevaluasi efektivitas fasilitas setelah beroperasi.



Gambar 4. Kondisi bangunan TPS Limbah B3 setelah pekerjaan konstruksi utama selesai.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode pelaksanaan pembangunan TPS Limbah B3 pada fasilitas Duri 1 MS perlu disusun sebagai rangkaian pekerjaan yang saling bergantung, mulai dari persiapan dan zonasi, pekerjaan tanah, pondasi, lantai kedap dan containment, struktur dan dinding, atap dan kanopi, MEP dan perlengkapan, sampai uji fungsi dan serah terima. Urutan tersebut memastikan bahwa pekerjaan kritis diverifikasi sebelum tahapan berikutnya dilanjutkan.

Elemen konstruksi yang paling menentukan keandalan fasilitas adalah lantai kedap, *bundwall*, drainase pengendali tumpahan, ventilasi, proteksi listrik, *signage*, *pallet*, APAR, dan eyewash. Seluruh elemen tersebut harus dikendalikan melalui ITP, checklist QC/QA, inspeksi lapangan, uji fungsi, dan dokumentasi serah terima. Dengan demikian, keberhasilan pembangunan TPS Limbah B3 diukur dari kemampuan bangunan memenuhi fungsi penyimpanan aman, bukan hanya dari penyelesaian fisik.

Artikel ini merekomendasikan agar proyek sejenis menggunakan method statement khusus TPS Limbah B3 yang memuat site layout, zonasi kerja, *hold point*, kriteria penerimaan, matriks risiko, serta bukti verifikasi. Penelitian lanjutan disarankan melakukan evaluasi kuantitatif terhadap kinerja fasilitas setelah beroperasi, termasuk keandalan *containment*, efektivitas ventilasi, dan kesiapan tanggap darurat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan data, arahan, dan dukungan dalam

penyusunan kajian metode pelaksanaan pembangunan TPS Limbah B3 ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Dipohusodo, Manajemen Konstruksi: Prinsip dan Praktik. Bandung, Indonesia: ITB Press, 1996.
- [2] W. I. Ervianto, Teknologi Konstruksi: Metode dan Teknik Pelaksanaan Bangunan. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 2002.
- [3] W. I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2015.
- [4] Indonesia, Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta, Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia, 2021.
- [5] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta, Indonesia: KLHK, 2021.
- [6] M. S. Syah, Metode Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi dan Penilaian Tender. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset, 2004.
- [7] PT Transportasi Gas Indonesia, Pedoman Teknis Pembangunan dan Operasional TPS Limbah B3. Duri, Riau, Indonesia: Dokumen Internal, 2021.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847:2019. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- [9] I. Widiasanti and Lenggogeni, Manajemen Konstruksi. Bandung, Indonesia: Remaja Rosdakarya, 2018.
- [10] A. Wibowo and B. Santoso, "Strategi pengelolaan limbah B3 di industri migas," Jurnal Lingkungan dan Energi, vol. 5, no. 2, pp. 45-55, 2018.
- [11] R. K. Yin, Case Study Research and Applications: Design and Methods, 6th ed. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, 2018.

- [12] M. B. Miles, A. M. Huberman, and J. Saldana, *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*, 3rd ed. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, 2014.
- [13] International Organization for Standardization, *ISO 9001:2015 Quality Management Systems - Requirements*. Geneva, Switzerland: ISO, 2015.
- [14] International Organization for Standardization, *ISO 45001:2018 Occupational Health and Safety Management Systems - Requirements with Guidance for Use*. Geneva, Switzerland: ISO, 2018.