

Sumber Limbah dan Potensi Pencemaran Penggunaan Sumber Daya Alam Panas Bumi (Geothermal) pada Industri Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

Wahyu Mei, Sulistyono
Pusat Pengembangan SDM Minyak dan Gas Bumi

Abstrak

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya panas bumi (*geothermal*) terbesar di dunia. Berdasarkan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2016, total potensi energi Panas Bumi sebesar 29.543,5 Mega Watt (MW). Uap panas bumi diperoleh dengan cara melakukan pengeboran (eksplorasi) dan eksploitasi yaitu kegiatan operasi produksi panas bumi yang telah dihasilkan. Panas bumi dalam bentuk uap air adalah sumber energi terbarukan (*renewable*) yang dapat digunakan sebagai penggerak turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Penggunaan energi panas bumi memiliki nilai positif karena dapat menekan penggunaan energi fosil. Namun penggunaan panas bumi sebagai sumber energi juga memiliki dampak negatif yang harus dicari jalan keluarnya. Salah satu dampak negatif penggunaan energi panas bumi adalah menghasilkan limbah terutama limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya). Limbah yang dihasilkan industri PLTP berupa *geothermal brine* dan *sludge*, jika limbah tersebut baik berupa limbah padat, cair maupun gas ada yang dibuang ke lingkungan akan mengakibatkan masalah pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk mengatasi masalah limbah *geothermal* industri PLTP, dilakukan pengelolaan dan memanfaatkan limbah *geothermal* tersebut. Limbah *sludge* dari PLTP mengandung silika yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pencampur semen, selain itu juga dapat dibuat untuk pencampur batako ataupun paving. Sedangkan limbah cair (*brine*) yang mengandung berbagai jenis mineral berupa silika (SiO₂), kalium (K), magnesium (Mg), dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi yaitu berupa pupuk *multinutrien phosphate-base* seperti Mg-K-PO₄, Mg₃(PO₄).

Kata kunci: panas bumi, uap, brine, sludge

1. Pendahuluan

Sumber daya alam panas bumi merupakan sumber energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi dan tersimpan dalam bentuk air panas atau uap panas pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi (Dickson, M. H. & Fanelli, M., 2004). Sumber panas pada lapangan panas bumi adalah magma yang berasal dari kedalaman 50-100 km dan bergerak ke atas, mengintrusi lapisan-lapisan batuan dengan membawa temperatur yang tinggi yaitu sekitar 900-1200°C menuju kedalaman dangkal yang berkisar antara 2-10 km. Secara umum sebaran sumber panas bumi terletak

sepanjang jalur gunung api, seperti halnya di Indonesia yang banyak mempunyai gunung api. Menurut Undang-Undang No. 21 Tahun 2014, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, serta batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetika tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi.

Menurut Bertani, R (2012), Energi panas bumi merupakan energi panas yang tersimpan dalam batuan dan fluida yang terkandung di bawah permukaan bumi. Sementara itu untuk pemanfaatannya, perlu dilakukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi guna mentransfer energi panas tersebut ke

permukaan dalam wujud uap panas, air panas, atau campuran uap dan air serta unsur-unsur lain yang dikandung dalam panas bumi. Pada prinsipnya dalam kegiatan panas bumi yang dieksploitasi adalah air panas dan uap air. Sumber daya panas bumi dikategorikan lebih ramah lingkungan dibandingkan minyak dan gas bumi, karena unsur-unsur yang berasosiasi dengan energi panas tidak membawa dampak lingkungan atau berada dalam batas ketentuan yang berlaku. Panas bumi merupakan sumber energi panas terbarukan karena proses pembentukannya terus-menerus sepanjang masa selama kondisi lingkungan dapat terjaga keseimbangannya.

