

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Peningkatan kompetensi personil pengolah air limbah yang tersertifikasi menjadi salah satu langkah strategis dalam pengelolaan lingkungan, khususnya dalam memenuhi persyaratan baku mutu air limbah industri. Kualitas pengolahan air limbah sangat tergantung pada kemampuan personil dalam mengoperasikan, memelihara, dan mengawasi instalasi pengolahan air limbah. Penelitian ini berfokus pada analisis hubungan antara kompetensi personil yang tersertifikasi dan pemenuhan standar baku mutu air limbah industri setelah tahun 2020.

Berikut akan dipaparkan kajian pustaka terkait dengan: (1) regulasi dan standar baku mutu air limbah di Indonesia, khususnya setelah tahun 2020, (2) kompetensi dan sertifikasi personil pengolah air limbah (POPAL/PPPA) sebagai faktor kunci dalam pengelolaan lingkungan, (3) teknologi pengolahan limbah industri yang relevan dengan tantangan pencemaran air di Jawa Tengah, (4) faktor manajerial perusahaan yang mendukung keberhasilan pengelolaan limbah cair, serta (5) temuan penelitian terdahulu mengenai hubungan antara kompetensi SDM, teknologi, dan pemenuhan baku mutu air limbah.

2.1 Kompetensi

Kompetensi merupakan konsep multidimensional yang mencakup kombinasi antara pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang dibutuhkan untuk menjalankan tugas atau pekerjaan secara efektif. Dalam konteks organisasi dan pengembangan sumber daya manusia, kompetensi sering kali diartikan sebagai kemampuan yang terukur dan dapat dilatih untuk mencapai kinerja yang optimal (Dharmanegara, 2019). Kompetensi mencakup karakteristik mendasar seseorang yang berhubungan langsung dengan kinerja superior di tempat kerja. Karakteristik ini meliputi motivasi, sifat, konsep diri, pengetahuan, dan keterampilan yang terintegrasi dalam perilaku kerja (Darwis, 2021). Pada dasarnya kompetensi adalah kemampuan seseorang yang mencakup pengetahuan, ketrampilan dan sikap kerja yang dapat teramati dalam menyelesaikan pekerjaan atau tugas sesuai dengan standar

kompetensi yang diterapkan. Kompetensi bagi beberapa profesi menjadi persyaratan penting terutama jika profesi ini berhubungan dengan nasib atau hidup orang lain yang menjadi objek atau klien dari profesi itu (Diannisa dan Rukiyah, 2020).

Menurut Sutrisno (2016), kompetensi yang harus dimiliki oleh karyawan adalah kemampuan yang didasari oleh pengetahuan dan keterampilan, yang didukung dengan pelaksanaan tugas serta sikap kerja di tempat kerja sesuai dengan standar kerja yang diterapkan oleh perusahaan. Sedangkan Spencer & Sygne (1993) menyatakan bahwa kompetensi adalah uraian keterampilan (skill), pengetahuan (knowledge), dan sikap (attitude) yang diperlukan seseorang untuk mencapai kinerja yang efektif dalam pekerjaan. Sikap (attitude), pengetahuan (knowledge), dan kemampuan atau keterampilan (skill) merupakan kompetensi yang harus dimiliki karyawan (Budiman et.al,2019). Retningjati et al (2018) menyatakan bahwa kompetensi adalah kapasitas dari karyawan yang sesuai dengan ketentuan perusahaan dan tuntutan pekerjaan yang mengacu pada perilaku, sehingga membawa hasil yang diinginkan. Dengan kata lain kompetensi ialah hal-hal yang dapat membantu seseorang untuk melakukan tugasnya dengan baik. Sedangkan menurut Manda (2018) kompetensi adalah kemampuan yang didasari oleh pengetahuan dan keterampilan yang didukung dengan pelaksanaan tugas dan pekerjaan serta sikap kerja di tempat kerja yang sesuai dengan standar kerja. Kompetensi sangat penting, karena membantu karyawan bertindak dengan cara yang terorganisir, objektif, terarah dan bertanggung jawab serta meningkatkan kreativitas, kepekaan, dan kualitas interpersonal yang baik dalam kinerja (Chumba et al., 2018)

Kurniawan et al (2018) menyatakan bahwa kompetensi adalah pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki atau dibutuhkan individu yang memungkinkan mereka melaksanakan tugas dan tanggung jawab secara efektif, serta untuk meningkatkan standar kualitas pekerjaan mereka. Kompetensi karyawan merupakan sesuatu yang diperlukan oleh perusahaan, karena kompetensi mempunyai pengaruh yang positif dan signifikansi dalam meningkatkan kinerja karyawan (Ardiansyah & Sulistiyowati, 2018; Soetrisno & Gilang, 2018).

Semakin meningkatnya kompetensi karyawan maka akan berdampak pada peningkatan kinerja karyawan yang bersangkutan. Menurut Rizat et.al (2013), faktor utama yang mempengaruhi produktivitas karyawan adalah kompetensi karyawan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Adiwibowo,T dan Harun, P.(2018), bahwa kompetensi karyawan berpengaruh positif terhadap produktivitas karyawan yang bersangkutan. Sedangkan menurut Hameed & Waheed (2011) kinerja karyawan berpengaruh terhadap efektivitas organisasi/ perusahaan. Hal ini karena kapabilitas karyawan yang dinamis berpengaruh terhadap pencapaian pendapatan perusahaan yang akan berpengaruh terhadap kinerja perusahaan secara menyeluruh (Gathungu & Mwangi, 2012).

