

STUDI POTENSI PANAS BUMI DAN TEKNOLOGI MODIFIKASI CUACA ALTERNATIF DI PANTAI PARANG TRITIS YOGYAKARTA

Raden Djoko Goenawan¹⁾, Tri Handoko Seto¹⁾, Edvin Aldrian¹⁾ dan Nandy Putra²⁾

¹⁾Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca - Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

²⁾Teknik Mesin - Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Email: guncloudjoko@gmail.com

Abstrak

Potensi PLTP (pusat listrik tenaga panas bumi) di Indonesia yang sudah beroperasi berkisar dari 12 MW (Sibayak) hingga 375MW (Gunung Salak). Potensi Panas Bumi di Selatan Yogyakarta yang dekat laut/pantai masih belum dieksploitasi dan dikembangkan menjadi PLTP, namun prospek dijadikan studi alternatif modifikasi cuaca versi *geo-engineering* dengan menguapkan air laut (dimana uap air dan aerosol yang berasal dari garam air laut) berbeda dengan PLTP dimana uap air limbahnya tidak mengandung aerosol pembentuk awan. Tanpa Aerosol sebagai CCN (*Cloud Condensation Nuclei*), mustahil akan terbentuk menjadi awan, sekalipun uap air berlimpah dan jenuh di level kondensasi (*Cloud Condensation Level*) atau LCL (*Lifting Condensation Level*). Studi pemanfaatan potensi panas bumi dekat pantai di DIY (Parang Wedang, Parang Kusumo dan Parang Tritis) bisa dijadikan untuk memproduksi uap air dan sekaligus aerosol/ccn, dengan mengidentifikasi potensinya, yang diasumsikan dengan kisaran antara potensi PLTP Sibayak dan Gunung Salak. Untuk menciptakan awan *single cumulus* dibutuhkan minimal 1 juta ton air (10^6 m³), potensi dan pertumbuhan awan *single cloud* bisa memicu udara dan atmosfer di udara sehingga terjadi awan hujan dari awan lainnya ditambah dengan upaya manusia yaitu TMC (Teknologi Modifikasi Cuaca), baik dengan GBG dan penyemaian awan dengan pesawat terbang. Data menunjukkan akibat kekeringan dan kebakaran hutan yang terjadi setiap tahun diperkirakan mencapai 3,53 trilyun, bahkan pada tahun 2015 hampir 221 trilyun belum termasuk rusaknya keanekaragaman hayati, flora dan fauna serta lahan-hutan dan lainnya. Konsep dan aplikasi panas bumi untuk TMC alternatif yang memungkinkan dan cukup prospektif ini kelak bisa direalisasikan sekalipun masih merupakan sebagai studi awal, dan beberapa mekanisme teknis akan dipaparkan dalam paper dan presentasi yang lebih rinci. Karena, TMC selama ini untuk menciptakan hujan buatan, sebatas menyemai awan yang sudah ada di langit. Supaya bisa turun hujan dari awan tersebut yang ditaburi garam, dalam praktiknya upaya pembuatan hujan buatan menghadapi kendala dan persoalan pelik, yakni tidak adanya awan yang bisa disemai untuk menjadi hujan.

Kata Kunci: Panas bumi, uap air, pantai, aerosol/ccn, awan, tmc, hujan, studi awal, kekeringan, kerugian

PENDAHULUAN

Pada musim kemarau bisa terjadi kekeringan dan sebaliknya pada musim penghujan terjadi banjir serta silih berganti bahkan kecenderungan meningkat intensitas dan dampaknya. Fenomena tersebut terjadi setiap tahun akibat perubahan iklim dan pemanasan global yang semakin menguat. Dampak, resiko dan kerugian akan menyangkut kepada semua aspek dan bidang kehidupan baik sosial, pendapatan, produksi, kesehatan sehingga secara ekonomi baik mikro dan makro berimplikasi dan berdampak pada kerentanan dan ketahanan serta ancaman terhadap kemandirian sebagai individu, masyarakat, kalangan swasta hingga nasional, bahkan di bidang pertanian dan pangan menjadi masalah karena pemerintah harus dan terpaksa mengimpor seperti gula, beras dan bahan pangan pokok lainnya.

