

## **BAB IV**

### **FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEINGINAN KANADA MEMASUKKAN NUKLIR KE DALAM CDM**

Sikap Kanada yang menginginkan agar nuklir dimasukkan dan dijadikan salah satu mekanisme dalam CDM menimbulkan banyak kritikan dari masyarakat internasional. Begitu juga dengan berbagai keberatan dan pertanyaan yang timbul, karena trauma Chernobyl yang membuat nuklir begitu ditakuti oleh masyarakat internasional. Masyarakat internasional sampai sekarang ini belum dapat menerima nuklir sebagai sumber tenaga alternatif.

Kemajuan Kanada dalam mengembangkan teknologi nuklirnya memang diakui paling pesat dan aman. Bahkan pemerintah Kanada semakin gencar untuk mempromosikan keunggulan produk nuklirnya baik di dalam negeri maupun luar negeri, termasuk negara-negara berkembang. Keberhasilan Kanada dalam mengembangkan nuklirnya membuat Kanada semakin percaya diri dalam mengambil langkah di kancah internasional. Kanada sendiri mengembangkan nuklir demi kemanusiaan bukan untuk alasan perang. Melalui perundingan internasional Kanada berusaha agar teknologi nuklir Kanada dapat diterima di masyarakat internasional.

Harapan dunia internasional dalam menciptakan lingkungan yang bersih dan lestari merupakan impian yang ingin segera diwujudkan. Berbagai

ditanggulangi dan dunia internasional masih mencari solusi yang disepakati secara internasional.

Adapun yang menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi keinginan Kanada memasukkan nuklir ke dalam CDM didasarkan pada:

## **A. Faktor Internal**

### **1. Situasi Dalam Negeri Kanada**

Dilihat dari sejarah industri nuklir Kanada, dapat diketahui bahwa industri nuklir mendapat dukungan dari pemerintah Kanada. Sejak penggunaan industri nuklir untuk tujuan militer hingga sekarang penggunaannya ditujukan untuk perdamaian, seperti PLTN, medis, pertanian, pemerintah Kanada masih memberikan dukungan terhadap industri tersebut.

Ketika Menteri Lingkungan Hidup Kanada, David Anderson, melanjutkan komitmen terhadap Protokol Kyoto, pemerintah juga ternyata mendukung proyek minyak bumi, gas, nuklir untuk diekspor ke AS.<sup>1</sup> Ini menunjukkan bahwa Kanada tetap ingin melanjutkan Protokol Kyoto tetapi juga ingin terus mengembangkan teknologi nuklirnya.

Sebagai perwujudan keseriusan pemerintah Kanada dalam mendukung industri nuklirnya, maka ada beberapa peraturan nuklir di Kanada (Nuclear Regulation in Canada) yang berisi:<sup>2</sup>

- ♣ Komisi Pengawasan Keselamatan Nuklir Kanada atau The Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) merupakan komisi pemerintah

<sup>1</sup> <http://www.sierraclub.ca/national/media/nuclear-climate-01-07-09.html>

<sup>2</sup> [http://www.cnscc.gc.ca/pdf/English/Electricity\\_August\\_8x11.pdf](http://www.cnscc.gc.ca/pdf/English/Electricity_August_8x11.pdf)

ditanggulangi dan dunia internasional masih mencari solusi yang disepakati secara internasional.

Adapun yang menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi keinginan Kanada memasukkan nuklir ke dalam CDM didasarkan pada:

## A. Faktor Internal

### 1. Situasi Dalam Negeri Kanada

Dilihat dari sejarah industri nuklir Kanada, dapat diketahui bahwa industri nuklir mendapat dukungan dari pemerintah Kanada. Sejak penggunaan industri nuklir untuk tujuan militer hingga sekarang penggunaannya ditujukan untuk perdamaian, seperti PLTN, medis, pertanian, pemerintah Kanada masih memberikan dukungan terhadap industri tersebut.

Ketika Menteri Lingkungan Hidup Kanada, David Anderson, melanjutkan komitmen terhadap Protokol Kyoto, pemerintah juga ternyata mendukung proyek minyak bumi, gas, nuklir untuk diekspor ke AS.<sup>1</sup> Ini menunjukkan bahwa Kanada tetap ingin melanjutkan Protokol Kyoto tetapi juga ingin terus mengembangkan teknologi nuklirnya.

Sebagai perwujudan keseriusan pemerintah Kanada dalam mendukung industri nuklirnya, maka ada beberapa peraturan nuklir di Kanada (Nuclear Regulation in Canada) yang berisi:<sup>2</sup>

♣ Komisi Pengawasan Keselamatan Nuklir Kanada atau The Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) merupakan komisi pemerintah

<sup>1</sup> <http://www.sierraclub.ca/national/media/nuclear-climate-01-07-09.html>

<sup>2</sup> [http://www.cnscc.gc.ca/eng/clean\\_electricity/August\\_8x11.pdf](http://www.cnscc.gc.ca/eng/clean_electricity/August_8x11.pdf)

untuk melindungi kesehatan dan keselamatan seseorang, lingkungan serta untuk memastikan keamanan nasional dari resiko penggunaan energi nuklir dan bahan-bahan nuklir.

- ♣ CNSC mengeluarkan peraturan untuk reaktor nuklir, pertambangan uranium, penggunaan bahan radioaktif, limbah radioaktif dan kegiatan lainnya.
- ♣ Pabrik bertenaga nuklir (dan fasilitas utama nuklir lainnya) memerlukan langkah-langkah izin khusus untuk semua tahap mulai dari tahap seleksi sampai tahap menonaktifkan. Laporan keamanan diperlukan sebelum konstruksi dimulai. Petugas CNSC melakukan pemeriksaan selama konstruksi dan sepanjang operasi berlangsung. Staf CNSC ditempatkan di setiap pabrik nuklir untuk memonitor operasi setiap hari.
- ♣ Asosiasi Nuklir Kanada atau The Canadian Nuclear Association (CNA) melalui Program Kerja Pertemuan Rutin yang berlisensi untuk memastikan bahwa peraturan harus jelas, yakin dan diterapkan dalam segala hal.
- ♣ Kerjasama antara industri dan CNSC adalah untuk mengembangkan dan meningkatkan standar prosedur operasi untuk memastikan bahwa masyarakat Kanada memiliki fungsi pabrik bertenaga nuklir paling aman di dunia.
- ♣ Tinjauan internasional yang seimbang dan bekerja sama sering diselenggarakan berkat IAEA dan Asosiasi Operator Nuklir Dunia atau the World Association of Nuclear Operators (WANO).

Dengan dikeluarkannya peraturan di atas, menunjukkan bahwa pemerintah Kanada memang serius ingin mengembangkan tekni

lepasnya GRK, juga dapat menjaga stabilitas perekonomian dan pemerintahan Kanada.

Selain dukungan terhadap industri nuklir, penolakan terhadap pengembangan nuklir juga terjadi di dalam negeri Kanada. Penolakan berasal dari:

- ❖ Para pemimpin gerakan lingkungan di Kanada menolak kebijakan Kanada yang mempromosikan industri nuklirnya di dalam negeri dan ke berbagai negara di dunia.
- ❖ Beberapa organisasi yang menentang kebijakan pemerintah Kanada, seperti Sierra Club, Green Peace.