Dalam konteks pengelolaan sumber daya manusia, kompetensi merupakan tolok ukur yang sangat penting untuk memastikan karyawan mampu menyesuaikan diri dengan dinamika pekerjaan yang semakin kompleks. Kompetensi yang baik dapat meningkatkan efektivitas kerja, efisiensi penggunaan sumber daya, serta mendukung pencapaian tujuan organisasi secara berkelanjutan. Beberapa penelitian menekankan bahwa pengembangan kompetensi tidak hanya berasal dari pendidikan formal, tetapi juga melalui pelatihan, pengalaman kerja, serta pembelajaran berkelanjutan yang memungkinkan seseorang untuk terus beradaptasi dengan perubahan (Liu et al., 2021).

Pada bidang pengelolaan lingkungan, khususnya pengelolaan air limbah, kompetensi personil pengolah air limbah menjadi faktor yang sangat menentukan. Personil yang memiliki sertifikasi dan kompetensi memadai akan lebih mampu mengoperasikan instalasi pengolahan air limbah secara efektif, sehingga kualitas air buangan dapat memenuhi standar baku mutu lingkungan yang ditetapkan (Budihardjo et al., 2022). Selain itu, kompetensi juga mendukung penerapan teknologi ramah lingkungan, efisiensi operasional, serta kepatuhan terhadap regulasi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kompetensi sumber daya manusia di bidang pengelolaan limbah cair bukan hanya mendukung kinerja teknis, tetapi juga menjadi strategi penting dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan perlindungan lingkungan hidup.

Menurut para ahli dan lembaga resmi, kompetensi adalah kemampuan seseorang yang mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja yang dapat diamati dan diukur untuk mencapai standar kinerja yang diharapkan. Sertifikasi kompetensi adalah proses sistematis dan objektif untuk memberikan sertifikat yang menyatakan bahwa seseorang memiliki kompetensi tersebut, sering kali melalui uji kompetensi yang diselenggarakan oleh Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) yang terlisensi oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP). Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) mendeskripsikan kemampuan kerja setiap individu yang meliputi aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja sesuai dengan standar yang diharapkan.

Sedangkan Stephen Robbin menjelaskan kemampuan atau kapasitas seseorang untuk mengerjakan berbagai tugas dalam suatu pekerjaan, ditentukan oleh kemampuan intelektual dan fisik. LSP (Lembaga Sertifikasi Profesi) ialah sebuah lembaga yang menguji dan menerbitkan sertifikat kompetensi yang telah mendapatkan lisensi dari BNSP, memastikan bahwa individu memiliki kompetensi yang diperlukan untuk suatu bidang pekerjaan.

2.2 Sertifikasi Kompetensi

Sertifikasi kompetensi adalah proses penilaian dan pengakuan terhadap kemampuan personil dalam bidang tertentu. Sertifikasi ini biasanya dilakukan oleh lembaga yang diakui dan bertujuan untuk memastikan bahwa personil memiliki kemampuan yang sesuai dengan standar industri (Badan Informasi Geospasial, 2023). Menurut Cheng et al. (2019), sertifikasi kompetensi dapat meningkatkan profesionalisme, kepercayaan diri, dan kualitas kerja personil. Di Indonesia, sertifikasi kompetensi untuk personil pengolah air limbah diatur oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP).

Sertifikasi kompetensi adalah proses penilaian dan pengakuan formal terhadap kemampuan, pengetahuan, dan keterampilan personil dalam bidang tertentu. Sertifikasi ini umumnya dilakukan oleh lembaga yang berwenang dan diakui secara nasional atau internasional, seperti Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) di Indonesia. Tujuan utama dari sertifikasi kompetensi adalah untuk

memastikan bahwa tenaga kerja memiliki kualifikasi yang sesuai dengan standar industri yang berlaku dan mampu menjalankan tugas secara profesional (Badan Informasi Geospasial, 2023; BNSP, 2022).

Menurut Cheng et al. (2019), sertifikasi kompetensi dapat meningkatkan profesionalisme, kepercayaan diri, dan kualitas kerja personil. Studi serupa oleh Kusumastuti et al. (2021) menunjukkan bahwa sertifikasi kompetensi secara signifikan meningkatkan kualitas SDM dan produktivitas di sektor industri, termasuk sektor lingkungan. Sertifikasi juga memudahkan pengakuan keahlian di tingkat global, sebagaimana diungkap oleh Siregar et al. (2020), yang menemukan bahwa tenaga kerja bersertifikat cenderung lebih mudah diterima di pasar tenaga kerja internasional dan mendapatkan kepercayaan lebih tinggi dari pemberi kerja.

Di Indonesia, pelaksanaan sertifikasi kompetensi untuk personil pengolah air limbah diatur oleh BNSP bekerja sama dengan Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) sektor lingkungan hidup. Ketentuan teknis dan skema kompetensi ditetapkan berdasarkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI), yang secara berkala diperbarui mengikuti perkembangan teknologi dan kebutuhan industri (Kementerian Ketenagakerjaan RI, 2022; LSP-PLHI, 2023).

Hasil penelitian oleh Suharto & Wahyuni (2022) menegaskan bahwa sertifikasi kompetensi tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga membentuk karakter kerja yang disiplin dan bertanggung jawab, serta menjadi acuan bagi perusahaan dalam proses rekrutmen dan promosi jabatan. Sementara itu, studi dari World Bank (2020) menyoroti bahwa sistem sertifikasi kompetensi yang efektif dapat mendukung transformasi tenaga kerja dan daya saing industri di negara berkembang, termasuk sektor pengelolaan limbah.

