

PENANTIAN PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR DI INDONESIA

Oleh : Lukas Joko Dwiatmanto

Staf Pengajar Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang di Semarang.
Jl. Prof. H. Sudarto, S.H, Tembalang, Semarang 50275

Abstrak

Energi listrik sangat dibutuhkan oleh sebageian besar manusia, termasuk di Indonesia, dan kebutuhannya semakin meningkat dari tahun ke tahun, bahkan di Indonesia sering terjadi krisis pasokan listrik. Sementara ketersediaan energi primer (minyak, gas bumi dan batubara) sebagai energi pembangkit tenaga listrik di Indonesia jumlahnya sangat terbatas, prosentasinya sangat sedikit dibandingkan yang tersedia di dunia. Hinggakini energi sebagai pembangkit tenaga listrik di Indonesia masih mengandalkan batu bara yang jumlah hanyanya 3,1% dari jumlah dunia. Sebagai solusi untuk mengatasi krisis energi listrik ditawarkan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), namun terjadi penolakan oleh sebagian masyarakat karena ketakutan terhadap keselamatan PLTN, padahal saat ini perkembangan tenaga nuklir dalam aspek keselamatan dan teknologi sudah sangat maju dan kedewasaannya sudah semakin matang. Selain itu dari sisi lingkungan PLTN paling bersih, serta dari sisi ekonomi PLTN paling ekonomis dibanding pembangkit listrik yang lain. PLTN yang beroperasi di dunia terdapat beberapa model, seandainya PLTN jadi dibangun di Indonesia dan jika hanya untuk mengatasi pasokan energi listrik bukan untuk pengembangan senjata nuklir dipilih model yang paling aman dari generasi terbaru.

Kata kunci: reaktor nuklir, reaktor nuklir paling aman untuk PLTN, sosialisasi kepada masyarakat, keberanian Pemerintah membangun PLTN.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energy listrik sudah menjadi bagian dari hajat hidup orang banyak, sementara keberadaannya sampai saat ini belum dapat digantikan dengan energi lain, sedangkan kebutuhan dan penggunaannya semakin meningkat dari tahun ke tahun, hal inintersirat di dalam RUPTL 2015-2024 PT PLN yang menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 9,04% pertahun. Sementara hingga akhir tahun 2014 kapasitas pembangkit terpasang, hanya untuk sistem Jawa-Bali, karena area yang paling banyak pengguna dan penggunaannya, adalah 33.499 MW dengan kemampuan daya 31.206 MW, sedangkan beban puncak neto adalah 24.067 MW (RUPTL 2015-2024 Tabel 3.4). Dengan demikian rasio antara *supply* dengan *demand* hanya 22,87%, hal ini kurang dari *reserve margin* yang idealnya adalah 30%.

Dengan melihat tren peningkatan pengguna energi listrik, sehingga dalam RUPTL 2015-2024 diproyeksikan kebutuhan bebanpuncak hingga tahun 2024 adalah 74.536MW (RUPTL 2015-2024 Tabel 6.4),

karena itu perlu ditambah pembangkit. Di dalam draf Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2015-2034 dijelaskan, bahwa kebutuhan tambahan pembangkit tenaga listrik sampai dengan Tahun 2025 adalah sekitar 108 GW. Draf ini sebagai implementasi yang telah dicanangkan Presiden yaitu Program Pembangunan Pembangkit Tenaga Listrik 35.000 MW.

Jika diperhatikan dari RUPTL 2015-2024, jelas bahwa PLN sebagai pelaksana penyediaan dan pengelolaan energi listrik di Indonesia berusaha memenuhi kebutuhan masyarakat energi listrik. Meskipun dalam RUPTL 2015-2024 ini, PLN akan membangun pembangkit-pembangkit listrik baru dengan diutamakan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) khususnya panas bumi (PLTP), namun realisasinya pembangunan PLTP hanya sedikit jauh dari cadangan energinya. Kendalanya yang belum terselesaikannya adalah letaknya sangat jauh dengan pusat beban, sehingga PLTP belum dapat dipaksa masuk pada sistem. Sementara pembangkit tenaga listrik terpasang yang berkapasitas

besar sebagian besar adalah menggunakan energi primer, terutama batubara.