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya panas bumi terbesar di dunia, potensi panas bumi di Indonesia tersebar membentuk jalur gunung api (*ring of fire*). Berdasarkan data Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2016, total potensi energi panas bumi sebesar 29.543,5 Mega Watt (MW). Uap panas bumi diperoleh dengan cara melakukan pengeboran (eksplorasi) pada daerah-daerah yang mempunyai potensi *geothermal*, dan selanjutnya dilakukan eksploitasi yaitu kegiatan operasi produksi panas bumi yang telah dihasilkan. Seperti diketahui bahwa panas bumi dalam bentuk uap air adalah sumber energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin yang tersambung ke generator pada pembangkit listrik. Dengan demikian pembangkit listrik yang menggunakan panas bumi sebagai energi penggeraknya disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Energi panas bumi telah banyak dimanfaatkan untuk pembangkit listrik oleh banyak Negara di dunia termasuk Indonesia. Mengingat sifat sumber energi panas bumi tidak dapat diekspor, pemanfaatannya terutama ditujukan untuk mencukupi kebutuhan energi domestik yang dapat memberikan nilai tambah (*added value*) dalam rangka optimalisasi pemanfaatan aneka ragam (diversifikasi) sumber energi sebagai pengganti sumber energi dari fosil terutama minyak dan gas bumi. Hal ini

menjadi penting mengingat produksi minyak dan gas bumi (migas) semakin menurun sesuai dengan sifat alamiahnya yang tidak terbarukan (*non-renewable*). Disamping untuk pembangkit tenaga listrik, fluida panas bumi juga dapat dimanfaatkan untuk sektor non-listrik antara lain untuk pemanasan ruangan, pemanasan air, pemanasan rumah kaca, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan tanah, pengeringan kayu, kertas dan lainnya.

Kebijakan pembangunan nasional menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan yang memadukan ketiga pilar pembangunan yaitu bidang ekonomi, sosial dan lingkungan hidup. Pembangunan yang mempunyai tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat tidak dapat terhindarkan dari penggunaan sumberdaya alam, termasuk sumberdaya alam panas bumi. Namun eksploitasi sumberdaya alam yang tidak mengindahkan kemampuan daya dukung dan daya tampung lingkungan menyebabkan pencemaran sehingga mengakibatkan merosotnya kualitas lingkungan. Bahwa kualitas lingkungan hidup yang semakin menurun telah mengancam kelangsungan perikehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya sehingga perlu dilakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang sungguh-sungguh dan konsisten oleh semua pemangku kepentingan. Kualitas lingkungan yang baik merupakan salah satu modal dasar dan penting bagi terlaksananya pembangunan yang berkelanjutan. Kualitas lingkungan yang baik secara umum akan meningkatkan taraf kesehatan dan taraf hidup yang baik bagi masyarakat. Kualitas lingkungan sangat berpengaruh terhadap kualitas hidup masyarakat lokal, masyarakat lokal yang terkena dampak industri dan penduduk yang bekerja pada suatu industri tersebut.

Dalam proses produksinya dari kegiatan hulu (*downstream*) mulai tahap eksplorasi, yaitu pengeboran sumber panas bumi maupun tahap eksploitasi yaitu operasi produksi.

panas bumi hingga kegiatan hilir (*upstream*) yaitu tahap penggunaan panas bumi untuk pembangkit listrik menghasilkan limbah bahkan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang potensi mencemari lingkungan. Jenis limbah pada industri Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) dapat berupalimbah padat, limbah cair maupun limbah gas. Pencemaran lingkungan dapat mengakibatkan merosotnya kualitas lingkungan, yang berarti fungsi atau peranan lingkungan tersebut mengalami penurunan. (Daysh, S., & Chrrip, M, 2009). Adapun penurunan fungsi atau peranan lingkungan yang terjadi diantaranya adalah berkurangnya sumber daya alam serta berkurangnya kemampuan lingkungan untuk mengolah limbah secara alami.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), kegiatan usaha industri panas bumi berpotensi menghasilkan limbah B3 pada kegiatan eksplorasi dan produksi minyak, gas, dan panas bumi dengan kode 30. Limbah hasil kegiatan eksplorasi dan produksi panas bumi terutama limbah lumpur bor dan limbah serbuk bor yang umumnya berbahan dasar *oil base* dan atau *synthetic oil*. Limbah hasil kegiatan usaha industri panas bumi dikategorikan limbah B3 karena sifat dan konsentrasinya dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Adapun karakteristik yang termasuk limbah B3 adalah: mudah meledak, mudah teroksidasi, mudah menyala, bersifat reaktif, beracun, berbahaya, menyebabkan infeksi, bersifat korosif dan bersifat karsinogenik.