2.3 Baku Mutu Air Limbah (BMAL) Industri

Baku mutu air limbah industri merupakan standar teknis yang ditetapkan oleh pemerintah atau otoritas lingkungan untuk mengatur kualitas air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri sebelum dibuang ke lingkungan. Standar ini bertujuan untuk mencegah pencemaran air yang dapat merusak ekosistem dan membahayakan kesehatan manusia (MA Arif, 2021). Terdapat beberapa regulasi

yang mengatur tentang baku mutu air limbah, diantaranya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. P.68/MenLHK-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No P.80/MenLHK/Setjen/KUM.1/10/2019 dan Nomor 5 Tahun 2021.

Pengelolaan air limbah industri di Indonesia diatur secara ketat melalui sejumlah regulasi yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Salah satu regulasi penting adalah Peraturan Menteri LHK No. P.80/MenLHK/Setjen/KUM.1/10/2019 tentang Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara Terus Menerus dan Dalam Jaringan (SPARING), yang kemudian diperkuat setelah tahun 2020 melalui berbagai kebijakan turunan (Kementerian LHK, 2019). Regulasi ini mewajibkan industri untuk memasang sistem pemantauan otomatis dan melaporkan hasil pengukuran kualitas air limbah secara real-time kepada pemerintah, sehingga transparansi dan akuntabilitas dapat ditingkatkan (Kementerian LHK, 2019).

Selanjutnya, Peraturan Menteri LHK No. 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional menegaskan bahwa setiap kegiatan usaha yang menghasilkan limbah cair wajib memperoleh persetujuan teknis dari pemerintah, dengan parameter baku mutu yang lebih ketat dibandingkan regulasi sebelumnya (Kementerian LHK, 2021). Standar ini tidak hanya berlaku untuk parameter umum seperti BOD, COD, dan TSS, tetapi juga mencakup parameter khusus sesuai jenis industri, misalnya logam berat pada industri pelapisan logam dan zat warna pada industri tekstil (Kementerian LHK, 2021).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2022), penerapan regulasi pasca-2020 ini berimplikasi pada peningkatan kepatuhan industri dalam melakukan pengelolaan limbah, meskipun masih banyak ditemukan pelanggaran di daerah dengan konsentrasi industri tinggi seperti Jawa Tengah, khususnya Kota Semarang. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi regulasi tidak hanya ditentukan oleh adanya aturan yang ketat, tetapi juga oleh kapasitas sumber daya

manusia dan sarana prasarana yang mendukung (Yohana, Purwanto, & Warsito, 2023).

Selain itu, regulasi terbaru juga menekankan pentingnya integrasi pengawasan berbasis teknologi digital, yang memungkinkan Kementerian LHK dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) daerah memantau kualitas limbah industri secara langsung melalui sistem daring (Saputra, 2022). Sistem ini diharapkan dapat mengurangi praktik manipulasi data oleh industri serta mempercepat respons pemerintah dalam menangani pencemaran (Putri & Syafira, 2024).

Penerapan baku mutu air limbah merupakan bagian dari upaya perlindungan lingkungan hidup yang berkelanjutan, di mana setiap industri diwajibkan untuk memastikan bahwa limbah cair yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan sebelum dibuang ke badan air. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wang et al. (2021), kepatuhan terhadap baku mutu air limbah merupakan indikator penting dari tanggung jawab lingkungan sebuah industri. Parameter yang digunakan untuk mengukur baku mutu air limbah industri meliputi:

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan banyaknya bahan organik yang perlu diurai, yang dapat menjadi indikator tingkat pencemaran air limbah. Tingginya nilai BOD juga menandakan bahwa air limbah berpotensi menurunkan kadar oksigen terlarut (DO) di badan air penerima, sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Jika oksigen terlarut menurun drastis, organisme akuatik seperti ikan dan biota lainnya akan sulit bertahan hidup. Hal ini sejalan dengan penelitian mengenai kualitas fisik-kimia dan biologi air di Danau Warna dan Danau Pengilon, Dieng, Jawa Tengah, yang menunjukkan bahwa parameter BOD berperan penting dalam menilai status kualitas perairan (Soeprbowati et al., 2021). Oleh karena itu, parameter BOD menjadi salah satu indikator utama dalam menentukan kualitas air limbah serta efektivitas metode pengolahan yang digunakan.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air melalui reaksi kimia. COD merupakan ukuran yang lebih cepat dan komprehensif dibandingkan BOD dalam menentukan kandungan polutan organik dalam air, karena mampu menghitung baik senyawa organik yang mudah terurai maupun yang sulit terurai. Nilai COD yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan keberadaan senyawa organik yang berpotensi berbahaya bagi lingkungan perairan. Oleh karena itu, parameter COD sangat penting dalam perencanaan metode pengolahan limbah cair, terutama pada limbah domestik maupun industri. Penelitian Susanto et al. (2021) juga menunjukkan bahwa metode pengolahan berbasis membran nanofiltrasi yang dikombinasikan dengan adsorpsi karbon aktif dapat secara signifikan menurunkan nilai COD pada air limbah domestik bersalinitas tinggi, sehingga meningkatkan kualitas air hasil olahan.

3. TSS (*Total Suspended Solids*)

Menunjukkan jumlah total bahan padat yang tersuspensi dalam air. Bahan ini dapat berupa partikel organik maupun anorganik yang tidak larut dalam air. Tingginya nilai TSS dapat menurunkan kualitas air, mengganggu penetrasi cahaya ke dalam perairan, menghambat proses fotosintesis organisme akuatik, serta memengaruhi kehidupan biota perairan. Selain itu, TSS yang tinggi juga dapat menimbulkan masalah dalam proses pengolahan air limbah, seperti penyumbatan pada saluran atau penurunan efisiensi sistem filtrasi. Upaya penurunan nilai TSS menjadi penting dalam pengelolaan limbah cair, misalnya melalui pemanfaatan media biofilter dari limbah plastik seperti tutup botol yang terbukti mampu menurunkan kandungan padatan tersuspensi pada air limbah domestik (Muliyadi et al., 2025).