Namun cadangan batubara di Indonesia tahun 2005 menurut Pusat Sumber Daya Geologi, Departemen Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) sebesar 61,366 miliar ton, sedangkan prediksi produksi dari tahun 2005 s/d 2025 rata-rata sebesar 628 juta ton, sehingga cadangan batu bara akan habis sekitar 97 tahun lagi dari tahun 2005. Jadi menurut Kementerian ESDM, 2016, jika mekanisme produksi berlangsung seperti saat ini, diperkirakan cadangan akan habis 83 tahun lagi, selain itu emisi karbon yang tinggi sehingga berdampak pada gas rumah kaca. Sementara Indonesia sebagai negara anggota G20 dan telah menandatangani COP-15 tahun 2009, yang diimplementasikan pada Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011, seharusnya Pemerintah berkomitmen terhadap penurunan gas rumah kaca. Oleh karena itu, belum lama ini di TV swasta, 2016, berlangsung *talk show* oleh berbagai nara sumber dan dihadiri Menteri ESDM. Dalam acara ini diusulkan kepada Pemerintah agar direalisasikan pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) sebagai cadangan ketahanan energi nasional, khususnya energi listrik, meskipun berkapasitas kecil dan sekaligus berfungsi sebagai riset. Namun dari sisi lain dari berbagai diskusi dan pendapat di berbagai media sosial ada yang tidak setuju dibangunnya PLTN dengan alasan utama adalah keselamatan dan radiasi. Karena itu, Pemerintah c.q. Kementerian ESDM diharapkan dapat mengadakan diskusi yang berkelanjutan dari berbagai pihak yang saling berseberangan untuk mendapatkan masukan terbaik sehingga penantian PLTN tidak berkepanjangan. Walaupun di dalam draf RUKN PLTN belum masuk prioritas, namun tersirat bahwa 17% dari total pembangkit tenaga listrik di tahun 2015 adalah dari energi terbarukan, jadi dalam hal ini termasuk PLTN.

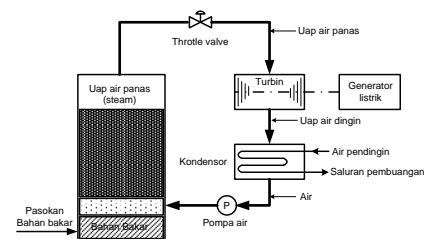
2. Metodologi Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan makalah ini ialah dengan penelusuran pustaka, pengumpulan data sekunder, dan analisis kelebihan dan kekurangan dari PLTN serta memberikan kontribusi dalam pemilihan jenis reaktornya.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

3.1. Cara Kerja dan Perkembangan PLTN

PLTN sangatlah berbeda dengan bom nuklir, padasarnya pembangkit tenaga listrik adalah perubahan energi non-listrik menjadi energi listrik, demikian pula PLTN. Cara kerja PLTN sebagai perbandingnya ialah dengan cara kerja PLTU. Skematik PLTU ditunjukkan pada Gambar 2.1 sedangkan PLTN pada Gambar 2.2.

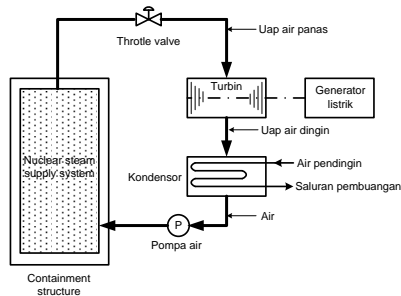


Gambar 2.1 Skematik sederhana PLTU batubara

Pada Gambar 2.1 bahan bakar bakupada PLTU ini adalah batubara. Di dalam tungku batubara dibakar sehingga menghasilkan kalor, energi kalor ini memanaskan air di dalam boiler dan membentuk uap (*steam*) dengan suhu dan tekanan tinggi. *Steam* dengan suhu dan tekanan tinggi ini terkendali dan dialirkan ke turbin uap, mekanismenya menggerakkan sudu-sudu atau impeller pada turbin. Impeler terhubung secara mekanis dengan poros yang dikopel dengan poros generator, sehingga generator berputar dan membangkitkan tenaga listrik. *Steam* di dalam mekanisme memutar sudu-sudu turbin berakibat suhu dan tekanannya turun, selanjutnya dimasukkan ke kondenser. Di dalam kondenser *steam* didinginkan dan diembunkan kemudian berubah jadi air. Air di dalam kondenser dipompa dimasukkan ke boiler, begitu proses berlangsung dan

terjadi siklus uap yang berulang-ulang. Siklus uap yang berulang-ulang ini disebut siklus Rankine.