Usaha dan atau kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang menggunakan sumber daya alam panas bumi merupakan salah satu usaha dan atau kegiatan yang berpotensi menimbulkan pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup, oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan dan pengendalian terhadap limbah yang dihasilkan.. Pengelolaan limbah dari kegiatan industri PLTP harus sesuai dengan ketentuan

yaitu regulasi lingkungan hidup baik itu undang-undang lingkungan hidup maupun regulasi turunannya seperti peraturan pemerintah, peraturan presiden maupun peraturan menteri.

2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang penulisan diatas dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah kegiatan industri panas bumi menghasilkan limbah yang potensi mencemari lingkungan hidup?
2. Bagaimana prinsip pengelolaan limbah hasil industri panas bumi?

3. Dasar Teori

3.1 Limbah Kegiatan Industri Panas Bumi

Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) tidak memerlukan energi primer untuk menggerakkan turbin, hal ini karena uap air diekstraksi dari perut bumi melalui sumur produksi. Uap yang keluar dari sumur produksi, kemudian dialirkan ke separator. Pada prinsipnya fungsi dari separator adalah untuk memisahkan air panas dari uap sesuai perbedaan density-nya, sehingga diperoleh uap kering yang akan dialirkan ke turbin PLTP. Air panas merupakan fasa cair dari hasil pemisahan uap panas bumi di separator. Uap dipergunakan untuk memutar turbin, dan setelah memutar turbin uap tersebut terkondensasi kembali menjadi air. Air hasil kondensasi seharusnya diinjeksikan kembali ke dalam reservoir untuk menjaga keberlanjutan reservoir sehingga sumber daya panas bumi dapat terus terjaga keberlanjutannya. Ketika air hasil kondensasi dan *brine* yang dihasilkan oleh sistem PLTP ini tidak diinjeksikan kembali ke dalam reservoir, maka air dan *brine* tersebut menjadi limbah. Jika limbah tersebut akan diinjeksikan ke reservoir atau ada yang akan dibuang ke lingkungan maka harus didinginkan dahulu melalui menara pendingin (*cooling tower*) yang berfungsi untuk menurunkan entalpi *brine* dan air kondensasi setelah keluar dari turbin. *Brine* dan air kondensasi d i d i n g i n k a n d e n g a n a i r

bertemperatur 26°C pada tekanan 1 atm. Jika ada limbah cair yang akan dibuang ke lingkungan badan air atau sungai harus memenuhi standar atau baku mutu yang telah ditentukan oleh regulasi, kalau tidak maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Secara umum, limbah yang dihasilkan oleh industri Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) terdiri atas 3 (tiga) jenis, yaitu limbah padat berupa lumpur (*sludge*), limbah cair dan limbah gas.

a). Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan industri PLTP berupa lumpur *geothermal (sludge)* yang berasal dari endapan pada waktu proses pengolahan limbah cair (*geothermal brine*) dan kerak silika dari pipa-pipa instalasi PLTP. Selain itu limbah padat juga berasal dari lumpur bor dan serbuk bor yang berbahan dasar *oil base* dan atau *synthetic oil* pada cutting pemboran pada waktu kegiatan pemboran eksplorasi panas bumi. Komponen utama dari limbah sludge adalah air, minyak, padatan (residu) dan unsur-unsur logam. Kandungan unsur-unsur logam pada limbah sludge beberapa diantaranya merupakan logam berat seperti logam tembaga (Cu), timbal (Pb), zink (Zn), mangan (Mn), besi (Fe), cadmium (Cd), arsen (As), stibium (Sb), perak (Ag), air raksa (Hg), selenium (Se) dll. Limbah padat potensi mengandung limbah B3 yang memberikan dampak negatif dan membahayakan kesehatan makhluk hidup dan lingkungan sekitarnya, oleh karena itu limbah tersebut harus dilakukan pengelolaan sesuai dengan regulasi yang mengatur lingkungan hidup yaitu UU No. 32 tahun 2009 maupun PP No. 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3.