Berikut adalah baku mutu air limbah untuk beberapa jenis komoditi atau industri:

Tabel 2.1 Jenis Komoditi Baku Mutu Air Limbah

Komoditi	Sumber	Keterangan
Industri Tekstil	(Permen LHK Nomor P.16/MenLHK/Setjen/KUM.1/4/2019)	■ BOD (Biological Oxygen Demand): Maksimum 100 mg/L

		▪ COD (Chemical Oxygen Demand): Maksimum 200 mg/L ▪ TSS (Total Suspended Solids): Maksimum 150 mg/L
Limbah Domestik	PermenLHK Nomor P.68/MenLHK-Setjen/2016	▪ BOD: Maksimum 30 mg/L ▪ COD: Maksimum 100 mg/L ▪ TSS: Maksimum 30 mg/L
Industri Farmasi	PermenLH No.5 tahun 2014	▪ BOD: Maksimum 100 mg/L ▪ COD: Maksimum 300 mg/L ▪ TSS: Maksimum 100 mg/L
Industri Minuman Ringan		▪ BOD: Maksimum 50 mg/L ▪ TSS: Maksimum 6 mg/L
Industri Minyak Goreng		▪ BOD: Maksimum 75 mg/L ▪ COD: Maksimum 150 mg/L ▪ TSS: Maksimum 60 mg/L
Industri Kecap		▪ BOD: Maksimum 150 mg/L ▪ COD: Maksimum 300 mg/L ▪ TSS: Maksimum 100 mg/L
Industri Karet		▪ BOD: Maksimum 100 mg/L ▪ COD: Maksimum 250 mg/L ▪ TSS: Maksimum 100 mg/L
Industri Kayu Lapis		▪ BOD: Maksimum 75 mg/L ▪ COD: Maksimum 125 mg/L

		▪ TSS: Maksimum 50 mg/L
Industri Manufacture Pelapisan Logam		▪ TSS: Maksimum 20 mg/L
Industri Keramik	Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Lampiran VII	▪ TSS: Maksimum 100 mg/L ▪ BOD: Maksimum 75 mg/L ▪ COD: Maksimum 125 mg/L ▪ TSS: Maksimum 50 mg/L

2.4 Pengelolaan Air Limbah dalam Konteks Pengelolaan Lingkungan Hidup

Pengelolaan air limbah merupakan salah satu aspek krusial dalam upaya perlindungan lingkungan hidup, terutama dalam menghadapi tantangan global yang berkaitan dengan pencemaran air dan perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2024). Dalam konteks pengelolaan lingkungan hidup, air limbah yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas industri, domestik, dan pertanian harus diolah secara efektif untuk mencegah pencemaran dan menjaga kualitas ekosistem perairan (Putri, Syafira, 2024). Menurut penelitian oleh Liu et al. (2021), pengelolaan air limbah tidak hanya melibatkan proses teknis pengolahan, tetapi juga mencakup pendekatan holistik yang mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan ekologi dalam perencanaan dan implementasinya. Pengelolaan air limbah tidak hanya penting dalam mencegah pencemaran lingkungan, tetapi juga berperan sebagai sumber daya alternatif yang dapat mendukung keberlanjutan pasokan air bersih (Budihardjo et al., 2022).

2.5 Korelasi Kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) dengan Pengolahan Limbah Cair

Kualitas sumber daya manusia (SDM) dalam industri pengolahan limbah cair sangat berpengaruh terhadap efektivitas proses pengolahan itu sendiri. SDM yang berkualitas, terutama personil yang memiliki kompetensi dan keterampilan yang

sesuai, mampu mengidentifikasi potensi risiko lingkungan yang timbul dari limbah cair dan menerapkan teknologi pengolahan yang tepat. Spencer dan Spencer (2021) menekankan bahwa kompetensi yang dimiliki oleh seorang individu, baik pengetahuan, keterampilan, maupun sikap sangat berpengaruh pada kinerja optimal dalam setiap tugas yang diberikan, termasuk dalam pengelolaan limbah cair.

Dalam konteks pengelolaan limbah cair industri, SDM yang memiliki keterampilan teknis yang baik dapat memaksimalkan operasi instalasi pengolahan air limbah (IPAL), mengurangi risiko pencemaran, dan memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Liu et al. (2021) juga menyebutkan bahwa kompetensi SDM dalam mengoperasikan teknologi pengolahan limbah modern menjadi faktor kunci dalam mencegah pencemaran air yang berkelanjutan. SDM yang kompeten tidak hanya memahami teknologi, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mengantisipasi masalah dan mengambil langkah-langkah pencegahan atau korektif yang tepat selama proses pengolahan berlangsung.

2.6 Dasar Kewajiban Sertifikasi Penanggungjawab Operasional Pengolahan Air Limbah (POPAL)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.5/MenLHK/Setjen/KUM.1/2/2018 tentang Standar dan Sertifikasi Kompetensi Penanggung Jawab Operasional Pengolahan Air Limbah (POPAL) menetapkan bahwa setiap personil yang bertanggung jawab dalam pengelolaan air limbah industri wajib memiliki sertifikasi kompetensi. Sertifikasi ini diperlukan untuk memastikan bahwa personil memiliki kemampuan yang memadai dalam mengoperasikan dan memelihara IPAL sesuai dengan standar baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Kewajiban sertifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pengelolaan limbah cair, di mana personil POPAL harus mampu memahami berbagai teknologi pengolahan limbah cair, mematuhi regulasi lingkungan yang berlaku, serta mampu mengambil keputusan yang cepat dan tepat dalam situasi darurat yang melibatkan pengolahan air limbah. Sertifikasi juga memastikan bahwa personil dapat