Menurut Direktur Eksekutif Sierra Club Kanada, Elizabeth May, penggunaan nuklir untuk mengatasi pemanasan global sama halnya seperti berhenti merokok tetapi ketagihan heroin.<sup>3</sup> Selain itu juga menurut Konsultan Kebijakan Nuklir Sierra Club, Dave Martin, untuk masuk CDM, syarat utamanya adalah teknologi tersebut harus bersih. Tenaga nuklir sama sekali tidak bersih.<sup>4</sup>

## 2. Kemajuan Teknologi Nuklir (PLTN) Kanada

Listrik pada umumnya dibangkitkan dari turbin yang digerakkan uap air. Uap air dihasilkan dengan mendidihkan air dalam bejana (*boiler*). Bahan bakar yang sering digunakan untuk mendidihkan air inilah yang membedakan nama pembangkit listrik. Ada yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, batu bara atau nuklir. Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil, biasanya disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan yang menggunakan nuklir disebut PLT.

<sup>3</sup> <http://www.siamatik.com/nasional/media/analisa-ilmiah-01-07-00.html>

PLTU telah banyak didirikan khususnya di negara-negara berkembang, dan telah banyak pula pengalaman yang kita rasakan, baik masalah pergiliran pasokan arus listrik, harga dan polusi. Masalah pergiliran pasokan arus listrik disebabkan masalah pasokan yang terbatas, karena tidak adanya cadangan sumber listrik. Harga telah dipastikan akan naik terus menerus mengikuti harga minyak bumi. Padahal minyak bumi dan gas alam dapat dimanfaatkan untuk pembuatan plastik, pupuk, kain, bahan bakar kendaraan bermotor atau keperluan lain yang lebih bermanfaat untuk kehidupan.

Penggunaan batu bara untuk suatu PLTU pada mulanya memang murah, tetapi dari pengalaman selama ini batu bara merupakan sumber polusi yang tidak dapat dianggap ringan, dengan abu dan gas yang dihasilkan selama pengangkutan dan pembakaran. Kalau gas seperti  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  sebagai hasil pembakaran disaring menggunakan filter agar gasnya hilang, maka harga listrik menjadi mahal dan tidak kompetitif dengan pembangkit lain. Sebaliknya kalau tidak dilakukan tindakan khusus, – seperti menggunakan filter tadi – maka akan terjadi hujan asam, pencemaran yang sangat merusak lingkungan, pemanasan global dan pencairan es di kutub yang akan mempercepat kehancuran dunia ini.

Selain itu, PLTU batu bara masih mengeluarkan radioaktif alam hasil pembakaran dan abu hasil pengangkutan yang setiap tahunnya mencapai 300.000 ton pada kapasitas 1000 Mega Watt elektrik (MWe).<sup>5</sup> Yang paling aman adalah tenaga air. Namun tenaga air ini sangat tergantung pada curah hujan dan memerlukan lahan yang sangat besar untuk menampung air. P:

digunakan cukup subur untuk ditanami tanaman pangan, serta jumlahnya terbatas dan lokasinya tidak dapat dipindahkan sesuai keperluan. Demikian pula dengan panas bumi, selain lokasi, teknologi untuk mengatasi korosi material dari belerang belum terjawab dengan teknologi yang ada.

Ada satu bahan bakar lagi yang gunanya memang untuk mendidihkan air, yaitu *uranium 235* ( $^{235}\text{U}$ ) dalam PLTN. Pembangkit tipe ini sangat ekonomis, kira-kira sama dengan harga PLTU batu bara tanpa pengolahan limbah. Namun pemakaian bahan bakar *uranium 235* ( $^{235}\text{U}$ ) ini masih sangat ditakuti oleh sebagian besar masyarakat, akibat trauma terhadap kecelakaan PLTN Chernobyl. Untungnya Reaktor Nuklir tipe ini telah dilarang Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA), organisasi di bawah PBB ini memutuskan untuk tidak membangun lagi PLTN tipe ini. Reaktor buatan Rusia ini tidak memiliki sistem keselamatan berlapis dan sedikit terbuka. Tidak memiliki baju berupa bejana dari baja dan rompi tahan peluru dari beton bertulang, yang dapat melindungi diri dari serangan dari luar atau ledakan dari dalam.

Selayaknya masyarakat internasional tidak perlu takut dengan PLTN, karena pembangkit ini selalu diawasi secara internasional. Bukan hanya kalau terjadi kecelakaan, sebaran radio aktifnya dapat mencapai negara lain, tapi juga adanya kemampuan reaktor ini untuk membuat bom nuklir. PLTN ini memang merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk mengatasi krisis ekonomi di suatu negara. Selain bersih dan tidak mencemari lingkungan, harga listriknya sangat murah dan dapat bersaing. Bahkan dengan reaktor temperatur ti

menjadi bahan bakar minyak dan gas untuk kendaraan bermotor serta desalinasi air laut untuk menjadi air minum dan garam.

Harga listrik yang murah tidak hanya didukung oleh harga bahan bakar nuklir yang lebih murah dari harga minyak bumi atau batu bara, tetapi volume bahan bakar nuklir yang diperlukan jauh lebih kecil, sehingga harga transportasinya murah. Selain itu, beratnya pun jauh lebih kecil. Sebagai perbandingan, satu gram  $^{235}\text{U}$  akan menimbulkan energi panas yang setara dengan 1000-2000 liter minyak bumi. Atau 3,5-4 ton batu bara dan polusinya boleh dikatakan hampir tidak ada. Namun kita harus tetap hati-hati karena kecelakaan mungkin saja masih bisa terjadi. Tetapi dengan teknologi yang tersedia sekarang ini, kemungkinan terjadinya kecelakaan dapat ditekan sekecil mungkin. Dengan adanya sistem keselamatan berlapis, kemungkinan kecelakaan dapat ditekan serendah mungkin.

Yang dimaksud dengan keselamatan berlapis adalah PLTN memiliki banyak cadangan sistem keselamatan, pembangkit memiliki beberapa penghalang, untuk menjaga jangan sampai ada radio aktif yang lepas ke lingkungan. *Pelet* yang berisi bahan bakar  $^{235}\text{U}$  dibungkus dengan *stainless steel* atau keramik, kemudian dimasukkan dalam tabung baja lain, yang dikungkung bejana tekan dari baja dan dikurung dalam struktur beton bertulang yang melindungi semuanya. Tekanan dalam struktur beton bertulang dibuat negatif, supaya kalau terjadi ledakan tidak keluar, tetapi ke arah dalam kungkungan. Perisai yang terakhir adalah desain semua reaktor nuklir untuk selalu tahan terhadap



yang pecah, sehingga tidak ada polusi gas yang dilepas ke atmosfer. Dengan demikian pemakaian PLTN aman, murah dan bersih.

Ada lima tipe PLTN yang aman telah digunakan oleh negara maju. Dua tipe *Boiling Water Reactor* (BWR) dan *Pressure Water Reactor* (PWR), keduanya dari Amerika. Kedua tipe *Boiling Height Water Reactor* (BHWR) dan (*Pressure Height Water Reactor*) PHWR dengan pendingin air berat (air keras) yang dikenal dengan tipe CANDU (CANada Deuterium Uranium) dari Kanada dan satu tipe dengan pendingin gas yang dikembangkan oleh di Amerika dan Inggris. Kelima tipe Reaktor Nuklir ini cukup andal dan terbukti belum pernah mengalami kecelakaan seperti PLTN Chernobyl.