Sedikit berbeda dengan prinsip kerja PLTU, PLTN prinsip kerjanya juga siklus uap Rankine, hanya saja bahan bakarnya diganti dengan sistem nuklir di dalam reaktor, skematiknya ditunjukkan Gambar 2.2.



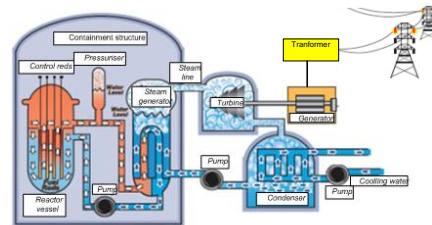
Gambar 2.2 Skematik sederhana PLTN

Dilihat dari Gambar 2.1 dan 2.2 pada dasarnya prinsip kerja keduanya hampir sama, perbedaannya terlihat hanya pada bahan bakarnya, PLTU dengan batubara yang dibakar pada tungku, sedangkan pada PLTN dengan sistem nuklir atau dikenal dengan istilah *nuclear steam supply system* (NSSS).

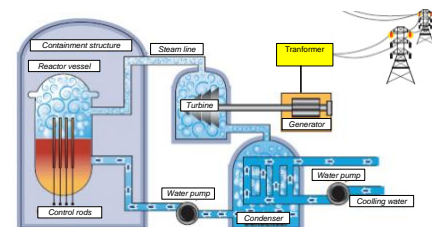
NSSS yang digunakan dalam PLTN pada dasarnya ada dua model yaitu model reaktor air tekan atau PWR (*Pressurized Water Reactor*) dan reaktor air didih atau BWR (*Boiling Water Reactor*), kedua model ini skemanya ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan 2.4.

Pada kedua model PLTN, Gambar 2.3 dan 2.4 prinsip kerjanya hampir sama, yaitu pada jenis BWR di dalam tangki reaktor (*reactor vessel*) terjadi reaksi pembelahan atau fisi bahan bakar uranium. Pada reaksi ini dihasilkan energi panas yang sangat tinggi. Energi panas ini digunakan untuk mendidihkan air di dalam reaktor yang menghasilkan uap panas. Energi kinetik uap air yang diperoleh pada proses di dalam reaktor digunakan untuk memutar turbin yang terkopel secara mekanis dengan generator sehingga menghasilkan tenaga listrik. Selanjutnya, uap air dikondensasi di

dalam kondenser, kemudian dalam wujud air dimasukkan lagi ke dalam sistem nuklir, sehingga terjadi siklus uap Rankine seperti pada PLTU. Air dari kondenser ini juga difungsikan sebagai pendingin reaktor.



Gambar 2.3 PLTN jenis PWR (<https://ilmunuklir.wordpress.com>)

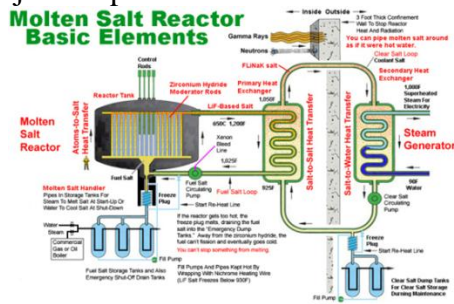


Gambar 2.4 PLTN jenis BWR (<https://ilmunuklir.wordpress.com>)

Sedikit berbeda dengan PLTN jenis PWR, uap panas dihasilkan di dalam pembangkit uap (*steam generator*). Air pada tangki reaktor (*reactor vessel*) dipanaskan oleh reaksi fisi sampai suhu tinggi tetapi dijaga agar tidak mendidih dengan cara diberi tekanan tinggi yang terkendali pada *pressuriser*. Air panas dari tangki reaktor dimasukkan ke *steam generator* dan energinya menghasilkan uap yang digunakan untuk memutar turbin. Karena terjadi konveksi, maka suhunya turun. Air yang sudah dingin ini dimasukkan kembali ke tangki reaktor sekaligus berfungsi sebagai pendingin reaktor nuklir. Pendinginan ini disebut pendinginan primer, sedangkan pendinginan sekunder yaitu pada pendinginan uap pada kondenser.