Secara fisik limbah sludge mempunyai berat jenis antara: 0,93 - 1,05, limbah sludge umumnya juga mengandung unsur silika. Ada banyak kegunaan silika dalam dunia industri, diantaranya yang terbesar adalah sebagai bahan refraktori dan bahan campuran

semen. Sedangkan aplikasi khusus dari silika yaitu untuk penguat karet (karet yang digunakan pada sepatu dan ban), perekat silikon dan cat, pengisi bahan kertas, bahan baku untuk zeolit sintesis, katalitik, senyawa polishing dll. Kandungan silika dalam limbah sludge bervariasi, sehingga memungkinkan limbah sludge ini dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk mensintesis zeolit sehingga mempunyai nilai tambah yang lebih besar dan mengurangi masalah buangan limbah pada industri panas bumi.

b). Limbah Cair

Limbah cair merupakan air hasil kondensasi dari sistem PLTP dan brine yang tidak diinjeksikan kembali ke dalam reservoir, maka air hasil kondensasi dan brine tersebut menjadi limbah cair. Pada prinsipnya proses produksi brine hampir mirip air terproduksi pada produksi minyak dan gas bumi. Limbah cair dari industri PLTP umumnya mengandung berbagai jenis mineral tersuspensi maupun terlarut dengan total dissolved solid cukup tinggi. Berbagai jenis mineral tersebut berupa hidrogen *disulfide* (H₂S), amoniak (NH₃), air raksa (Hg), arsen (As), silika (SiO₂), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), minyak dan lemak dan yang lain. Limbah cair hasil kegiatan industri PLTP ini potensi menghasilkan limbah B3 yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

c). Limbah Gas

Sesuai Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pengertian pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pengertian udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi

Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Lebih lanjut pengertian emisi adalah zat, energi dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

Menurut Pembangkit Tenaga Listrik Termal (PLTP) adalah suatu kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, gas, campuran antara padat, cair, dan atau gas, atau uap panas bumi. Sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi termasuk kategori Pembangkit Listrik Termal karena menggunakan bahan bakar uap panas bumi. Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah kegiatan yang memproduksi tenaga listrik dengan memanfaatkan panas bumi yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin yang seporos dengan generator sehingga membangkitkan tenaga listrik.

Secara umum emisi yang dihasilkan dari industri PLTP berupa limbah gas diantaranya mengandung karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3).

3.2 Pengelolaan Limbah Padat

Senyawa logam dari sludge industri PLTP dapat terpapar masuk ke tubuh manusia melalui makanan, air minum dan udara. Bahwa untuk mencegah timbulnya gangguan kesehatan dan pencemaran lingkungan di industri, setiap industri termasuk industri PLTP wajib memenuhi standar dan menerapkan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri. Lingkungan kerja industri harus memenuhi standar dan persyaratan kesehatan agar pekerja dapat melakukan pekerjaan sesuai jenis pekerjaannya dengan sehat dan produktif. Standar kesehatan lingkungan kerja industri

diantaranya meliputi Nilai Ambang Batas (NAB) faktor fisik dan kimia. Nilai Ambang Batas yang selanjutnya disingkat NAB adalah standar faktor bahaya di tempat kerja sebagai kadar atau intensitas rata-rata tertimbang waktu (*time weighted average*) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

Regulasi pemerintah yang mensyaratkan Nilai Ambang Batas (NAB) bahan-bahan kimia termasuk logam pada lingkungan kerja industri adalah Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi/Permenakertrans No.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja atau juga Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2016 tentang Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.

Limbah padat *geothermal* dari industri PLTP yang berupa *sludge* ikutan dari aliran fluida *geothermal* umumnya diinjeksikan kembali ke dalam sumur produksi bersamaan dengan *brine*. Limbah padat yang berasal dari cutting serpihan atau serbuk pemboran sumur *geothermal* dimanfaatkan diantaranya untuk bahan pencampur bahan semen atau pencampuran coran beton untuk dibuat batako atau paving.