Empat reaktor di atas menggunakan uap air untuk menggerakkan turbin, hingga turbinnya besar dan efisiensinya sedikit rendah, hanya mencapai 30%. Lain halnya kalau pendinginnya gas, yang lebih dikenal dengan reaktor temperatur tinggi atau *high temperature reactor* (HTR). Dengan memanfaatkan sifat gas, maka makin tinggi temperatur pendingin reaktor, makin efisien pembangkitan listriknya. Sehingga efisiensinya dapat dinaikkan dari 30% menjadi hampir 50%. Ditambah lagi reaktor ini memiliki koefisien temperatur negatif, hingga kalau pendinginnya hilang dan temperatur reaktor naik, maka reaktivitas reaksi turun dan reaktor nuklirnya padam. Dari keterangan diatas reaktor nuklir semacam ini tak mungkin celaka atau kemungkinan kecil mengalami kegagalan struktur dan kesalahan operator.

Setelah pabrik pesawat terbang dapat membuat turbin

kecil, sehingga banyak komponen seperti penukar panas dan alat bantu pada empat reaktor nuklir pertama dapat dikurangi. Artinya pembangkit tipe ini lebih bersih, praktis, aman dan ekonomis.

### CANDU (CANada Deuterium Uranium)

Reaktor CANDU adalah reaktor nuklir yang menggunakan tekanan air berat. Reaktor yang berbahan dasar uranium ini dirancang pada tahun 1960-an diprakarsai oleh AECL dan the Hydro-Electric Power Commission Ontario. CANDU adalah merk dagang yang terdaftar dan ditujukan bagi "CANada Deuterium Uranium".

**Tabel 2**  
**Reaktor Nuklir CANDU di Kanada**

CANDU's	MWe net	Status	Operator	Pertama kali beroperasi*
Pickering A 1	515	Nonaktif	Ontario Hydro	1971
Pickering A 2	515	Nonaktif	Ontario Hydro	1971
Pickering A 3	515	Nonaktif	Ontario Hydro	1972
Pickering A 4	515	Aktif	Ontario Hydro	1972/ 2003*
Pickering B 5	516	Aktif	Ontario Hydro	1982
Pickering B 6	516	Aktif	Ontario Hydro	1983
Pickering B 7	516	Aktif	Ontario Hydro	1984
Pickering B 8	516	Aktif	Ontario Hydro	1986
Bruce A 1	769	Nonaktif	Bruce Power	1977
Bruce A 2	769	Nonaktif	Bruce Power	1976
Bruce A 3	769	Aktif	Bruce Power	1977/ 2003*
Bruce A 4	769	Aktif	Bruce Power	1978/ 2003*
Bruce B 5	785	Aktif	Bruce Power	1984
Bruce B 6	785	Aktif	Bruce Power	1984
Bruce B 7	785	Aktif	Bruce Power	1986
Bruce B 8	785	Aktif	Bruce Power	1987
Darlington 1	881	Aktif	Ontario Hydro	1990
Darlington 2	881	Aktif	Ontario Hydro	1990
Darlington 3	881	Aktif	Ontario Hydro	1992
Darlington 4	881	Aktif	Ontario Hydro	1993
Gentilly 2	638	Aktif	Hydro Quebec	1982
Point Lepreau 1	635	Aktif	New Brunswick Power	1982
<b>Total CANDU yang Aktif (17)</b>	<b>12,504</b>			

\* Jadwal kedua: akan diperbaiki setelah dinonaktifkan pada tahun 1998

Sumber: <http://www.world-nuclear.org/info/inf49.htm>

Semua reaktor yang ada di Kanada merupakan tipe CANDU dan Kanada menjual produk reaktornya ke luar negeri. Reaktor CANDU memiliki beberapa desain yang unik dibanding dengan reaktor-reaktor lainnya, antara lain:<sup>6</sup>

- ♣ CANDU bereaksi secara alami, tidak menggunakan oksida uranium yang direkayasa (0,7%  $^{235}\text{U}$ ) sebagai bahan bakar melainkan menggunakan uranium alami. Maka dari itu memerlukan moderator<sup>7</sup> yang lebih efisien, dalam hal ini air berat atau deuterium oksida ( $\text{D}_2\text{O}$ ). Sedangkan penggunaan uraniumnya sendiri 15% lebih sedikit dari uranium biasanya. Ini berarti CANDU dapat beroperasi tanpa menghabiskan biaya bahan bakar yang mahal. Ini menjadi daya tarik bagi negara berkembang untuk membangun PLTN berteknologi CANDU. Berdasarkan Perjanjian Pembatasan Nuklir atau *Non-Proliferation Treaty* (NPT), suatu rejim bisa memiliki reaktor jenis ini harus dengan ijin dan pengawasan dari IAEA, begitu juga dengan distribusi dan regulasi bahan-bahan nuklir seperti uranium.

- ♣ Moderatormya terletak didalam tangki besar yang disebut *Calandria*, yang terdiri ratusan tabung tekanan horisontal yang membentuk saluran untuk bahan bakar. Bejananya cukup kuat menggunakan besi tuang, karena pendinginnya menggunakan air berat, sehingga tidak ada korosi yang terjadi didalamnya, pemeliharaannya pun lebih mudah. Penggantian bahan bakar dapat dilakukan tanpa mematikan reaktor, sehingga pasokan listrik bisa terus berlangsung.

<sup>6</sup> [http://www.candu.org/candu\\_reactors.html](http://www.candu.org/candu_reactors.html)

<sup>7</sup> Moderator merupakan material yang melambatkan neutron bebas dari pembel

- ♣ CANDU didesain untuk dibangun tanpa bejana bertekanan besar. Bejana seperti ini biasanya digunakan reaktor air suling (*light-water*), namun air pendinginnya sangat mahal. Teknologi ini mahal dan memerlukan industri berat yang masih kurang di banyak negara. Khususnya Kanada juga masih kekurangan industri semacam ini, dan memutuskan untuk tidak membangun reaktor berteknologi *light-water*. Sebagai gantinya, reaktor hanya menggunakan tabung kecil yang berisi bahan bakar. Tabung ini dibangun dari campuran logam zirconium yang relatif transparan terhadap neutron.
- ♣ Sejak inti reaktor dirawat pada tekanan dan suhu kamar, peralatan yang digunakan untuk memonitor inti reaktor sedikit banyak lebih kompleks. Peralatan tersebut mampu mengatasi tingginya radiasi dan tingginya perubahan yang terus-menerus pada neutron. Khususnya pada batang kendali dan peralatan darurat yang lebih berkualitas.
- ♣ Reaktor ini paling sedikit mengalami masalah dibanding jenis yang lain. Karena sebagian besar dari reaktor beroperasi pada suhu dan tekanan yang rendah serta sistem penanganan bahan bakar yang unik. Tabung tekanan yang berisi tiang bahan bakar dapat dibuka secara terpisah dan bisa dirubah tanpa harus mengeluarkan reaktor.
- ♣ Keunggulan lainnya adalah bahan bakar yang digunakan dikenal sebagai bahan bakar paling efisien. Meskipun reaktor tersebut sedang beroperasi, mekanisme pengisian bahan bakar dapat diacak susunan inti reaktornya sampai tingkat paling efisien. Hampir semua reaktor lainnya didesain den;

- ❖ Sistem pengelolaan bahan bakar reaktor dapat beroperasi pada suhu rendah. Dengan demikian CANDU merupakan reaktor yang paling efisien. Reaktor ini dapat mengembangkan jumlah bahan bakar dari Torium alami jika uranium tidak tersedia. CANDU juga dapat dioperasikan untuk membakar sisa nuklir menjadi statusnya tidak reaktif.