Musim kemarau dan kekeringan serta pengaruh El Nino menambah parah dampak dan resiko serta kerentanan khususnya bidang pertanian dan pangan yang akan berimbas kepada sektor dan aspek yang lain. Data menunjukkan akibat kekeringan dan kebakaran hutan yang terjadi setiap tahun diperkirakan mencapai 3,53 trilyun, bahkan pada tahun 2015 hampir 221 trilyun (<https://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/15/12/20/nzms82359-bnpb-catat-kerugian-akibat-kebakaran-hutan-2015-rp-221-triliun>). El Nino yang terjadi 1997-1998 silam memberi dampak atau kerugian ekonomi hingga USD 30-40 miliar (jika dengan kurs dolar setelah krismon 9ribu, berarti 360 trilyun), dan kemungkinan El Nino pada saat itu juga memberi dampak melebihi angka tersebut, yaitu tidak hanya para petani saja sehingga menggagalkan panen dan krisis pangan, akan tetapi EL Nino juga memporak-porandakan industri perikanan dan mengurangi bahkan menimpa kehidupan para nelayan (<https://www.merdeka.com/uang/kerugian-ekonomi->

akibat-el-nino-tahun-ini-lebih-parah-dibanding-1998.html).

Berbagai upaya telah banyak dilakukan oleh Masyarakat, swasta maupun pemerintah, baik Kementerian Pertanian dan maupun instansi terkait. Hingga saat ini, upaya dan campur tangan manusia dalam bidang teknologi dan inovasi perlu dilakukan untuk mengurangi dampak dan kerugian secara ekonomi agar bisa senantiasa dilakukan. Salah satunya adalah peran dan campur tangan Pemerintah dalam hal ini untuk bisa mengaplikasikan dan menginovasi TMC (teknologi modifikasi cuaca) yang dilakukan sejak tahun 1972 hingga 2017. BPPT (Badan Pengkajian dan Perapan Teknologi) dalam hal ini BBTMC (Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca) terus secara intensif dan aktif mencari terobosan dan inovasi agar bisa memberi solusi dan dapat mengurangi dampak dari kekeringan yang selalu melanda negeri kita ini, bahkan tentunya untuk melakukan mitigasi dan pencegahan dengan basis inovasi dan teknologi yaitu salah satunya dengan TMC.