3.3 Pengelolaan Limbah Cair

Fluida *geothermal* yang berupa brine dan air kondensasi (*condensat*) umumnya semuanya diinjeksikan kembali ke sumur produksi. Fluida *geothermal* yang keluar dari sistem pengolahan dan pemanfaatan fasilitas PLTP dikategorikan sebagai limbah dan potensi menimbulkan pencemaran lingkungan karena mengandung berbagai jenis mineral tersuspensi maupun terlarut dengan total dissolved solid cukup tinggi. Fluida ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa pendangkalan aliran sungai jika tidak dilakukan pengolahan. Berdasarkan data literatur, berbagai jenis mineral yang terkandung dalam fluida *geothermal* berupa silika (SiO_2), kalium (K), magnesium (Mg),

yang dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi, yaitu berupa pupuk *Multinutrien Phosphate-Base* seperti Mg-K-PO₄, Mg₃(PO₄).

Limbah cair air panas (brine) jika ada yang akan dibuang ke lingkungan dari kegiatan eksplorasi dan produksi panas bumi harus mengacu pada regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi. Sedangkan limbah cair air hasil kondensasi dari industri PLTP jika ada yang akan dibuang ke lingkungan harus mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 8 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal. Sebagai upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, badan usaha pelaksana industri PLTP dituntut melakukan upaya preventif yaitu mengoptimalkan perencanaan pengelolaan lingkungan dengan baik dan konsisten sesuai dengan regulasi yang ada. Perencanaan tersebut harus tertuang dalam dokumen amdal berupa kegiatan RKL-RPL (Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan).

3.4 Pengelolaan Limbah Gas

Seperti diketahui secara umum emisi yang dihasilkan dari industri PLTP berupa limbah gas diantaranya mengandung karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), hidrogen sulfida (H₂S), ammonia (NH₃). Gas karbon dioksida (CO₂), adalah gas tidak berwarna, tidak berbau yang merupakan salah satu gas rumah kaca. Seperti diketahui gas karbon dioksida sangat penting untuk proses fotosintesis tumbuhan. Namun apabila jumlah CO₂ di udara terlalu banyak dan tumbuhan hanya sedikit, maka akan menjadi permasalahan dan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan dan semua kehidupan di bumi. Jika gas CO₂ terlalu banyak, maka gas CO₂ tersebut akan naik ke atmosfer dan menghalangi pemancaran panas dari bumi sehingga panas dipantulkan kembali ke bumi.

Akibatnya bumi menjadi sangat panas, dan inilah yang disebut efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global (global warming).

Gas hidrogen sulfida (H₂S) merupakan suatu gas tak berwarna, mudah terbakar (flammable), mudah meledak (explosive), sangat berbahaya, sangat beracun, korosif, lebih berat dari udara dan mempunyai bau khas telur busuk. Pada paparan dengan konsentrasi rendah berbahaya dapat mengiritasi mata, hidung, tenggorokan, menyebabkan batuk, pusing, mual, muntah dan sistem pernapasan (seperti mata perih dan terbakar, batuk, dan sesak napas). Sedangkan paparan dengan konsentrasi tinggi akan menyebabkan syok, kejang, tidak bisa bernapas, tidak sadar, koma, dan akhirnya kematian. Efek lethal tersebut bisa dalam beberapa hirupan ataupun hanya dalam 1 hirupan.

Gas ammonia (NH₃) adalah gas yang tidak berwarna, larut dalam air, lebih ringan dari udara, memiliki bau yang sangat menyengat dan mempunyai rasa seperti logam alkali atau sabun, ketika dihirup bisa membuat air mata mengalir. Ammonia cair dapat menyebabkan kulit melepuh seperti luka bakar dan juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Menghirup gas ammonia bisa menyebabkan mual, muntah, sesak napas, pingsan bahkan kematian. Penggunaan ammonia dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit kanker karena ammonia bersifat karsinogenik.

Setiap usaha dan atau kegiatan pembangkit tenaga listrik termal termasuk PLTP wajib menaati baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan atau kegiatan pembangkit tenaga listrik panas bumi. Supaya tidak mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya maka pembuangan emisi industri PLTP ke lingkungan harus memenuhi baku mutu sesuai regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal.