melaksanakan prosedur pengendalian dan pemantauan kualitas air limbah secara efektif, sehingga limbah cair yang dihasilkan industri tidak mencemari sumber daya air. Menurut penelitian oleh Cheng et al. (2019), sertifikasi kompetensi di sektor industri sangat penting dalam meningkatkan profesionalisme dan kualitas kinerja personil, terutama dalam bidang-bidang yang memerlukan pengetahuan teknis yang spesifik seperti pengelolaan limbah cair. Sertifikasi kompetensi POPAL juga merupakan bagian dari upaya pemerintah untuk memastikan bahwa industri-industri di Indonesia mematuhi standar lingkungan yang berlaku.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.5/MenLHK/Setjen/KUM.1/2/2018 menjadi landasan hukum penting dalam memastikan bahwa personil yang bertanggung jawab atas pengolahan air limbah industri memiliki kualifikasi dan kompetensi yang diperlukan melalui sertifikasi Penanggung Jawab Operasional Pengolahan Air Limbah (POPAL). Sertifikasi ini diwajibkan karena pengelolaan air limbah merupakan proses yang memerlukan keahlian khusus, mulai dari pemahaman teknologi pengolahan, pemantauan kualitas air, hingga kemampuan dalam melakukan pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Kegagalan dalam mengelola limbah cair industri dapat berakibat pada pencemaran lingkungan yang serius, sehingga sertifikasi POPAL bertujuan untuk memastikan bahwa hanya personil yang memiliki kemampuan teknis dan pemahaman yang memadai yang dapat menjalankan fungsi ini.

Sertifikasi POPAL mencakup pelatihan dan penilaian kompetensi dalam berbagai aspek teknis dan manajerial yang berkaitan dengan pengolahan air limbah. Personil yang tersertifikasi diwajibkan memahami jenis-jenis limbah cair yang dihasilkan oleh berbagai sektor industri, karakteristik limbah, dan metode pengolahan yang sesuai (Putri, & Syafira, 2024). Selain itu, mereka juga harus menguasai regulasi lingkungan yang berlaku di Indonesia, seperti standar baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh pemerintah. Proses pengolahan air limbah mencakup penggunaan teknologi canggih dan prosedur pemantauan berkala untuk memastikan bahwa limbah yang dibuang ke lingkungan memenuhi persyaratan

yang ditetapkan. Dengan demikian, personil yang memiliki sertifikasi POPAL akan mampu menjalankan sistem pengolahan limbah dengan lebih efektif dan efisien.

Lebih lanjut, sertifikasi ini tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga kemampuan personil dalam pengambilan keputusan yang cepat dan tepat, terutama ketika dihadapkan pada situasi darurat atau kegagalan sistem IPAL. Menurut Cheng et al. (2019), kompetensi yang diperoleh melalui sertifikasi dapat meningkatkan kualitas kinerja personil secara keseluruhan, baik dalam operasional sehari-hari maupun dalam menangani situasi kritis yang memerlukan respons cepat. Hal ini sangat penting mengingat bahwa kegagalan dalam pengolahan limbah dapat menyebabkan pencemaran air yang luas, membahayakan kesehatan manusia dan merusak ekosistem. Oleh karena itu, sertifikasi POPAL adalah upaya krusial dalam meningkatkan standar pengelolaan lingkungan dan mendukung keberlanjutan industri di Indonesia.

2.7 5M

1. *Man* (Sumber Daya Manusia)

Faktor sumber daya manusia sangat dominan, baik dari sisi jumlah, kualitas, maupun komitmen personil. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa frekuensi peningkatan kompetensi (melalui pelatihan, workshop, atau sertifikasi) yang tinggi berbanding lurus dengan tingkat kepatuhan industri pada baku mutu. Personil yang kompeten, terlatih secara berkala, dan dievaluasi performanya secara rutin lebih siap menghadapi tantangan teknis dalam pengelolaan limbah cair. Selain itu, aspek attitude dan awareness terhadap pentingnya lingkungan juga berperan sebagai penggerak utama keberhasilan pengelolaan limbah.

2. *Method* (Metode atau Prosedur)

Frekuensi evaluasi kompetensi yang rutin berdampak langsung pada keteraturan implementasi SOP serta konsistensi dalam pengendalian proses pengolahan limbah. Metode kerja yang terdokumentasi, evaluasi berkala, dan adaptasi terhadap regulasi terbaru memudahkan industri untuk cepat menyesuaikan diri jika terjadi perubahan standar atau temuan baru selama pemantauan lingkungan.

3. *Material* (Bahan dan Bahan Kimia)

Keberhasilan pengolahan limbah juga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan kualitas material/bahan kimia penunjang, seperti koagulan, flokulan, atau bahan penetral lainnya. Industri yang secara rutin melakukan pemantauan lingkungan (frekuensi tinggi) cenderung mampu mengidentifikasi kebutuhan material secara lebih akurat, sehingga dapat segera melakukan penyesuaian untuk menjaga hasil pengolahan agar tetap sesuai baku mutu.

4. *Machine* (Peralatan/Instalasi)

Keandalan dan pemeliharaan mesin/IPAL berkontribusi besar terhadap efektivitas pengolahan limbah. Hasil survei menunjukkan bahwa frekuensi pemantauan lingkungan yang rutin memungkinkan deteksi dini jika terdapat gangguan atau penurunan kinerja mesin. Peralatan yang terawat baik dan didukung sistem otomasi (misal, online monitoring) mempermudah industri memenuhi standar baku mutu secara berkelanjutan.