Pada ke dua model PLTN di atas berbahan bakar uranium dengan pendinginan air, hampir semua PLTN yang dibangun di berbagai negara adalah ke dua model ini. Ada model yang lain, yaitu tanpa

pendinginan air, reaktor ini disebut *Molt Salt Reactor* (MSR) dan skematikanya ditunjukkan pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Skema reaktor model MSR (Efendi, http://www.kompasiana.com/bob911/thorium-sebuah-revolusi-energi_559fe2a56023bdfa088b4567)

Reaktor jenis MSR ini memiliki sistem epitermal menjadi spektrum neutron termal dengan siklus bahan bakar tertutup. Bahan bakar yang digunakan adalah thorium, yaitu campuran garam sodium, zirkonium, dan uranium flourida dalam wujud cair. Bahan bakar ini mengalir melalui saluran intigrafit dan menghasilkan spektrum panas. Panas yang dihasilkan ditransfer ke sistem pendingin sekunder melalui penukar panas, dan kemudian dikonversi menjadi daya. Reaksi fisi pada jenis MSR ini terjadi pada tekanan 1 atm, sehingga tidak terjadi ledakan, jadi jenis ini dapat dikatakan reaktor yang paling aman.

Reaktor jenis MSR ini pernah beroperasi di Amerika tahun 1965-1969, namun dihentikan karena dianggap tidak menghasilkan Plutonium (bahan bakar senjata nuklir), tetapi menghasilkan hidrogen, jadi nilainya tidak ekonomis. Tetapi pada PLTN generasi IV oleh Forum Internasional Generasi IV (GIF) dunia, model MSR dimasukkan sebagai salah satu jenis desain reaktor Generasi IV dan yang bertanggung jawab melakukan kegiatan adalah negara-negara Eropa yang tergabung dalam GIF selain Perancis.

Perkembangan PLTN dalam teknologinya semakin maju dari generasi ke generasi, khususnya dalam hal *safety* dan *economic*. PLTN generasi I sudah tidak dioperasikan

lagi (1950-1970), sedangkan yang beroperasi saat ini adalah PLTN generasi II (1970-2030). PLTN yang mengalami kecelakaan seperti Three Mile Island, Chernobyl dan Fukushima adalah generasi II. Sejak terjadi kecelakaan PLTN Chernobyl di Rusia tahun 1986, para ilmuwan nuklir terus merancang reaktor nuklir dengan tingkat keselamatan tinggi. Perkembangan teknologi PLTN sampai sekarang sudah pada generasi III bahkan III+ atau generasi *Advanced Nuclear Reactor* (2000 dan seterusnya). Untuk saat ini generasi III dan III+ sebagian besar masih dalam proses konstruksi, salah satunya yang hampir selesai adalah buatan China yaitu reaktor AP1000. Reaktor generasi III dan III+ adalah yang paling aman untuk saat ini, karena tingkat *safety*-nya tinggi yaitu dengan keselamatan yang berlapis dan penerapan teknologi tinggi, sehingga kemungkinan bocor sangat kecil.

Sedangkan PLTN Generasi IV termasuk model MSR masih dalam desain bertujuan untuk aspek keberlanjutan (*sustainable*), ekonomis (*economic*), keselamatan dan keandalan (*safety and reliability*) dan pencegahan pemanfaatan terhadap senjata nuklir serta proteksi fisik.

3.2. Negara-negara Pengguna PLTN

Digambarkan oleh Kadec, 2011, bahwa jumlah 1 gram bahan bakar uranium dapat menghasilkan energi listrik setara dengan 3 ton batu bara atau 2000 liter minyak bumi. Masih oleh Kadec, untuk menghasilkan energi listrik 1000 MW, untuk membangun reaktor nuklir diperlukan biaya ± 30 triliun rupiah dengan tanah seluas 1,7 km², sedangkan pembangkit listrik tenaga surya butuh biaya 600 – 700 triliun rupiah dengan luas tanah 6,7 km² dan tenaga angin diperlukan biaya ± 100 triliun rupiah dengan luas tanah 246 km².