Rekayasa cuaca atau TMC harus semakin maju, baru-baru ini di Amerika Serikat ada kabar teknologi rekayasa awan buatan atau menciptakan awan, bukan menyemai atau memodifikasi awan agar terjadi hujan lebih cepat, banyak dan luas. Ternyata, BPPT dalam hal ini BBTMC juga sudah melakukan kajian teknologi serupa, sekalipun masih dalam studi awal. Kepala Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca BPPT Tri Handoko Seto menuturkan selama ini modifikasi cuaca untuk menciptakan hujan buatan, sebatas menyemai awan yang sudah ada di langit atau di udara. Supaya bisa turun hujan awan tersebut ditaburi (disemai) dengan garam (NaCl). Nah, dalam praktiknya upaya pembuatan hujan buatan menghadapi sejumlah kendala dan menjadi persoalan *pelik*. Yakni tidak adanya awan yang bisa disemai untuk menjadi hujan, dan hal ini terjadi pada saat musim kemarau tiba pada puncaknya yang bisa menjadi potensi kekeringan atau kemarau ekstrim. Untuk itu, maka muncul ide dan riset baru untuk membuat awan buatan jadi tidak menunggu awan terbentuk akan tetapi merekayasa agar awan bisa terbentuk. Untuk menciptakan awan *single Cumulus* dibutuhkan minimal 1 juta ton air (10^6 m³), potensi dan pertumbuhan awan *single cloud* bisa memicu udara dan atmosfer di udara sehingga terjadi awan hujan dari awan lainnya yang selanjutnya ditambah dengan upaya manusia yaitu TMC dengan melakukan penyemaian awan, baik dengan GBG maupun penyemaian awan dengan membawa bahan semai dengan media penghantar yaitu pesawat terbang. Bahan semai bisa berbentuk garam sistem tabur maupun dalam bentuk *flare* atau kembang api. Teknologi produksi awan buatan ini cocok untuk daerah di sekitar pegunungan yang banyak tebing-tebing curam sehingga terbentuk agar awan orografik bisa mudah terjadi ketika melewati mekanisme pada LCL (*lifting condensation level*) tercapai. Dengan kondisi seperti itu, sehingga bisa dilakukan upaya atau rekayasa agar penguapan air laut kemudian bergerak ke atas menjadi gumpalan-gumpalan awan orografik. Mekanisme penguapan air laut berbeda dengan penguapan air tawar biasa, dimana lautan selain sebagai sumber uap air atau massa udara lembab yang tak terbatas, juga mengandung aerosol dari garam (NaCl) yang terkandung di dalam air laut yang bertindak sebagai inti kondensasi awan. Sayangnya dan kelemahannya teknologi dan inovasi ini diperkirakan memakan biaya tinggi dan tidak kecil, namun jika dibandingkan dengan dampak, resiko dan kerugian yang terjadi setiap tahun tidak seberapa, akan tetapi secara teknologi perlu dilakukan untuk menghindari dan memitigasi kekeringan serta prospek bisa mengurangi kerugian yang selalu melanda Indonesia terutama di Jawa. Dimana, dampak kekeringan bukan lagi menyangkut kerugian secara ekonomi namun sudah menjadi suatu ancaman, baik ketahanan pangan suatu hal dan menyeluruh hingga sebagai bangsa dan negara. Menurut tim kajian atau penelitian BBTMC dalam hal ini untuk upaya dan rekayasa memproduksi awan buatan masih perlu langkah, studi dan kajian yang lebih mendalam, dan tentunya dilakukan di tengah-tengah melaksanakan tugas negara bidang teknologi dengan masih berfokus pada upaya hujan buatan (TMC) untuk pengendalian kebakaran hutan dalam lahan dan memitigasi akibat kekeringan yang dilakukan setiap tahun. Sekretaris Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Sumatera Selatan Ir. Yana Pardiana membenarkan, upaya hujan buatan (TMC) melalui sistem dan teknologi penyemaian awan hingga saat ini bahwa di lapangan sering dihadapkan pada kendala utama yaitu dengan minimnya ketersediaan awan di langit yang merupakan daerah target pengendalian karhula sebagai bagian dari tim operasi udara. Sehingga ke depan perlu diseriusi dan ditindaklanjuti upaya inovasi dan rekayasa awannya itu sendiri, sehingga tidak hanya menunggu dan berharap akan datangnya awan secara alami (<https://www.jawapos.com/nasional/humaniora/18/09/2018/setelah-hujan-buatan-kini-bppt-kaji-teknologi-awan-buatan>).

POTENSI PANAS BUMI & REKAYASA AIR LAUT

Kita tahu bahwa potensi PLTP (pusat listrik tenaga panas bumi) di Indonesia yang sudah beroperasi di Indonesia berkisar dari 12 MW (Sibayak) hingga 375 MW (Gunung Salak) yang masih jauh dari total potensi yang ada dan terletak jauh dengan garis pantai atau laut. Hampir 40% potensi panas bumi dunia ada di Indonesia. Terdapat air panas alami dari sumur-sumur penduduk yang diduga ada potensi panas bumi di Selatan Yogyakarta yang dekat laut/pantai

masih belum dieksploitasi dan dikembangkan menjadi PLTP, namun prospek dijadikan studi dan kajian alternatif upaya TMC versi model fisika dan *geo-engineering* (rekayasa) yaitu dengan menguapkan air laut (dimana uap air dan aerosol yang berasal dari garam air laut) berbeda dengan PLTP dimana uap air yang merupakan limbahnya tidak mengandung aerosol atau inti pembentuk awan. Tanpa Aerosol sebagai CCN (*cloud condensation nuclei*), mustahil akan terbentuk menjadi awan, sekalipun uap air berlimpah dan jenuh di level kondensasi (*Cloud Condensation Level*) atau LCL (*Lifting Condensation Level*). Studi pemanfaatan potensi panas bumi dekat pantai di DIY (Parang Wedang, Parang Kusumo dan Parang Tritis) bisa dijadikan untuk memproduksi uap air dan sekaligus aerosol/ccn, dengan mengidentifikasi potensinya dan merekayasa atau merancang mekanisme untuk mengubah air laut menjadi uap air dan sekaligus memproduksi aerosol secara serempak.