#### Kelemahan CANDU:<sup>8</sup>

Ada dua kerugian desain reaktor CANDU. *Pertama*, biaya yang dikeluarkan untuk air berat, CANDU memerlukan tingkatan air berat yang paling murni. Tingkatan yang lebih baik adalah sebesar 99,975% murni. Cairan yang mahal ini dibutuhkan untuk memenuhi *Calandria*. Air berat murni ini mahal karena secara kimia tidak dapat dibedakan dari air normal dan dapat dengan mudah dicampur dengan air normal. *Kedua*, karena reaktor ini tidak menggunakan uranium, maka reaktor tersebut bisa digunakan untuk memproduksi plutonium untuk membuat senjata nuklir. Kanada memerlukan persetujuan negara agar yang membeli desain CANDU tidak memproduksi senjata nuklir (yang sekarang digunakan atau dibangun di Cina, Korea Selatan dan Rumania). Tetapi plutonium untuk program senjata di India dan Korea Utara telah diproduksi pada reaktor yang serupa CANDU.

### 3. Peranan PLTN dalam Meningkatkan Perekonomian Kanada

Berdasarkan pengalaman negara-negara lain yang menggunakan nuklir dalam mengelola PLTN, mereka mampu melakukan pengherr

cukup besar. Misalnya saja Amerika pada tahun 1973 sedang mengalami embargo minyak, kira-kira 17% dari sumber listrik dipasok dengan membakar minyak dan hanya 5% dipasok dari energi nuklir. Dalam waktu 20 tahun, yaitu pada tahun 1973 sampai dengan 1993 sumber listrik dari minyak tinggal 3%, sementara energi nuklir naik menjadi 20%.<sup>9</sup> Dengan penggantian minyak ke nuklir, Amerika melakukan penghematan besar-besaran dan mereka sangat berterimakasih dengan adanya PLTN. Karena sejak tahun 1973 energi nuklir telah menggantikan 23 miliar barel (setara 3.657 miliar liter) minyak yang sebagian diperoleh dari impor, sehingga dapat menutup defisit perdagangan senilai ratusan miliar dolar AS. Dengan dibangunnya PLTN, mereka dapat mendukung pertumbuhan ekonomi dan keluar dari krisis minyak.

Di Jepang pada musim dingin tahun 1995 pernah terjadi gempa besar dan dahsyat, dimana ada jembatan yang putus, gedung bertingkat yang hancur dan seluruh PLTU mati. Hanya PLTN yang tetap beroperasi, karena didesain anti gempa. Sehingga mereka terhindar dari kedinginan dan kegiatan industrinya tetap jalan. Lain halnya dengan Korea Selatan. Sejak merdeka sampai kira-kira pertengahan tahun 1970 pendapatan perkapitanya masih sama. Namun setelah memiliki PLTN, pendapatan perkapita di Korea Selatan pada tahun 2000 sudah mencapai 10.000 dolar AS.

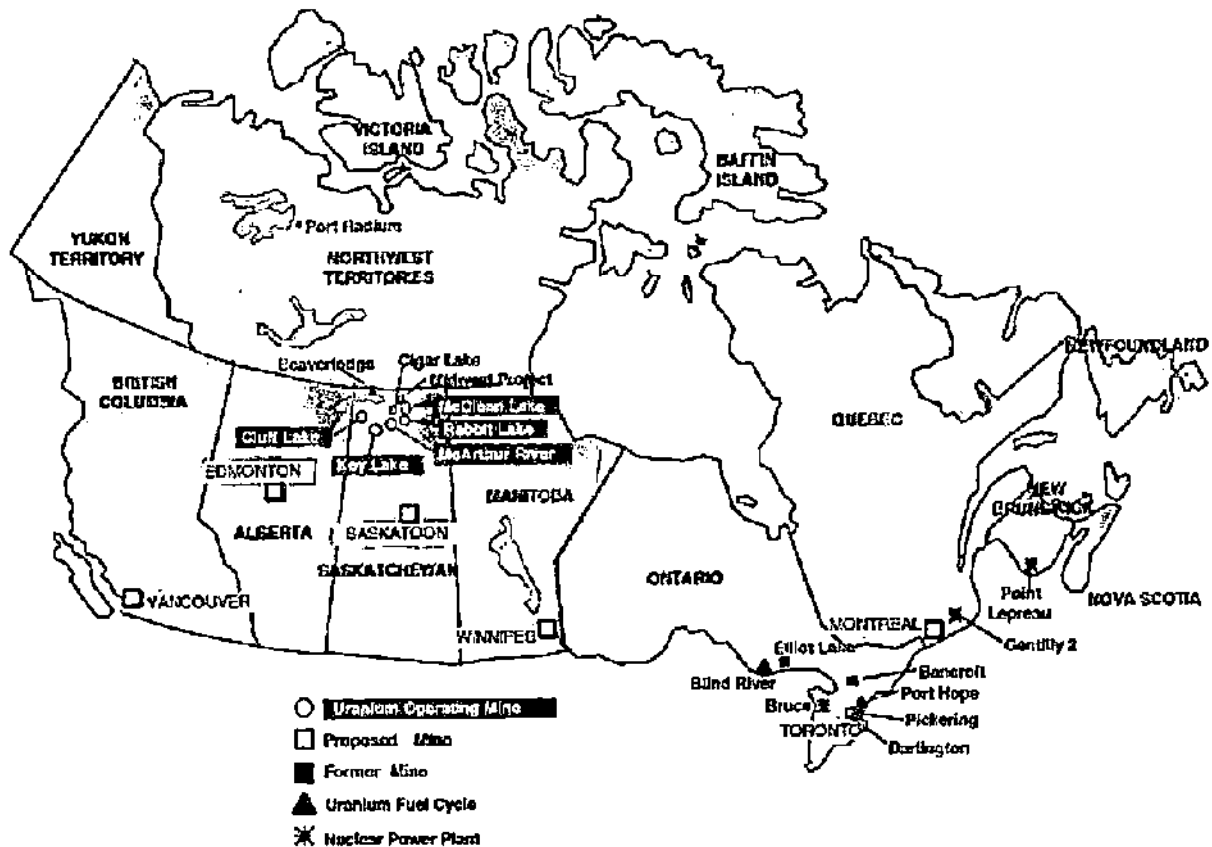
Sebagai salah satu negara yang mengembangkan energi nuklir tercanggih di dunia, Kanada juga mendapat keuntungan dari beroperasinya PLTN di Kanada. Industri nuklir Kanada memberi kontribusi se

keseluruhan persediaan listrik Kanada. Di provinsi Ontario saja pada tahun 1997 memberikan kontribusi pasokan listrik sebesar 48% adalah berasal dari nuklir, sedangkan 27% berasal dari PLTA, 24% berasal dari BBF dan 1% berasal dari bahan bakar lainnya. Dua provinsi lainnya yang menggunakan nuklir adalah New Brunswick dan Quebec menerima sebesar 21% dan 3% secara berturut-turut persediaan listriknya berasal dari nuklir. Total produksi nuklir Kanada adalah 74 juta Terawatt-hours\* (TWh) pada tahun 1999 dengan keuntungan sekitar 1,5 juta TWh dari Juni 1962 hingga Desember 1999.<sup>10</sup>