4. Kesimpulan

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya panas bumi terbesar di dunia. Seperti diketahui bahwa panas bumi dalam bentuk uap air adalah sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai penggerak turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Penggunaan energi panas bumi memiliki nilai positif karena dapat menekan penggunaan energi fosil. Namun penggunaan panas bumi sebagai sumber energi juga memiliki dampak negatif yang harus dicari jalan keluarnya. Salah satu dampak negatif penggunaan energi panas bumi adalah menghasilkan limbah terutama limbah B3. Secara umum limbah yang dihasilkan industri PLTP berupa *geothermal* brine dan sludge. Jika limbah panas bumi tersebut baik yang berupa limbah padat, cair maupun gas jika dibuang ke lingkungan akan mengakibatkan masalah pencemaran lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Untuk mengatasi masalah limbah *geothermal* industri PLTP, dilakukan pengelolaan dengan memanfaatkan limbah *geothermal* tersebut. Limbah sludge dapat dimanfaatkan sebagai bahan pencampur semen, selain itu juga dapat dibuat untuk pencampur batako ataupun paving. Sedangkan limbah cair (*brine*) yang mengandung berbagai jenis mineral berupa silica (SiO₂), kalium (K), magnesium (Mg), dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi yaitu berupa pupuk multinutrien phosphate-base seperti Mg-K-PO₄, Mg₃(PO₄).

5. Daftar Pustaka

Bertani, R., 2012, Geothermal Power Generation in the World 2005-2010 Update Report, *Geothermics*, 41, 1-29.
Daysh, S., & Chrrip, M., 2009, Environmental Planning and Conservating for Wairakei: 1953-2008, *Geothermics*, 38, 192-199

Dickson, M. H., & Fanelli, M., 2004, What is geothermal energy? (http://www.geothermalenergy.org/what_is_geothermal_energy.html), diakses pada 26 Oktober 2015.

Fridleifsson, I. B., 2001, Geothermal Energy for the Benefit of the People, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 299-312.

<http://www.ilmu>

[lingkungan.com/pengelompokan-limbah](http://www.lingkungan.com/pengelompokan-limbah), diakses 4 Mei 2018

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Peraturan Pemerintah Nomor 104 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 08 tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal.

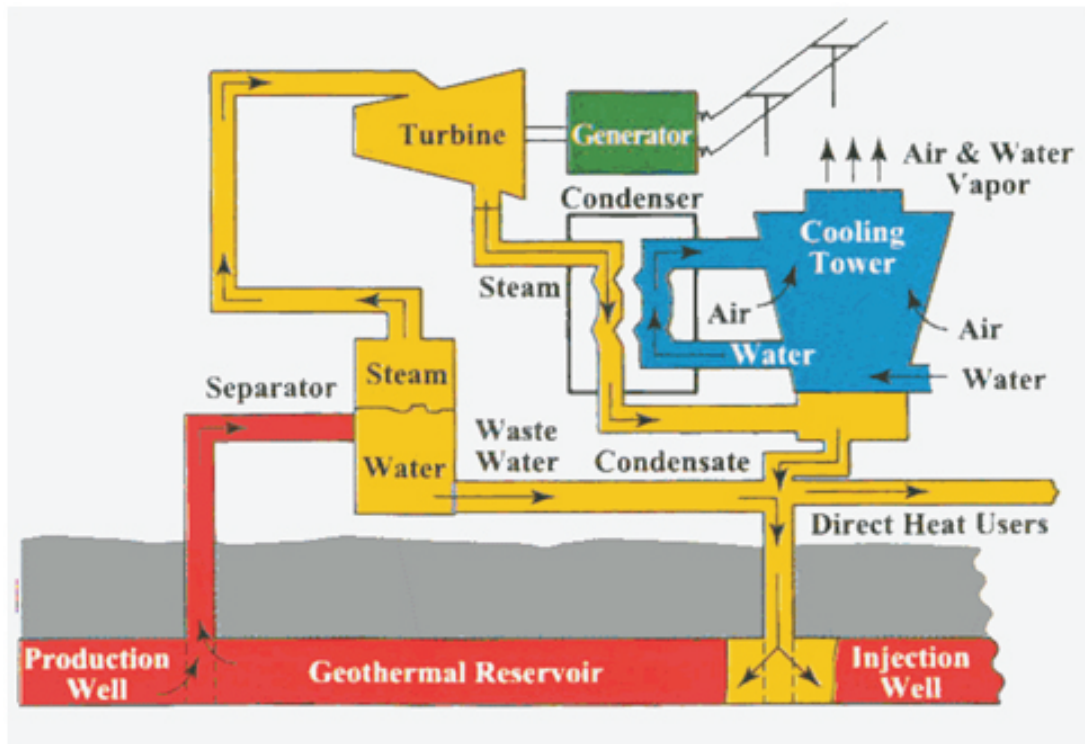
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi.