Dengan perbandingan yang mencolok ini, maka menggelitik siapapun yang mendengar, termasuk berbagai negara,

untuk membangun PLTN. Tabel 1 berikut menunjukkan negara-negara di dunia yang telah mengoperasikan PLTN.

Tabel 1. Keberadaan PLTN di dunia

NEGARA	PLTN Beroperasi		PLTN Dalam Konstruksi	
	Jumlah Unit	Total GW(e)	Jumlah Unit	Total GW(e)
Amerika Serikat	104	99.21	0	0
Perancis	59	63.36	0	0
Jepang	56	47.84	1	0.87
Rusia	31	21.74	4	3.78
Inggris	23	11.85	0	0
Korea Selatan	20	16.81	0	0
Kanada	18	12.6	0	0
Jerman	17	20.34	0	0
Ukraina	15	13.11	2	1.9
India	15	3.04	8	3.6
Swedia	10	8.92	0	0
Spanyol	9	7.59	0	0
Cina	9	6.6	2	2
Belgia	7	5.8	0	0
Taiwan	6	4.88	2	2.6
Republik Ceko	6	3.53	0	0
Slowakia	6	2.44	0	0
Swiss	5	3.22	0	0
Bulgaria	4	2.72	0	0
Finlandia	4	2.68	1	1.6
Hungaria	4	1.76	0	0
Brazil	2	1.9	0	0
Afrika Selatan	2	1.8	0	0
Meksiko	2	1.31	0	0
Argentina	2	0.94	1	0.69
Pakistan	2	0.43	1	0.3
Lithuania	1	1.19	0	0
Slovenia	1	0.66	0	0
Rumania	1	0.66	1	0.66
Belanda	1	0.45	0	0
Armenia	1	0.38	0	0
Iran	0	0	1	0.92
Jumlah	443	369.73	24	18.91

Sumber :

<http://farizhamyplanet.blogspot.co.id/2011/03/prinsip-kerja-pembangkit-listrik-tenaga.html>

Jumlah PLTN yang beroperasi di dunia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di atas ada 443 unit, terbanyak ada di Amerika serikat sebanyak 104 unit dengan daya 99,21 GWe, urutan ke dua Perancis sebanyak 59 unit dengan daya 63,36 GWe, disusul Jepang sebanyak 56 unit dengan daya 47,84 GWe. negara Asia lain yang sudah mengoperasikan PLTN adalah Korea Selatan, India, Cina, Taiwan, Pakistan dan

Iran, sebagian besar adalah negara-negara Eropa.

Sedangkan di Indonesia menurut issu, 2012, PLTN akan dibangun mulai tahun 2016 dan diharapkan akan beroperasi tahun 2019 atau selambatnya tahun 2020

3.3. Dampak Negatif dan Kelebihan PLTN

Setiap ada isu rencana Pemerintah membangun PLTN senantiasa muncul pro dan kontra, hal ini adalah wajar saja, karena muaranya terkait pada dampak yang yang ditimbulkan. Bagi yang kontra, PLTN dilihat dari sisi kekurangannya yaitu pada dampak negatifnya. Sedangkan bagi yang setuju, PLTN dilihat dari sisi kelebihanannya. Sehingga selamanya dua kelompok ini tidak terjadi titik temu. Dalam makalah ini disajikan dampak negatif dan kelebihan PLTN jika ia dibangun di Indonesia dengan memperhatikan tiga aspek, yaitu keselamatan (*safety*), lingkungan (*enviroment*), dan keekonomian (*economy*).