Hingga tahun 2004, ada 17 reaktor nuklir bertipe CANDU yang beroperasi di Kanada, diantaranya terletak di Ontario, New Brunswick dan Quebec yang menyediakan sekitar 16% dari kebutuhan listrik Kanada. Di Ontario saja, dari 20 reaktor, 15 diantaranya digunakan untuk menyediakan lebih dari 45% persediaan listrik, dan itu setara dengan kebutuhan listrik tiap rumah di Kanada.<sup>11</sup> Lima reaktor CANDU lainnya di Ontario sedang dievaluasi untuk diperbaharui lagi guna memastikan kebutuhan listrik di Ontario tercukupi dimasa kini apun dimasa depan. Ketika 22 reaktor nuklir di Kanada sedang diperbaiki, maka pasokan listrik hanya tersedia sekitar 20% dan sisanya lebih dari 60% akan diambil dari reaktor nuklir yang ada di Ontario. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam peta Reaktor Nuklir Kanada dan Tambang Uranium berikut ini:

\* Urutan satuan berdasarkan Standar Internasional adalah 1 Kilo =  $10^3$ . Maka,  $10^6$ , 1 Giga =  $10^9$ , 1 Tera =  $10^{12}$ , 1 Peta =  $10^{15}$ , 1 Exa =  $10^{18}$   
<sup>10</sup> [http://www.nuclearfaq.ca/cnf\\_sectionB.htm#d](http://www.nuclearfaq.ca/cnf_sectionB.htm#d)  
<sup>11</sup> " " "

**Gambar**  
**Canada's Uranium Production & Nuclear Power**



Sumber: <http://www.world-nuclear.org/info/inf49.htm>

Dengan adanya industri nuklir di Kanada maka perekonomian Kanada pun mengalami peningkatan. Antara tahun 1965-1989 industri nuklir dalam negeri Kanada meraih devisa sebesar Cdn\$17 milyar atau sekitar Cdn\$1 milyar per tahun. Menurut data pada tahun 2001, antar tahun 1962-1994, industri nuklir Kanada memberikan kontribusi bagi perekonomian Kanada sedikitnya Cdn\$34 milyar pada GNP Kanada, dan pendapatan ini terus berlanjut sekitar 2 milyar dolar per tahun. Produksi listrik Kanada bertenaga nuklir pada tahun 2001 adalah sebesar Cdn\$3 milyar, telah mensuplai sekitar 13% permintaan listrik di Kanada. Pendapatan yang akan dihasilkan dari reaktor CANDU dipe

Cdn\$177 milyar. Jika reaktor dua reaktor CANDU baru dipe

Created with

**nitro** PDF professional

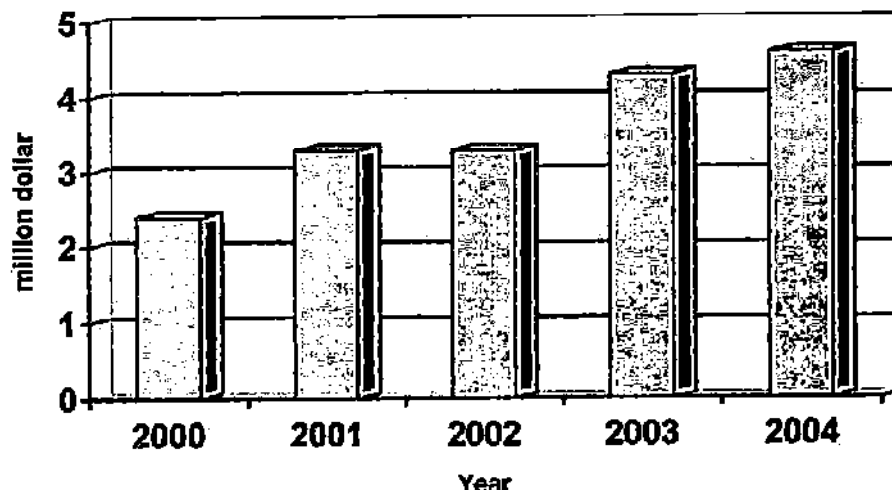
download the free trial online at [nitropdf.com/professional](http://nitropdf.com/professional)



maka akan berdampak positif terhadap GDP Kanada yaitu menjadi Cdn\$2,6 milyar setelah dibangun dengan total pekerja sebanyak 40.000 orang pertahun.

Selain meningkatkan pendapatan dan devisa Kanada, industri ini juga membawa dampak positif bagi investasi di Kanada. Sejak tahun 1952-1993 orang Kanada telah menginvestasikan sebesar Cdn\$5 milyar pada penelitian dan pengembangan nuklir, yang disalurkan melalui AECL. CANDU memberikan nilai ekonomi tersendiri yang tercemin dari peningkatan investasi terhadap perusahaan nuklir swasta seperti Bruce Nuclear Power yang terletak di Ontario. Sebesar Cdn\$1,8 milyar atau sekitar US\$1,2 milyar rencananya pada periode 2005-2006, termasuk Cdn\$800 milyar (US\$ 520,2 milyar) untuk mengganti turbin dan memperbaharui Bruce B.<sup>12</sup> Kemajuan yang diraih dalam rencana Bruce B termasuk didalamnya pembicaran lebih lanjut tentang bahan bakar CANDU yang disebut "CANFLEX" yang menggunakan uranium alami.

**Grafik 1**  
**Sumbangan CANDU Terhadap Devisa Kanada**



Sumber: AECL annual report 2000-2004, <http://www.aecl.ca/images/up-En>

Created with

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa CANDU memberikan devisa terhadap Kanada cukup besar yaitu sebesar 300 juta dolar. Kita lihat pada tahun 2000 CANDU memberikan sumbangan devisa sebesar 2,4 juta dolar (12,5%), kemudian pada tahun 2001 mengalami peningkatan sebesar 0,9 juta dolar menjadi 3,3 juta dolar (9%). Sedangkan pada tahun 2002 tidak mengalami peningkatan terhadap sumbangan devisa. Tahun 2003 CANDU dapat memberikan sumbangan yang cukup tinggi yaitu memberikan sumbangan sekitar 1 juta dolar lebih tinggi dari tahun sebelumnya menjadi 4,3 juta dolar (6,9%). Dan pada tahun 2004 sumbangan yang diberikan tidak begitu banyak hanya 0,3 juta dolar menjadi 4,6 juta dolar (6,5%).

Industri nuklir Kanada tidak hanya meningkatkan perekonomian saja, tetapi juga dapat menanggulangi masalah pengangguran dimana sebanyak 30.000 orang bekerja di lebih dari 150 perusahaan. Industri nuklir Kanada mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 21.000 orang secara langsung dan lebih dari 12.000 orang secara tidak langsung.<sup>13</sup> Penjualan reaktor CANDU ke luar negeri juga memberikan keuntungan bagi Kanada, lebih dari Cdn\$760 milyar diperoleh Kanada selama periode pembangunan, dan mampu menampung hampir 10.000 orang pekerja.