Ada beberapa model fisika dan rekayasa air laut agar bisa menguap dan naik ke udara bebas dengan memanfaatkan potensi panas bumi yang dekat dengan pantai atau laut, merupakan potensi yang ideal. Karena, jika meninjau pusat listrik tenaga panas bumi yang sekarang sudah beroperasi selain menghasilkan tenaga Listrik, juga menghasilkan uap air sebagai limbahnya yang naik ke udara bebas, namun tidak mengandung Aerosol sebagai CCN. Sehingga uap air tersebut sekalipun mencapai CCL dan LCL tidak akan terbentuk awan. Tanpa Aerosol yang bertindak sebagai CCN maka awan tidak akan terbentuk. Terpikir oleh tim rekayasa awan buatan ini, bagaimana kalo di sekitar cerobong uap air PLTP dilakukan pembakaran *flare* atau penambahan/penyemaian CCN (1)? Hal ini merupakan ide dan kajian yang berbeda, karena potensi uap air yang keluar dari cerobong secara terus menerus (non-stop) selama operasi PLTP tersebut sepertinya sia-sia saja terbuang percuma, padahal merupakan potensi bahan baku pembentuk awan dan hujan di daerah PLTP berada, seperti pada Gambar 1 bisa dimanfaatkan, sementara pada musim kemarau atau kekeringan sulit terbentuk awan secara alami.

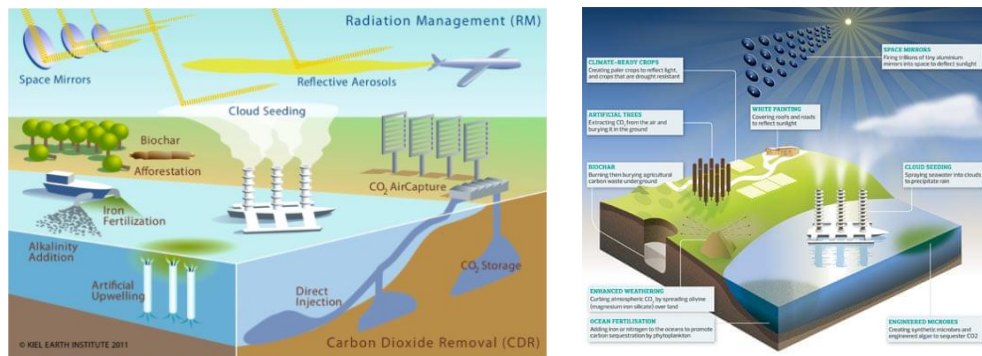


(a) Cerobong & uap air



(b) Uap air dan awan

Gambar 1. Uap-air dari cerobong dari PLTP Kamojang (a) & Visual uap air dan awan tidak jauh beda (b)



Gambar 2. Model *Cloud Seeding* (generator uap air dan aeorol) dari Air Laut (Kiel Earth Inst, 2011)

Ide pemanfaatan uap air secara fisika dan rekayasa TMC bisa dilakukan serta bisa diharapkan terjadi hujan di sekitar PLTP jika kondisi cuaca dan parameter atmosfer mendukung terjadi hujan, bahkan menjadi pemicu terbentuknya awan

yang lain di sekitarnya ditambah dengan upaya penyemaian awan atau TMC. Namun, kondisinya kurang ideal, yang ideal adalah jika PLTP terletak berada di dekat pantai sehingga potensi panas bumi bisa dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk membangkitkan tidak hanya Listrik akan tetapi juga uap-air dan aerosol (Gambar 2) sekaligus, yang merupakan bahan baku agar awan bisa terbentuk.