Dampak negatif pembanguan PLTN dilihat dari aspek keselamatan, yakni jika terjadi kegagalan pendinginan pada reaktor oleh air, sehingga reaktor akan panas sekali dan menjadi meleleh (*meltdown*) dan di dalam reaktor bertekanan tinggi, sekitar 144 atm, sementara reaksi fisi tidak dapat dihentikan dalam waktu seketika. Jika terjadi kegagalan reaktor seperti ini, maka akan terjadi ledakan yang dahsyat dan menyebabkan *containment* beton runtuh serta uap radiasi dengan tekanan tinggi ke luar terbawa angin. Dengan demikian muncul aspek ke dua yaitu kerusakan lingkungan yang berupa radiasi nuklir. Seperti yang diungkapkan oleh Effendi, 2015, sebagai contoh kecelakaan PLTN Chernobyl di Rusia pada April 1986 yang menewaskan 31 orang karena runtuhnya bangunan dan 64 orang tewas karena radiasi langsung, dan sekitar 3900 orang tewas karena kanker akibat terkena radiasi dalam kurun waktu 1 tahun. Sementara kecelakaan PLTN Fukushima akibat gempa bumi dan tsunami di Jepang

pada Maret 2011 menelan korban jiwa 20.000 orang, yang dilaporkan oleh *World Nuclear Association*, 2016. Sedangkan dari aspek keekonomian, selain paparan radiasi di atas, menurut Darnel yang dikutip oleh Septian, 2015, Jepang pada saat kecelakaan PLTN Fukushima juga mengalami kerugian ekonomi sebesar Rp. 5.000 trilyun. Dari sisi lain, Indonesia, dalam hal ini Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), belum diijinkan melakukan pengayaan uranium sebagai bahan bakar nuklir, Jadi jika PLTN dibangun di Indonesia, maka Indonesia import uranium, sehingga Indonesia sangat bergantung pada asing, hal ini dari sisi ekonomi tidak menguntungkan, terlebih-lebih jika terkena embargo, maka PLTN akan terhenti. Jadi berdasarkan tiga aspek di atas PLTN belum siap dibangun di Indonesia, selain itu juga Indonesia juga belum cukup memenuhi dalam hal jumlah SDM yang ahli di bidang nuklir karena banyak yang purna tugas.

Sementara dari sisi kelebihan PLTN dan ini merupakan jawaban bagi yang tidak setuju. Dikatakan masih oleh Kadek, PLTN secara ekonomi sangat menguntungkan, baik dalam hal operasional maupun investasi pembangunan, sebagai perbandingannya adalah sebagai berikut:

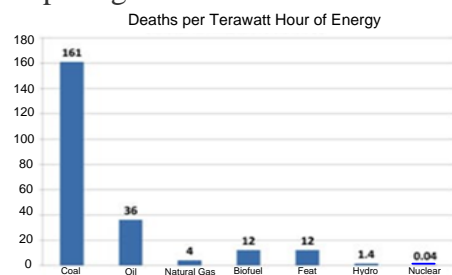
- untuk operasional, 1 gram bahan bakar uranium dapat menghasilkan energi listrik setara dengan 3 ton batu bara atau 2000 liter minyak bumi, luar biasa.
- biaya investasi, untuk menghasilkan energi listrik 1000 MW, untuk membangun reaktor nuklir diperlukan biaya \pm 30 trilyun rupiah, luas tanah 1,7 km², sedangkan pembangkit listrik tenaga surya butuh biaya 600 – 700 trilyun rupiah luas tanah 6,7 km² dan tenaga angin butuh biaya \pm 100 trilyun rupiah luas tanah 246 km².

Sedang dari sisi keselamatan, dijelaskan oleh Efendi, 2015, bahwa kasus kecelakaan PLTN yang telah terjadi adalah PLTN generasi ke II, termasuk Chernobyl (tahun 1971-1977) dan Fukushima (tahun 1967-

1971). Khusus untuk kasus di Chernobyl disebabkan karena *human error* dan *reactor design* yang tidak mengindahkan *safety*, yang dikutip dari laporan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) tahun 1986 yaitu ada tiga penyebab utama dalam kecelakaan itu, penyebab itu ialah :

- prosedur keamanan yang tidak dilakukan, bahkan banyaknya fitur keselamatan yang tidak dihidupkan,
- desain *control rod* yang cacat sehingga kurang dapat memperlambat reaksi fisi,
- desain reaktor RMBK-1000 yang tidak sesuai standard keamanan.