Sebagai negara yang memiliki pengalaman selama 60 tahun di bidang energi nuklir, Kanada menjadi negara pengekspor utama industri nuklir ke seluruh dunia. Penjualan reaktor CANDU ke luar negeri menghasilkan bisnis sekitar 1500

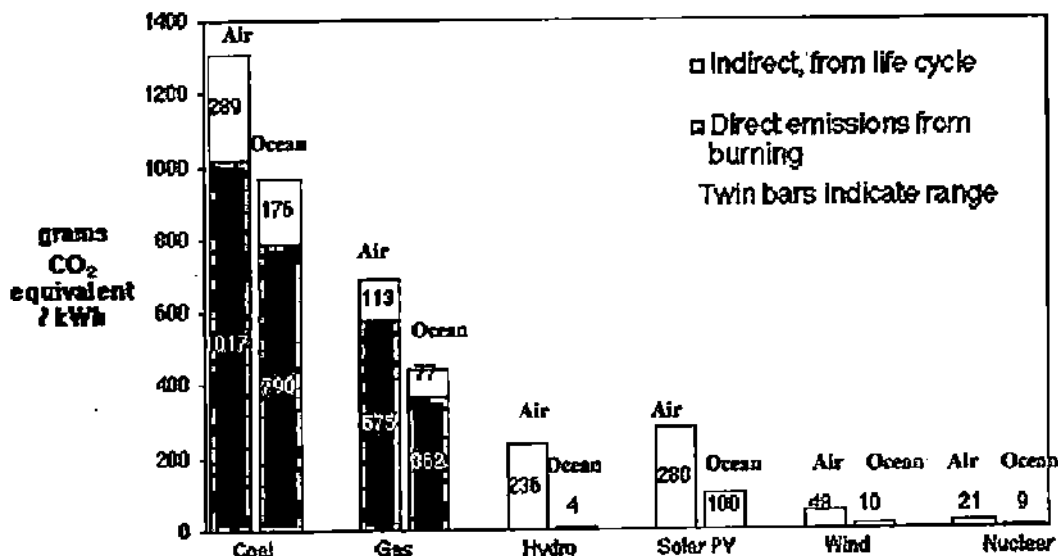
1990 AECL telah sukses membangun 6 reaktor nuklir dengan tepat waktu. Tiga diantaranya dibangun di Korea Selatan, dua di Cina, satu di Romania. Nilai dari barang dan jasa yang dijual industri nuklir Kanada pada tahun 2001 adalah lebih dari Cdn\$1 milyar, Cdn\$523 juta dari ekspor uranium, Cdn\$50 juta dari pertukaran uranium, Cdn\$7 juta dari ekspor listrik (kurang dari Cdn\$67 juta pada tahun 1994), Cdn\$13 juta untuk penjualan air berat, Cdn\$94 dari penjualan isotop radioaktif, Cdn\$55 juta untuk peralatan PWR dan Cdn\$330 juta untuk penjualan CANDU.<sup>14</sup>

#### **4. Keberhasilan Kanada dalam Menurunkan Emisi GRK-nya**

Semua teknologi pembangkit listrik memiliki dampak terhadap lingkungan. Kita berharap yang terbaik, yaitu penggunaan teknologi yang memiliki dampak paling sedikit terhadap lingkungan. PLTN merupakan pilihan yang lebih bersih daripada pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Dengan pembangunan berkelanjutan sebagai etika yang menjadi pegangan, energi nuklir memiliki banyak hal yang dapat ditawarkan dalam hal sumber daya yang berkelanjutan dan dampak negatif lingkungan sangat rendah dimana semua limbah

Grafik 2

## Greenhouse Gas Emissions from Electricity Production



Sumber: <http://www.world-nuclear.org/info/inf59.htm>

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tingkat pelepasan GRK ( $\text{CO}_2$ ) di udara dan lautan dari aktivitas produksi listrik dunia baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk listrik berbahan bakar batubara, pelepasan GRK di udara secara langsung dan tidak langsung masing-masing sebesar 1017 gram dan 289 gram, serta pelepasan GRK yang terdapat di lautan baik secara langsung dan tidak langsung masing-masing sebesar 790 gram dan 176. Untuk listrik berbahan bakar gas, pelepasan GRK di udara secara langsung dan tidak langsung masing-masing sebesar 575 gram dan 113 gram, serta pelepasan GRK yang terdapat di lautan baik secara langsung dan tidak langsung masing-masing sebesar 362 gram dan 77. Untuk listrik bertenaga air, pelepasan GRK di udara secara langsung tidak terdapat adanya emisi tetapi secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 236 gram, pelepasan GRK yang terdapat di lautan secara langsung juga tidak terdapat emisi GRK namun secara tidak langsung terdapat emisi

langsung tidak terdapat adanya emisi GRK tetapi secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 280 gram, pelepasan GRK yang terdapat di lautan secara langsung juga tidak terdapat emisi GRK namun secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 100 gram. Untuk listrik bertenaga angin, pelepasan GRK di udara secara langsung tidak terdapat adanya emisi GRK tetapi secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 48 gram, pelepasan GRK yang terdapat di lautan secara langsung juga tidak terdapat emisi GRK namun secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 10 gram. Untuk listrik berbahan bakar nuklir, pelepasan GRK di udara secara langsung tidak terdapat adanya emisi GRK tetapi secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 21 gram, pelepasan GRK yang terdapat di lautan secara langsung juga tidak terdapat emisi GRK namun secara tidak langsung terdapat emisi GRK sebesar 9 gram. Dari penjelasan tabel diatas terbukti bahwa listrik bertenaga nuklirlah yang paling sedikit melepaskan CO<sub>2</sub> di udara dan termasuk sumber energi yang paling sedikit melepaskan CO<sub>2</sub> ke air.

Kenyataannya bahwa nuklir tidak menghasilkan karbon dioksida membuat perannya menjadi sangat relevan dalam percampuran energi dunia. Tentu saja, ada beberapa emisi karbon dioksida pada berbagai tahap awal dan akhir dari daur bahan bakar nuklir, namun dalam jumlah yang dapat diabaikan. Beberapa negara maju di Eropa, dalam kaitan dengan pencapaian target emisi gas rumah kaca nasional, mustahil untuk mencapainya tanpa penggunaan nuklir secara substansial dalam pembangkitan listrik mereka. Sejak tahun 1'

nuklir dalam sistem listriknya naik menjadi 75%. Sebelumnya pemerintah Jerman mengakui bahwa target pengurangan emisi gas rumah kacanya secara total akan menjadi tidak realistis tanpa energi nuklir. Bagi Komisi Eropa menjadi sungguh jelas bahwa Uni Eropa tidak dapat membuat suatu dampak yang berguna pada emisi karbon dioksida tanpa menyandarkannya secara penuh pada energi nuklir. Selain Perancis, terdapat beberapa negara yang berhasil mencegah lepasnya GRK di negaranya masing-masing. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini berdasarkan data hingga bulan September 2002:

**Tabel 3**  
Negara-negara yang berhasil mencegah keluarnya emisi CO<sub>2</sub>

COUNTRY	Nuclear Electricity Generation 2001		Reactors Operating Sept 2002		Approx. Carbon Dioxide Emissions Avoided 2001
	billion kWh	%	No.	MWe	million tonnes
Argentina	6.5	8.2	2	935	6
Armenia	2.0	35	1	376	2
Belgium	44.1	58	7	5728	44
Brazil	14.3	4.3	2	1855	14
Bulgaria	18.2	42	6	3538	18
Canada	72.3	13	14	9998	72
Chinese:					
-China CNNC	16.7	1.1	5	3702	16
-Taipower	35	22	6	4884	35
Czech Republic	14.7	20	5	2560	14
Finland	21.9	31	4	2656	21
France	401.3	77	59	63203	401
Germany	162.3	31	19	21141	162
Hungary	14.1	39	4	1755	14
India	17.3	3.7	14	2548	17
Japan	321.9	34	54	44301	322
Korea RO (South)	112.1	39	17	13920	112
Lithuania	11.4	78	2	2370	11
Mexico	8.1	3.7	2	1310	
Netherlands	3.7	4.2	1	452	
Pakistan	2.0	2.9	2	425	
Romania	5.1	11	1	655	
Russia	125.4	15	30	20793	