5. *Money* (Anggaran/Investasi)

Keterbatasan dana dapat menjadi kendala utama dalam pelaksanaan pemantauan lingkungan secara rutin, pengadaan material berkualitas, serta peningkatan dan evaluasi kompetensi personil. Namun, industri yang mengalokasikan anggaran secara memadai untuk kegiatan operasional dan peningkatan kualitas pengelolaan limbah umumnya lebih berhasil menjaga kepatuhan terhadap baku mutu.

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan mencapai kepatuhan baku mutu limbah tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor 5M, terutama “*Man*” (kompetensi personil) dan “*Method*” (penerapan SOP dan evaluasi berkala). Frekuensi pemantauan lingkungan, peningkatan kompetensi, dan evaluasi kompetensi yang tinggi menjadi kunci utama dalam menjaga dan meningkatkan kepatuhan industri terhadap baku mutu lingkungan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Banyak industri masih berjuang untuk mencapai pemenuhan baku mutu air limbah. Salah satu penyebab utamanya adalah kurangnya personil yang memiliki sertifikasi kompetensi yang sesuai. Sertifikasi ini bukan hanya sekedar formalitas, tetapi merupakan pengakuan atas kemampuan personil dalam mengelola pengolahan air limbah sesuai dengan standar yang diharapkan. Sertifikasi ini juga memastikan bahwa personil memiliki pengetahuan terkini tentang teknologi pengolahan air limbah dan regulasi yang berlaku. Beberapa referensi yang penulis kumpulkan untuk bahan penulisan penelitian ini tertampil sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti dan Tahun	Tujuan	Hasil
Putri, H. H., & Syafira, F. T. S. (2024). Pengelolaan Limbah Industri Kimia untuk Keberlanjutan Lingkungan di Indonesia.	Tujuan penelitian ini adalah menganalisis strategi pengelolaan limbah industri kimia di Indonesia yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan. Penelitian berfokus pada pentingnya partisipasi pemerintah, industri, dan masyarakat dalam menciptakan sinergi antara kebijakan, inovasi teknologi, serta peningkatan kesadaran publik guna mendukung pertumbuhan ekonomi yang bertanggung jawab sekaligus menjaga kelestarian lingkungan secara holistik.	Pengelolaan limbah industri kimia yang berkelanjutan di Indonesia memerlukan partisipasi aktif dari semua pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, industri, dan masyarakat. Keberhasilan dalam pengelolaan ini akan mendukung pertumbuhan ekonomi yang bertanggung jawab dan menjaga kelestarian lingkungan. Ditekankan pentingnya sinergi antara kebijakan pemerintah, inovasi teknologi oleh industri, serta peningkatan kesadaran masyarakat untuk mencapai tujuan keberlanjutan secara holistik.
Arif, M. A., Abdullah, I., & Rangkuti, E. M. (2021). Manajemen Pengolahan Air Limbah Industri di	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi manajemen pengolahan air limbah di PT Kawasan Industri Medan (KIM), khususnya melalui perubahan	Perubahan manajemen pengolahan air limbah di PT Kawasan Industri Medan (KIM), termasuk perubahan struktur organisasi dan sistem pengelolaan limbah, mampu memenuhi standar baku mutu

Peneliti dan Tahun	Tujuan	Hasil
Kawasan Industri Medan.	struktur organisasi dan sistem pengelolaan limbah, guna memastikan pemenuhan standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah serta meningkatkan efektivitas kapasitas pengolahan dan mengurangi keluhan masyarakat maupun pengawas lingkungan.	yang ditetapkan oleh pemerintah. Terdapat peningkatan kapasitas pengolahan air limbah dari 5.000 m ³ /bulan menjadi 8.000 m ³ /bulan, serta penurunan jumlah keluhan dari masyarakat dan pengawas lingkungan.
Saputra, H. (2022). Model Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Berkelanjutan Berbasis Pendekatan Low Impact Development (LID): Studi Pencemaran Sungai Kreo dan Sungai Kaligarang di Kota Semarang.	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kota Semarang, khususnya Sungai Kreo dan Sungai Kaligarang, serta menawarkan model pengelolaan berkelanjutan berbasis pendekatan Low Impact Development (LID) guna meningkatkan keberlanjutan pengelolaan DAS melalui penerapan infrastruktur hijau dan adaptasi pada praktik lokal.	Pengelolaan DAS di Kota Semarang, khususnya di Sungai Kreo dan Sungai Kaligarang, masih belum berkelanjutan. Hal ini disebabkan oleh praktik pengelolaan yang bersifat sektoral dan tidak terpadu, serta kurangnya integrasi kebijakan antara pengelolaan DAS dan sumber daya air (SDA). Pendekatan <i>Low Impact Development</i> (LID) diusulkan sebagai model yang dapat meningkatkan keberlanjutan pengelolaan DAS melalui konsep infrastruktur hijau dan adaptasi pada praktik lokal.
Luzha et al. (2023) <i>The Impact of Wastewater on the Quality of Water of Nerodime River.</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak pembuangan air limbah terhadap kualitas air Sungai Nerodime, dengan menilai parameter-parameter penting seperti konsentrasi bakteri, ammonia, dan nitrit, serta mengidentifikasi kebutuhan akan sistem pengolahan limbah yang lebih efektif guna mencegah kerusakan lingkungan lebih lanjut.	Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar parameter kualitas air di Sungai Nerodime, seperti konsentrasi bakteri koliform total, ammonia, dan nitrit, berada di atas batas yang diizinkan oleh peraturan di Kosovo. Hal ini terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, termasuk pembuangan air limbah industri dan domestik yang tidak diolah. Lokasi S6 memiliki tingkat polusi tertinggi, dengan konsentrasi ammonia dan polutan lainnya yang