ANALISIS DAN MEKANISME TMC

1. Jika kita bisa memanfaatkan uap air yang terbang percuma yang keluar dari Cerobong PLTP yang sudah beroperasi menghasilkan listrik sekalipun jauh dari laut atau pantai, namun mempunyai kelebihan yaitu dekat dengan gunung atau secara topografi merupakan dataran relatif tinggi (misalnya Kamojang dan Gunung Salak) sehingga jika uap air bertemu dengan aerosol buatan atau TMC (*flare* dan atau garam powder 2-5 mikron) maka bisa berpotensi menjadikan hujan di daerah pegunungan tentu dengan sistem penyemaian tanpa pesawat terbang yaitu dengan GBG (*ground base generator*). Sebagai bahan alternatif penyemaian dengan aerosol maupun *flare* adalah mengalirkan air laut yang terdekat dan menyemprotkannya menjadi uap-air atau kabut (*mist*) di sekitar uap air dari limbah PLTP yang ada. Sistem penyemaian-nya tentu menggunakan GMG (*ground mist generator*) dengan bahan baku air laut. Karena dengan media penghantar bahan semai dengan pesawat terbang akan banyak resiko menyangkut keselamatan penerbangan (selain lebih mahal) karena berkabut di daerah pegunungan, sehingga yang cocok adalah menggunakan Drone (PUNA) dan GBG serta GMG.
2. Jika kita bisa memanfaatkan sumber panas bumi yang terletak di sekitar pantai/laut, maka kesulitan dan kendala yang terdapat pada butir 1 di atas, bisa diatasi dan lebih efisien yaitu dari pada harus mengadakan bahan semai TMC dari *flare* dan bubuk garam 2-5 mikron (GBG) serta mengalirkan air laut yang dirubah dengan sistem GBG menjadi kabut. Potensi panas bumi yang prospek di Jawa, terdapat di daerah Parang Wedang, Parang Kusumo dan Parang Tritis. Banyak air sumur penduduk suhunya hingga 40°C sekitar puluhan pantai secara alami mengandung garam (rasanya asin), jika dieksploitasi tidak hanya sebagai PLTP yang bisa memproduksi Listrik akan tetapi juga bisa dikembangkan menjadi pusat pembentukan uap air dan produksi aerosol sebagai upaya atau rekayasa awan buatan di Selatan Yogyakarta.



Gambar 3. Kolam air laut dan sumber air panas alami yang mengandung garam laut

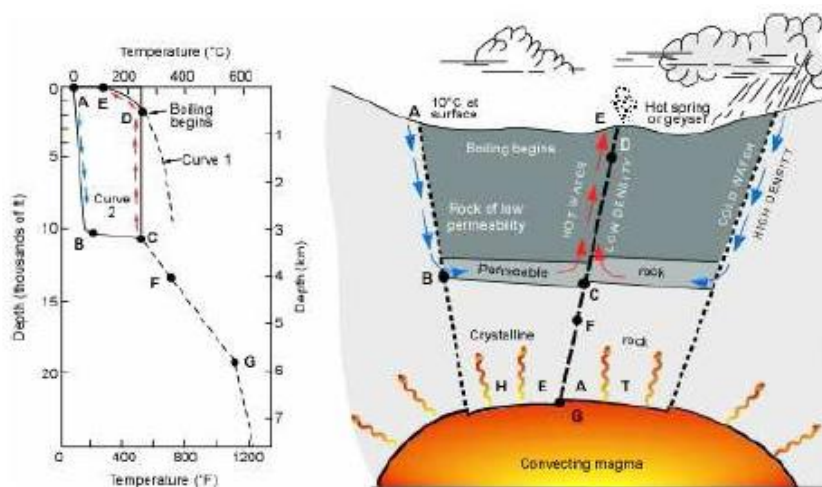
HASIL DAN DISKUSI

Potensi panas bumi yang bisa dimanfaatkan berdasarkan dari indikasi air sumur yang panas secara alami dan kolam di sekitar daerah Pantai Parang Tritis (Yogyakarta) jika bisa dieksploitasi akan bisa dikembangkan menjadi pusat produksi uap-air dan aerosol serta sekaligus bisa sebagai sumber pembangkit listrik seperti PLTP lainnya, yang telah beroperasi selama ini di Indonesia. Asumsi dan kelayakan dari aspek biaya/secara ekonomi dalam membuat dan membangun PLTP dibutuhkan anggaran sebesar Rp. 70-200 Milyar maka jika dibandingkan dengan kerugian yang terjadi setiap tahun dan akan terakumulasi terus menembus angka ratusan trilyun bahkan bisa mencapai ribuan trilyun (jika dihitung kerugian dari sejak 1997-2018). Seandainya tidak ada upaya secara teknologi dalam hal ini TMC alternatif sebagai salah satu solusi dan jalan keluar, maka kita (negara) berarti sengaja membiarkan kerugian dan