Slovakia	17.1	53	6	2472	17
Slovenia	5.0	39	1	679	5
South Africa	13.3	6.7	2	1842	13
Spain	61.1	29	9	7405	61
Sweden	69.3	44	11	9460	69
Switzerland	25.3	36	5	3170	25
Ukraine	71.7	46	13	11195	72
United Kingdom	82.3	23	31	12282	82
USA	768.8	20	104	98406	769
<b>WORLD</b>	<b>2544</b>	<b>16</b>	<b>439</b>	<b>356,016</b>	<b>2500</b>

Sumber: <http://www.world-nuclear.org/info/inf59.htm>

Energi nuklir telah menyumbang dalam menurunkan hampir dua setengah milyar ton emisi karbondioksida per tahun di seluruh dunia relatif terhadap batu bara, dengan kata lain jika 2400 TWh energi listrik dari nuklir dibangkitkan dengan menggunakan batu bara, maka akan dihasilkan 2,4 milyar ton karbondioksida. Setiap 22 ton uranium yang digunakan untuk listrik akan mengurangi emisi sekitar satu juta ton karbondioksida, relatif terhadap batu bara.

Menurut para ahli, salah satu jalan terbaik untuk menyediakan bahan baku listrik yang bersih, biaya murah dan bisa diandalkan – terutama bagi pertumbuhan ekonomi – adalah nuklir. Ketika digunakan untuk memproduksi listrik, nuklir hampir tidak menghasilkan sedikitpun emisi yang bisa memicu timbulnya asap, hujan asam ataupun pemanasan global. Dengan menggunakan nuklir untuk memproduksi listrik di Kanada, Pemerintah Kanada menyatakan bahwa sejak tahun 1983 hingga 2004 telah mencegah lepasnya emisi sebesar 85 juta ton GRK per tahun atau sekitar 12% dari total emisi GRK Kanada.<sup>15</sup> Hal tersebut sama dengan jumlah GRK yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil yang dibakar oleh 17 juta mobil dan truk. Sebagai tambahan, reakt

hampir tidak memancarkan sulfur dioksida dan nitro oksida, yaitu gas yang menyebabkan asap dan hujan asam.

Sebagai bukti, 20 kg bahan bakar CANDU dengan panjang setengah meter, dapat menyuplai listrik ke 100 rumah selama setahun. Jumlah kapasitas listrik yang sama menggunakan bahan bakar batu bara memerlukan 400 ton atau 400.000 kg batu bara, sedangkan pembangkit listrik bertenaga minyak memerlukan 270.000 liter (hampir 60.000 galon minyak) dan pembangkit listrik bertenaga gas alam memerlukan 300 juta liter (10.000.000 liter gas alam).<sup>16</sup> PLTN berteknologi CANDU memungkinkan penggunaan bahan bakar yang dapat diminimalisasi disamping hasil buangan yang lebih sedikit dari pembangkit listrik bertenaga lainnya (400 ton batu bara akan menghasilkan 100 ton abu, 1000 ton gas CO<sub>2</sub> dan 5 ton gas asam; 300 juta liter gas alam dapat menghasilkan 600 ton CO<sub>2</sub> dan 2 ton gas asam).<sup>17</sup>

Keamanan industri nuklir Kanada mengutamakan keselamatan dan sistem aturan yang tegas. Misalnya pada bulan Juni 2002, Majelis Tinggi Komisi Energi, Lingkungan dan Sumber Daya Alam menyimpulkan bahwa setelah mempelajari dalam beberapa tahun dan masukan dari berbagai sumber, reaktor nuklir domestik Kanada termasuk salah satu reaktor paling aman di dunia. Sebagai tambahan, sebuah penelitian memperkirakan antara 20-100 orang meninggal per tahun karena bekerja di perusahaan pembangkit listrik yang bahan bakarnya batu bara, kebanyakan dari mereka meninggal karena penyakit yang



juga menunjukkan hal yang sama yaitu angka kematian mencapai 300 sampai 1600 tiap tahunnya di Kanada. Hal tersebut menyiratkan bahwa tenaga nuklir mulai dari permulaannya telah menyelamatkan antara 4000 hingga 200 jiwa.<sup>18</sup>

Sejumlah kecil limbah yang dihasilkan oleh pabrik tenaga nuklir yang digunakan untuk membangkitkan listrik dalam jumlah besar dikendalikan dan disimpan dalam suatu tempat dengan sangat hati-hati. Bahan bakar yang digunakan pada awalnya disimpan di teluk yang berisi air, yang terletak di sekitar pabrik tenaga nuklir untuk 5-10 tahun. Kemudian ditempatkan di teromol beton yang besar dan dengan aman disimpan di lokasi tersebut. Desain tersebut telah dikembangkan menjadi fasilitas penyimpanan atau gudang bawah tanah yang besar. Pada bulan November 2002, dibentuklah Organisasi Pengelolaan Limbah Nuklir atau *the Nuclear Waste Management Organization* (NWMO) oleh Parlemen dan diamanatkan untuk menguji pilihan bagi pengelolaan jangka panjang penggunaan dan pembuangan limbah nuklir termasuk efeknya terhadap geologi (bumi). Dalam 43 tahun penggunaan energi nuklir bagi pembangkit listrik, tidak satupun anggota masyarakat yang telah dirugikan dari hasil pengoperasian pabrik tenaga nuklir Kanada.

Sebagai negara yang mendapatkan keuntungan dari bidang nuklir baik PLTN, industri nuklir dan produk-produk lainnya, tentu Kanada menginginkan agar hal ini dapat berlanjut. Dan Kanada juga ingin agar masalah pengangguran dapat teratasi dengan baik. Dengan dapat terus menjual dan memasarkan produk

## **A. Faktor Eksternal**

### **1. Dukungan dari Jepang dan Australia**

Ketika pembahasan Protokol Kyoto di Jepang pada tahun 2001, Kanada menginginkan agar nuklir dimasukkan ke dalam CDM. Kanada sendiri memberi beberapa alasan mengapa nuklir dapat membantu mengurangi masalah pelepasan emisi GRK. Sebagai negara yang mengembangkan energi nuklir baik dalam pengadaan sumber listrik maupun industri nuklir, Kanada telah membuktikan bahwa Kanada berhasil mencegah pelepasan GRK yang berlebihan di negaranya. Sampai saat ini Kanada sendiri masih terus mengembangkan dan memanfaatkan teknologi ini.

Keinginan ini ternyata tidak hanya datang dari Kanada sendiri, tetapi juga dari beberapa negara lain, seperti Jepang dan Australia. Kedua negara ini menyatakan keberatannya jika CDM tidak memasukkan nuklir sebagai salah satu mekanisme yang dapat dilakukan negara maju terhadap negara berkembang.

Dengan adanya dukungan dari kedua negara ini, semakin memantapkan langkah Kanada untuk menyatakan keinginannya agar nuklir masuk ke dalam CDM. Kanada ingin agar ada suatu aturan atau mekanisme tertentu dalam memasarkan dan memperkenalkan nuklir pada negara berkembang yang menjadi target Kanada

#### **a. Jepang**

Adanya dukungan dari Jepang disebabkan karena proposal mengenai *sink* yang diajukan Jepang pada pertemuan Bonn 2001 tahu

keinginan Kanada. Dalam proposal tersebut Jepang mengajukan usulan baru mengenai perhitungan *sink* melalui Menteri Lingkungan Jepang, Kawaguchi, Jepang menginginkan perosotan (*sink*) gas karbon sebesar 3,7% dari 6% yang ditargetkan melalui *domestic sink* (penyerapan GRK oleh aktifitas kehutanan di dalam negeri).<sup>19</sup> Disamping itu juga Jepang termasuk salah satu negara yang membeli dan menggunakan teknologi nuklir Kanada yaitu reaktor yang berteknologi *Pressurised Heavy Water Reactor* "CANDU" (PHWR).