Jadi, oleh Effendi, PLTN Chernobyl dapat diibaratkan seperti angkutan umum tanpa perawatan rutin, kampas rem telah tiris, karat, sopir ugal-ugalan cara mengemudi, begitu terjadi kecelakaan akibatnya fatal. Tetapi jika dibandingkan dengan pembangkit yang lain, PLTN tingkat kematian sangat kecil, yaitu 0,4 sedangkan PLTU tertinggi yakni 161 untuk kematian setiap terawatt jam energi, hal ini dapat dilihat pada grafik Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Kematian setiap terawatt jam energi (Effendi,

http://www.kompasiana.com/bob911/keselamatan_pltn_antaraisu_dan_fakta_55914d02f492739c1131dc3a

Sejak terjadi kecelakaan PLTN Chernobyl di Rusia tahun 1986, para Ilmuwan Nuklir terus merancang reaktor nuklir dengan tingkat keselamatan tinggi. Perkembangan teknologi PLTN sampai sekarang sudah pada generasi III bahkan III+ atau generasi *Advanced Nuclear Reactor* dan saat ini sedang dibangun di berbagai Negara, serta tidak lama lagi beroperasi. Dalam perkembangan teknologi PLTN, saat ini PLTN generasi IV (sistem reaktor maju)

dalam tahap penelitian dan pengembangan yang merupakan pengembangan inovatif dari PLTN generasi sebelumnya.

Sedangkan dari aspek lingkungan, bahwa PLTN adalah salah satu pembangkit listrik yang paling bersih atau ramah terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan yang lain, terutama PLTU. Yang dilaporkan oleh *World Nuclear Association*, 2016, dua bulan setelah kecelakaan PLTN Fukushima, Pemerintah Jepang memeriksa sekitar 195.000 penduduk yang tinggal dekat dengan PLTN yang terpapar radiasi secara langsung selama beberapa hari, hasilnya hampir semua masih di bawah ambang batas 10 miliSievert (mSv). Pada Juli 2012, dilakukan penelitian oleh Hirosaki University terhadap 46 dari 63 warga yang tinggal terdekat dengan Fukushima, mereka sudah dipantau sejak April tahun 2011 dan hasilnya menunjukkan bahwa dosis paparan yang diterima antara 3,5 – 4,2 mSv jauh dibanding dengan pengungsi Chernobyl yang menerima dosis radiasi rata-rata 490 mSv. Paparan radiasi di atas adalah pada saat terjadi kecelakaan atau bocor dan dosis itu masih di bawah ambang batas aman, yaitu 10,00 mSv/Th. Sementara pada saat kondisi operasi normal, radiasi yang dihasilkan PLTN adalah 0,05 mSv/Th sedangkan PLTU 5,00 mSv/Th, data ini dikutip oleh Efendi dari majalah *Scientific American*, 2015.

Dan yang harus diketahui bahwa PLTN tidak sama dengan bom atau senjata nuklir yang pernah terjadi di Heroshima dan Nagasaki di Jepang padahal lain sama sekali. Jadi yang paling ditakuti oleh umum adalah paparan radiasi. Bicara tentang radiasi, jika mau jujur tidak hanya PLTN saja yang memaparkan radiasi, justru PLTN paparan radiasinya adalah paling rendah dibanding yang lain, semua perangkat elektronik, termasuk televisi, telepon, alat-alat kesehatan, dan lain-lain yang tidak dapat dihindari yang berlangsung terus-menerus terpapar terhadap setiap orang, sementara tidak ada yang menolak.

4. Pilihan Model PLTN yang Tepat Jika Pemerintah Indonesia untuk Membangunnya

Terdapat beberapa model PLTN dan masing-masing model teknologinya telah berkembang terutama keselamatan dan ekonomi. Jika keselamatan dan ekonomi merupakan pertimbangan Pemerintah Indonesia dalam membangun PLTN, maka pilihannya yang tepat adalah jatuh pada model MSR dibanding model yang lain. Karena MSR lebih efisien, stabilitas panas tinggi, bekerja pada tekanan rendah, sustainabilitas tinggi, berbahan bakar cair sehingga tidak mengalami *melt down* karena sudah pada keadaan cair sehingga tidak akan terjadi ledakan. Selain itu pengoperasian reaktor MSR murah dan fleksibel dan tidak menghasilkan plutonium tetapi hidrogen.