ancaman serta bencana itu terjadi yang bisa menjadi beban yang menyangkut devisa dan ekonomi (APBN). Padahal, ada potensi luar biasa dari panas bumi dekat pantai/laut dan secara teknologi bisa dikaji, dilakukan dan diterapkan khususnya di daerah Parang Tritis (Yogyakarta) dalam hal ini TMC sebagai alternatif mengurangi dampak kekeringan yang terjadi setiap tahun. Pemanfaatan panas bumi PLTP di Parang Tritis untuk memproduksi awan buatan dengan membuat uap air dan aerosol untuk mengurangi dampak kekeringan, diperkirakan hanya dilakukan (berlangsung) dalam beberapa bulan tidak sepanjang tahun. Karena waktu dan periode kritis dan ancaman kekeringan hanya terjadi pada periode misalnya Agustus hingga Oktober, atau tergantung kondisi cuaca dan keberadaan awan serta hujan setiap tahunnya, yang mungkin berbeda-beda. Sehingga, potensi panas bumi bisa dimanfaatkan sebesar besarnya untuk misalnya listrik sebagai PLTP dan masih banyak manfaat lain.

Kita tidak bisa terus menerus membiarkan kerugian dan ancaman serta bencana akibat kekeringan atau hidrometeorologi itu melanda Indonesia, baik di Jawa (terbanyak memiliki adanya gunung yang notabene merupakan potensi panas bumi) dan membiarkan potensi panas bumi hanya terpendam yang tidak dimanfaatkan sebesar-besarnya di bumi ini, sementara kekeringan sering mendera dan kerap melanda bumi Indonesia ini agar tidak menjadi tandus dan gersang, tetap berharap dapat produktif meski kemarau datang. Selain potensi di Selatan Yogyakarta, bisa juga di studi potensi daerah lain yaitu di Bledukuwu (Purwodadi) yang air panasnya juga mengandung mineral dan garam (NaCl) sekalipun terletak jauh dari pantai/laut, juga potensi panas bumi dari Gunung Kratatau yang sangat luar biasa secara kualitatif terpendam di lautan Selat Sunda. Secara tidak langsung, dengan memanfaatkan potensi panas buminya, maka kemungkinan bencana dan ancaman akan meletusnya gunung akan mengecil dan berkurang.

Karena pembentukan awan dan hujan, merupakan interaksi beberapa faktor dan simultan dari beberapa parameter antara lain energi (panas bumi, matahari/konveksi) dan air laut (uap air dan aerosol) dengan udara atau cuaca. Bahkan beberapa penelitian dan kenyataan bahwa kondisi suhu permukaan laut sangat mempengaruhi dan berhubungan erat dengan potensi dan intensitas hujan di suatu wilayah (Aldrian dkk., 2007). Sebagai gambaran suhu permukaan laut pada saat kemarau atau kekeringan berkisar antara 25-26°C sedangkan pada musim penghujan berkisar antara 29-30°C. Sementara suhu yang dimanfaatkan sebagai PLTP bisa mencapai 1200°C, Gambar 4.



Gambar 4. <https://geochemist.wordpress.com/2008/10/09/sistem-reservoir-panasbumi/>

KESIMPULAN

1. Potensi PLTP (pusat listrik tenaga panas bumi) di Indonesia sangat potensial hingga 40% dari cadangan dunia, termasuk potensi di Parang Tritis yaitu bisa untuk dikembangkan menjadi PLTP, sekaligus prospek dijadikan studi alternatif TMC dengan menguapkan air laut (dimana uap air dan aerosol yang berasal dari garam air laut), bisa untuk memproduksi awan buatan. Dimana, selama musim kemarau dan kekeringan akan sulit dan minimnya keberadaan awan secara alami, sehingga merupakan kendala dan masalah pelik dalam melaksanakan TMC di musim kemarau.
2. Sementara, keberadaan PLTP yang telah beroperasi selain menghasilkan Listrik juga mengeluarkan uap air

sebagai limbahnya tidak mengandung aerosol pembentuk awan. Tanpa Aerosol sebagai CCN, mustahil akan terbentuk menjadi awan, sekalipun uap air berlimpah dan jenuh di level kondensasi konvektif CCL atau LCL. Untuk menciptakan awan *single Cumulus* dibutuhkan minimal 1 juta ton air (10^6 m^3), potensi dan pertumbuhan awan *single cloud* bisa memicu udara dan atmosfer di udara sehingga terjadi awan hujan dari awan lainnya ditambah dengan upaya manusia yaitu TMC, baik dengan GBG atau GMG dan penyemaian awan dengan pesawat terbang.