Peneliti dan Tahun	Tujuan	Hasil
		signifikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan pengolahan air limbah yang lebih efektif untuk mencegah kerusakan lebih lanjut terhadap kualitas air Sungai Nerodime.
Rosental, O. M., & Sambursky, G. A. (2023). <i>Representativeness Errors in the Assessment of Pollution Discharge in Wastewater.</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi kesalahan dalam penilaian kualitas pembuangan air limbah akibat penggunaan data sampel yang tidak representatif, serta mengusulkan pendekatan pengambilan sampel dan interpretasi data yang lebih akurat agar evaluasi kualitas limbah dapat dilakukan secara adil dan tepat.	Penggunaan nilai rata-rata dalam penilaian kualitas air limbah dapat menyebabkan kesalahan sistemik dalam pengambilan keputusan mengenai tingkat pencemaran. Hal ini karena data sampel yang tidak representatif dapat menghasilkan kesimpulan yang salah, seperti menetapkan suatu perusahaan sebagai pelanggar meskipun sebenarnya mematuhi standar dalam sebagian besar waktu. Disarankan pendekatan yang lebih akurat dalam pengambilan sampel dan interpretasi data untuk memastikan evaluasi yang adil dan tepat terhadap kualitas pembuangan air limbah.
Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O., & Durowoju, O. S. (2016). <i>Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa.</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak pembuangan air limbah yang tidak diolah atau diolah secara tidak memadai terhadap kualitas air permukaan di Afrika Selatan, serta menekankan pentingnya investasi dan peningkatan pengawasan dalam sistem pengelolaan limbah guna melindungi kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan.	Pembuangan air limbah yang tidak diolah atau diolah secara tidak memadai merupakan penyebab utama pencemaran sumber air permukaan di Afrika Selatan. Kurangnya infrastruktur, desain yang buruk, serta pengawasan yang lemah menyebabkan tingginya tingkat kontaminasi air dengan bahan kimia dan mikroorganisme berbahaya. Kondisi ini meningkatkan risiko kesehatan bagi masyarakat yang bergantung pada air permukaan untuk kebutuhan sehari-hari.

Peneliti dan Tahun	Tujuan	Hasil
		Penelitian ini menekankan perlunya investasi dan peningkatan pengawasan dalam pengelolaan air limbah untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan.
Cisneros-Aguirre, J., & Afonso-Correa, M. (2024). <i>Challenges and Deficiencies in Wastewater Management: An Analysis of European Legislation (Directive 91/271/EEC)</i> .	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kelemahan dalam pelaksanaan regulasi pengelolaan air limbah di Uni Eropa, khususnya di Spanyol, serta menekankan perlunya perubahan paradigma melalui peningkatan pemantauan, penerapan teknologi pengolahan yang lebih baik, dan kolaborasi antara pemerintah dengan pihak ilmiah guna memperbaiki sistem pengelolaan air limbah.	Kelemahan dalam pelaksanaan regulasi air limbah di Uni Eropa, khususnya Spanyol, menyebabkan terjadinya pencemaran yang luas di perairan darat dan pesisir. Meskipun terdapat upaya regulasi, kurangnya pengawasan yang efektif dan ketidaksesuaian antara kebijakan dan praktik di lapangan mengakibatkan pembuangan air limbah yang tidak diolah dengan baik. Penelitian ini menekankan perlunya perubahan paradigma dalam pengelolaan air limbah, termasuk peningkatan pemantauan, teknologi pengolahan yang lebih baik, dan kolaborasi antara pemerintah dan pihak ilmiah untuk memperbaiki sistem pengelolaan air limbah.
Yohana, M., Purwanto, P., & Warsito, B. (2023). <i>Tingkat Ketaatan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup pada Industri Manufaktur di Kota Salatiga</i> .	Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai tingkat ketaatan industri manufaktur di Kota Salatiga terhadap pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup, serta mengidentifikasi kekurangan yang ada guna memberikan rekomendasi peningkatan regulasi, kompetensi	Industri manufaktur di Kota Salatiga masih menunjukkan kekurangan dalam ketaatan terhadap pengelolaan lingkungan hidup, khususnya pada pemenuhan baku mutu air, kompetensi SDM, dan penyusunan dokumen pelaksanaan RKL-RPL/UKL-UPL. Penelitian merekomendasikan peningkatan sosialisasi regulasi, peningkatan

Peneliti dan Tahun	Tujuan	Hasil
	SDM, dan efektivitas kompetensi pengawas pengawasan dalam rangka mencapai standar lingkungan yang lebih baik.	kompetensi pengawas lingkungan, dan pembinaan yang lebih efektif untuk meningkatkan ketaatan industri terhadap standar lingkungan.