Dengan tidak menghasilkan plutonium (bahan senjata nuklir), maka intervensi dari asing relatif kecil. Justugas hidrogen yang dihasilkannya dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alat transportasi darat. Sedangkan dari sisi ekonomi, bahan bakar reaktor MSR adalah thorium, bahan bakar ini memiliki densitas energi terpadat sehingga, dikatakan oleh Effendi, 2015, 1 ton thorium dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik berdaya 1000 MW selama 1 tahun. Jika dibandingkan uranium yang membutuhkan 200 ton atau batubara yang membutuhkan 3,5 juta ton, dan bahwa Indonesia memiliki cadangan thorium untuk 1000 tahun, maka MSR paling cocok untuk di Indonesia.

Namun dari sisi yang lain bangsa Indonesia harus terus mempersiapkan SDM dan meningkatkannya baik dalam jumlah dan kemampuan serta kompetensinya. Selain itu juga terus ditingkatkan kemampuannya dalam bidang teknologi pengayaan bahan bakar nuklir agar tidak bergantung kepada impor, sehingga jika terkena embargo PLTN tidak terhenti beroperasi.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari penjelasan tentang PLTN di atas disimpulkan sebagai berikut.

- a. Terdapat dua model PLTN berbahan bakar uranium dengan pendinginan air, yaitu model PWR dan BWR. Ke dua-duanya bekerja pada tekanan tinggi dan menghasilkan plutonium sebagai bahan bakar senjata nuklir. Resikonya jika terjadi kegagalan pendinginan maka terjadi *meltdown* dan meledak, namun dapat menghasilkan plutonium untuk pengembangan senjata nuklir.
- b. Model PLTN yang lain adalah dengan reaktor MSR, reaktor ini berbahan bakar thorium yang bekerja pada tekanan rendah yaitu 1 atm. Pada saat beroperasi tidak akan terjadi *meltdown* karena bahan bakarnya telah cair dan kemungkinan bocor relatif kecil, sehingga reaktor ini keselamatannya paling tinggi dan ekonomis dibandingkan dengan model PWR dan BWR.

5.2. Saran-saran

Berdasarkan kesimpulan di atas disarankan,

- a. Jika Pemerintah Indonesia berencana membangun PLTN disarankan model MSR yang dipilih,
- b. Pemerintah Indonesia agar menyiapkan SDM di bidang ketenaganukliran baik dalam hal jumlah dan kemampuannya,
- c. Pemerintah Indonesia senantiasa terus-menerus melakukan sosialisasi kepada masyarakat agar masyarakat tidak takut atau trauma terhadap nuklir.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwijayanto A, 2015, **Molten Salt Reactor Maju Berbahan Bakar Thorium**, <http://andhika-putra-d.blog.ugm.ac.id/2015/11/06/molten-salt-reactor-prospek-cerah-reaktor-berbahan-bakar-thorium>.
- Effendi Bob S, 2015, **Keselamatan PLTN antara Isu dan Fakta**, Pengamat Energi dan Anggota Thorium Working Group, <http://www.kompasiana.com/bob911/>

keselamatan-pltn-antara-isu-dan-fakta_55914d02f492739c1131dc3a

Effendi Bob S, 2015, **Thorium : Sebuah Revolusi**

Energi, http://www.kompasiana.com/bob911/thorium-sebuah-revolusi-energi_559fe2a56023bdfa088b4567

Yohanes, dkk, **Kajian Perkembangan PLTN Generasi IV**, PPE BATAN, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, Volume 15, Nomor 2, Tahun 2013.

Kadek, 2011, **Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir**, artikel Tenaga Nuklir Indonesia, <https://indonesia.wordpress.com/2012/02/17/prinsip-kerja-pembangkit-listrik-tenaga-nuklir/>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2015, **Draf Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) 2015-2034**

PT. PLN, **Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2015-2025**.

Septian Deny, 2015, **Indonesia Belum Butuh PLTN**, <http://bisnis.liputan6.com/read/2294930/indonesia-belum-butuh-pltn>

Tjipta Suhaemi, dkk, 2008, **Kajian Keselamatan Nuklir Dalam Pembangkitan Listrik Tenaga Nuklir**, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.

World Nuclear Association, **Fukushima: Radiation Exposure**, 2016, <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/appen-dices/fukushima-radiation-exposure.aspx>