Setyaningsih, 2011, Potensi Lapangan Panas Bumi sebagai Sumber Energi Alternatif dan Penunjang Ekonomi Daerah, *Jurnal Geografi* Volume 8 No. 1 Januari, Jakarta

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Undang-Undang Nomor 21 tahun 2014 tentang Panas Bumi.

Daftar Gambar



Gambar 1: Operasi dari Industri PLTP



Gambar 2 : Industri Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi

Daftar tabel

Tabel 1: Pengaruh Logam Terhadap Kesehatan

No	Nama Logam	NAB (mg/m ³)	Keterangan
1.	Air raksa (Hg)	0,025	Gangguan sistem saraf pusat dan susunan saraf tepi, kerusakan ginjal
2.	Arsen (As)	0,01	Kanker kulit, paru, empedu, hati, ginjal dan prostat
3.	Besi (Fe)	1	Iritasi saluran pernapasan atas dan kulit
4.	Kadmium (Cd)	0,01	Kanker, paru-paru, ginjal, hati, sakit tenggorokan, keluar air mata, dermatitis dan kerusakan sumsum
5.	Tembaga (Cu)	Uap : 0,2 Debu : 1	Anemia, fume tembaga dapat menyebabkan batuk, kelainan pencernaan dan demam Debu tembaga, pembengkakan mata dan gangguan kornea dan paru-paru.
6.	Kromium (Cr)	0,5	Gagal ginjal, iritasi pada mata dan kulit, dermatitis pada kulit, asma, kanker.
7.	Mangan (Mn)	0,2	Gangguan kejiwaan serta sirosis hati.
8.	Perak (Ag)	0,1	Argyria, gangguan pada kulit warnanya menjadi kebiru-biruan atau abu-abu
9.	Timah hitam/ Timbal (Pb)	0,05	Hilangnya nafsu makan, anemia, tidak dapat tidur, pusing, otot dan persendian sakit, halusinasi dan gangguan liver. Keracunan berat menyebabkan mandul, keguguran atau gangguan kandungan
10.	Selenium (Se)	0,2	Gangguan mental, meningkatkan resiko terserang kanker, penyakit jantung, penuaan, dan berbagai penyakit karena kelemahan system imunitas
11.	Zink (Zn)	Uap : 5 Debu : 10	Batuk-batuk, uap Zn menyebabkan kerusakan membrane mukosa, kerongkongan kering, lemas dan muntah, gangguan paru-paru dan pernafasan.

Sumber : Permennakertrans No.Per 13/MEN/X/2011 dan MSDS

Tabel 2: Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau KegiatanEksplorasi dan Produksi

No	Jenis Air Limbah	Parameter	Kadar Maksimum
1.	Air Terproduksi	Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	1 mg/L
		Amonia (sebagai NH ₃ -N)	10 mg/L
		Air Raksa (Hg) Total	0,005 mg/L
		Arsen (As) Total	0,5 mg/L
		Temperatur	45°C
		pH	6 - 9
2.	Air limbah drainase	Minyak dan Lemak	15 mg/L
		Karbon Organik Total	110 mg/L

Sumber : Permen LH No. 19 Tahun 2010

Tabel 3: Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal dari Sumber Proses Utama

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1.	pH	-	6 – 9
2.	TSS	mg/L	100
3.	Minyak dan Lemak	mg/L	10
4.	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	0,5
5.	Kromium Total (Cr)	mg/L	0,5
6.	Tembaga (Cu)	mg/L	1
7.	Besi (Fe)	mg/L	3
8.	Seng (Zn)	mg/L	1
9.	Phosphat (PO ₄)	mg/L	10

Sumber : Permen LH No. 8 Tahun 2009

Tabel 4: Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi PLTP

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/Nm ³)
1	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	35
2	Ammonia (NH ₃)	0,5

Sumber : Permen LH No. 8 Tahun 2009