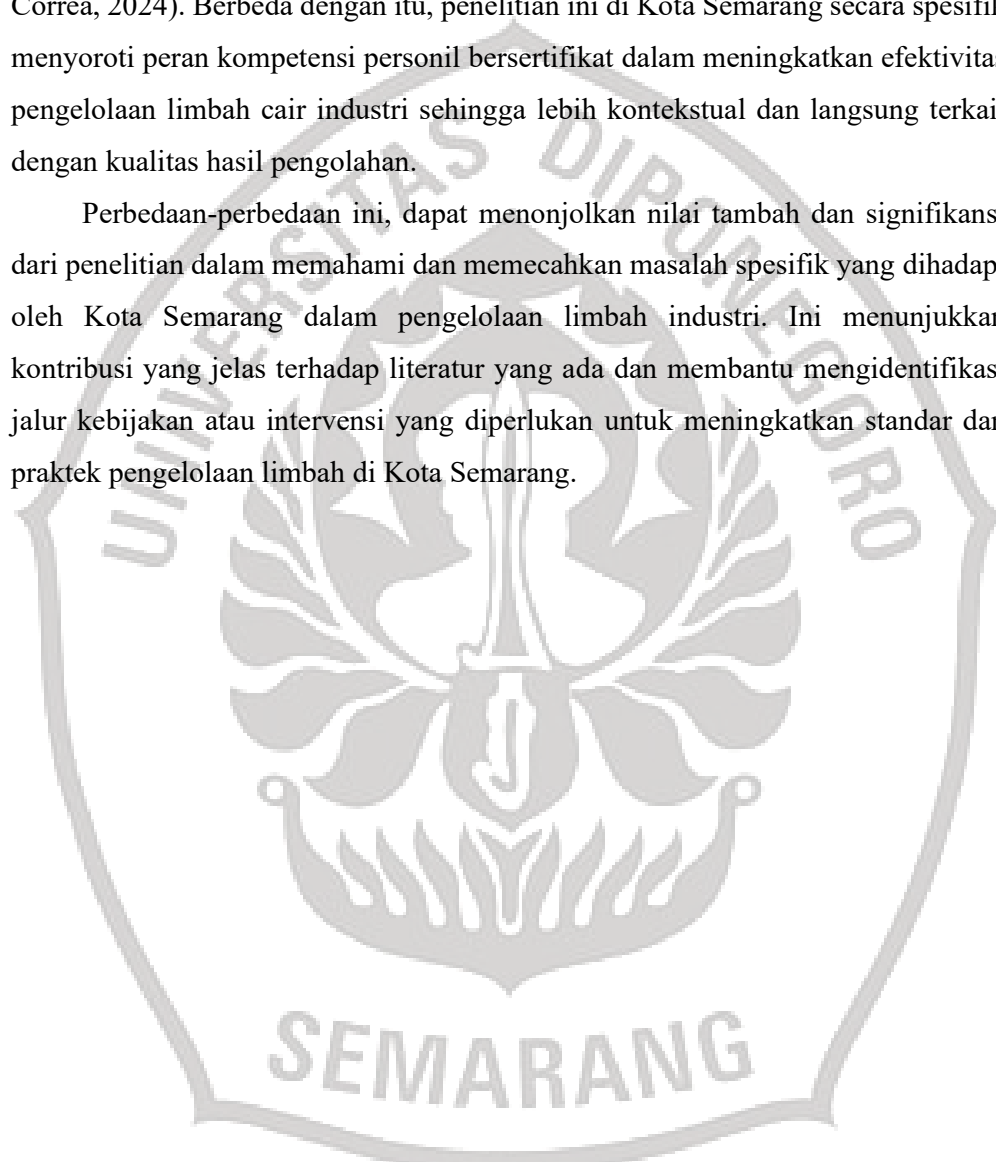
Sumber: artikel penelitian diolah, 2025

Penelitian terdahulu yang disajikan di tabel tersebut menggambarkan berbagai pendekatan dan fokus pada pengelolaan limbah di berbagai lokasi dan konteks, seperti pengelolaan limbah industri kimia di Indonesia, manajemen air limbah di kawasan industri, dan pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan. Studi-studi ini menggunakan berbagai metodologi, dari kualitatif deskriptif, FGD dan wawancara mendalam, hingga metode campuran dan kuantitatif dengan analisis statistik.

Penelitian ini, berlaku sebaliknya, fokus pada analisis pengaruh kompetensi personil pengolah air limbah yang tersertifikasi terhadap pemenuhan baku mutu air limbah industri di Kota Semarang. Ini mencakup tidak hanya evaluasi dari pengelolaan limbah cair itu sendiri tapi juga mempertimbangkan dampak dari sertifikasi kompetensi personil terhadap peningkatan efektivitas pengelolaan limbah. Hal ini menjadikan penelitian ini memiliki sudut pandang yang lebih spesifik dalam memahami bagaimana kompetensi personil berdampak langsung pada kualitas pengelolaan limbah. Perbedaan lainnya adalah pada *setting* dan konteks geografis penelitian. Penelitian ini terfokus pada Kota Semarang, sebuah kota dengan tantangan dan dinamika pengelolaan limbah yang khusus, berbeda dari konteks yang dibahas dalam penelitian-penelitian terdahulu yang mungkin memiliki fokus yang lebih luas atau berbeda lokasi. Penelitian-penelitian di berbagai kota menunjukkan fokus yang beragam, misalnya di Medan menekankan pada perubahan manajemen organisasi pengolahan limbah (Arif, Abdullah, & Rangkuti, 2021), di Salatiga pada tingkat ketaatan industri terhadap regulasi lingkungan (Yohana, Purwanto, & Warsito, 2023), serta di Kosovo dan Afrika Selatan pada dampak pencemaran limbah terhadap kualitas air dan kesehatan masyarakat (Luzha et al., 2023; Edokpayi, Odiyo, & Durowoju, 2016). Di Uni

Eropa, khususnya Spanyol, penelitian lebih diarahkan pada kelemahan regulasi dan perlunya paradigma baru dalam pengelolaan limbah (Cisneros-Aguirre & Afonso-Correa, 2024). Berbeda dengan itu, penelitian ini di Kota Semarang secara spesifik menyoroti peran kompetensi personil bersertifikat dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah cair industri sehingga lebih kontekstual dan langsung terkait dengan kualitas hasil pengolahan.

Perbedaan-perbedaan ini, dapat menonjolkan nilai tambah dan signifikansi dari penelitian dalam memahami dan memecahkan masalah spesifik yang dihadapi oleh Kota Semarang dalam pengelolaan limbah industri. Ini menunjukkan kontribusi yang jelas terhadap literatur yang ada dan membantu mengidentifikasi jalur kebijakan atau intervensi yang diperlukan untuk meningkatkan standar dan praktek pengelolaan limbah di Kota Semarang.



SEKOLAH PASCA SARJANA