3. Selain potensi panas bumi di Pantai Parang Tritis yang terletak di Selatan Yogyakarta, juga ada potensi daerah lain yaitu di Bledukuwu (Purwodadi) yang air panasnya juga mengandung mineral dan garam (NaCl) sekalipun terletak jauh dari pantai/laut, yang tidak kalah adalah potensi panas bumi dari Gunung Kratatau yang sangat luar biasa secara kualitatif terpendam di lautan Selat Sunda. Secara tidak langsung, dengan memanfaatkan potensi panas buminya, maka kemungkinan bencana dan ancaman akan meletusnya gunung akan mengecil dan berkurang.
4. Asumsi dan studi kelayakan dari aspek biaya/secara ekonomi dalam membuat dan membangun PLTP dibutuhkan anggaran sebesar Rp. 70-200 milyar akan tetapi jika dibandingkan dengan kerugian yang terjadi setiap tahun dan akan terakumulasi terus serta telah menembus angka ratusan trilyun bahkan bisa mencapai ribuan trilyun (jika dihitung kerugian dari sejak 1997-2018). Seandainya tidak ada upaya secara teknologi dalam hal ini TMC alternatif sebagai salah satu solusi dan jalan keluar, maka kita (negara) berarti sengaja membiarkan kerugian dan ancaman serta bencana itu terjadi yang bisa menjadi beban yang menyangkut devisa dan ekonomi (APBN). BBTMC sebagai pelaksana tugas yang mewakili pemerintah siap untuk melakukan studi yang lebih lanjut dan secara intensif untuk merealisasikan dalam mengurangi dampak kekeringan yang telah menjadi ancaman dan bencana setiap tahun di negeri ini.
5. Untuk memproduksi awan buatan dengan membuat uap air dan aerosol untuk mengurangi dampak kekeringan, diperkirakan hanya dilakukan (berlangsung) dalam beberapa bulan tidak sepanjang tahun. Karena waktu dan periode kritis dan ancaman kekeringan hanya terjadi pada periode misalnya Agustus hingga Oktober, atau tergantung kondisi cuaca dan keberadaan awan serta hujan setiap tahunnya, yang mungkin berbeda-beda. Sehingga potensi panas bumi bisa dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk listrik sebagai PLTP dan masih banyak manfaat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. et al. 2007, Correlation Analysis of Rainfall and Indonesia Sea Surface Temperature, and Its implications on Rainfall Prediction : Cilacap case study, Jurnal Agromet Indonesia, Vol 21, No. 2, 46 – 60.
- Goenawan, R.D. et al. 2011, Studi Model untuk Peningkatan Presipitasi Awan Konvektif dengan Bubuk Garam, 10th WMO Scientific Conference on Weather Modification Bali, Indonesia.
<https://nasional.kompas.com/read/2012/10/08/1349409/awan.sulit.terbentuk.hujan.buatan.terkendala>.
<https://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/15/12/20/nzms82359-bnpb-catat-kerugian-akibat-kebakaran-hutan-2015-rp-221-triliun>.
<https://www.jawapos.com/nasional/humaniora/18/09/2018/setelah-hujan-buatan-kini-bppt-kaji-teknologi-awan-buatan>.
- Putra, N. et al. 2015, Experimental Investigation of Heat Transfer on Vertical Two-Phased Closed Thermosyphon, World Academy of Science, Engineering and Technology International, Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering Vol. 9, No.10.
- Seto, T.H. et al. 2013, Usulan Pemanfaatan TMC dengan GBG untuk Menambah Debit Air Sungai Mamasa, Sulawesi, Jurnal Sains & TMC, Vol. 14, No. 2, Jakarta, 7-14.