#### **b. Australia**

Australia sebagai negara yang berkomitmen pada Protokol Kyoto, maka pada pertemuan di Bonn tahun 2001 dalam rencana peratifikasian komitmen Protokol Kyoto untuk tahun 2002, Australia menunjukkan sikap keragu-raguannya. Bahkan terkesan bahwa Australia ingin mengacaukan Protokol Kyoto. Sikap Australia ini dikarenakan Australia merasa tidak wajib meratifikasi Protokol Kyoto karena AS sebagai negara penyumbang GRK terbesar saja tidak bersedia meratifikasi Protokol Kyoto. Disamping itu Australia juga mendukung Kanada yang mengajukan energi nuklir masuk ke dalam CDM, karena Australia juga merupakan salah satu negara yang memanfaatkan penggunaan energi nuklir bagi perindustriannya.

Pada tanggal 21 Juli 2001, Australia menyatakan kesepakatan mengenai ketaatan (*compliance*) yang telah diterima penuh secara politis di tingkat menteri pada hari senin 23 Juli 2001 bukan merupakan sesuatu yang operatif untuk bisa dinegosiasikan lagi. Dengan kata lain, A

menegosiasikan ulang perjanjian yang akbar ini. Selain itu juga Australia menyatakan ikut mengajukan aturan yang memasukkan energi nuklir ke dalam CDM bersama-sama dengan Kanada dan Jepang.<sup>20</sup>

## 2. Keluarnya Amerika Serikat dari Protokol Kyoto

Pada masa pemerintahan George W. Bush, AS yang dulunya berkomitmen pada Protokol Kyoto kini menyatakan tidak bersedia meratifikasinya. Bush beralasan bahwa jika AS meratifikasi Protokol Kyoto maka akan berdampak buruk terhadap ekonomi, karena menelan biaya 400 miliar dolar, sehingga lapangan kerja akan berkurang dengan 4,9 juta. Dan ini tidak pantas dikerjakan oleh seorang presiden Amerika.<sup>21</sup> AS mengambil keputusan ini secara sepihak yang merupakan contoh kearoganan dan tidak menghormati sistem internasional yang multilateral.

Dengan sikap AS yang menolak meratifikasi Protokol Kyoto padahal AS merupakan negara penyumbang terbesar emisi GRK sedikit banyak mempengaruhi negara-negara lain untuk tetap berkomitmen pada Protokol Kyoto, termasuk Kanada. Sikap AS yang keluar dengan scenaknya dari Protokol Kyoto seolah-olah menunjukkan adanya kelonggaran di dalam perjanjian internasional sekaliber Protokol Kyoto yang merupakan kesepakatan internasional yang berada di bawah UNFCCC. Kanada menginginkan agar nuklir masuk ke dalam CDM supaya Kanada dapat menjual nuklirnya ke negara berkembang, dan di sisi lain Kanada dapat tetap menjual produksi minyak buminya ke AS.<sup>22</sup> Karena sebagian besar produksi minyak bumi Kanada dijual ke AS. Ini mer

<sup>20</sup> <http://www.pelangi.or.id/press/20010728-01.htm>

<sup>21</sup> <http://www.rnw.nl/ranesi/html/bush-kyoto.html>



**Tabel 4**  
**Jenis PLTN yang Beroperasi Secara Komersial di Dunia (September 2004)**

Jenis Reaktor	Negara Utama	Jumlah	GWe	Bahan Bakar	Pendingin	Moderator
Pressurised Water Reactor (PWR)	AS, Perancis, Jepang, Rusia	263	237	UO <sub>2</sub> diperkaya	air	air
Boiling Water Reactor (BWR)	AS, Jepang, Swedia	92	81	UO <sub>2</sub> diperkaya	air	air
Air Gas-cooled Reactor (Magneox & AGR)	Inggris	26	11	U (metal) alam, UO <sub>2</sub> diperkaya	CO <sub>2</sub>	grafit
Pressurised Heavy Water Reactor "CANDU" (PHWR)	Kanada	38	19	UO <sub>2</sub> alam	Air berat	Air berat
Light Water Graphite Reactor (RBMK)	Rusia	17	13	UO <sub>2</sub> diperkaya	air	grafit
Fast Neutron Reactor (FBR)	Jepang, Perancis, Rusia	3	1	PUO <sub>2</sub> dan UO <sub>2</sub>	sodium cair	Tidak ada
<b>TOTAL</b>		<b>439</b>	<b>362</b>			

Sumber: <http://www.world-nuclear.org/info/inf32.htm>

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa hanya Kanada yang memiliki reaktor nuklir CANDU dengan menggunakan air berat sebagai pendinginnya. Meskipun jumlah CANDU tidak sebanyak jenis reaktor PWR, namun hanya Kanadalah yang reaktor nuklirnya menggunakan bahan bakarnya uranium alami. Reaktor nuklir CANDU dikenal sebagai reaktor paling aman dan paling efisien,

... dan biaya pembangunannya relatif murah.

**Tabel 5**  
**Desain Reaktor Maju (Sistem keselamatan pasif dengan desain yang distandarisasi)**

<b>Reaktor</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Lokasi</b>
GE-Hitachi-Toshiba ABWR	1300 MWe BWR	Jepang & AS
ABB-CE System 80+	1300 MWe PWR	AS
Westinghouse AP 500	600 MWe BWR	AS
AECL CANDU-9	92 -1300 MWe HWR	Kanada
OKBM V-407 (VVER)	640 MWe PWR	Rusia
OKBM V-392 (VVER)	1000 MWe PWR	Rusia
Siemens et al EPR	1525-1800 MWe PWR	Perancis & Jerman
GA-Minatomb GTMHR	module 250 MWe HTGR	AS-Rusia-Perancis-Jepang

Sumber: <http://www.infonuklir.com/Jurnal/Fokus/PerananNuklirdalamEfekRumah%20Kaca.htm>

Dari kedua tabel di atas dapat diketahui bahwa permintaan dari negara yang mengembangkan nuklir cukup banyak dan sebagian besar adalah negara-negara maju dengan perekonomian yang cukup stabil. Adanya pembicaraan mengenai penanggulangan pemanasan global telah membuat Kanada, negara yang mengembangkan nuklir sebagai sumber energi telah membuat Kanada menyumbangkan idenya agar nuklir dimasukkan ke dalam CDM. Keinginan Kanada untuk memasukkan nuklir ke dalam CDM diutarakan oleh delegasi Kanada untuk CDM yaitu Alan Nymark. Pemikiran Kanada ini didasarkan pada kemampuan Kanada dalam mengurangi emisi GRK di negaranya, disamping keuntungan lain yang akan diperoleh Kanada jika nuklir dimasukkan ke dalam CDM. Menurut Kanada nuklir mempunyai prospek yang bagus karena teknologi ini banyak juga diminati oleh negara-negara berkembang. Dan terutama lagi karena target utama CDM adalah pengurangan emisi GRK, dimana nuklir dapat

#### **4. Keinginan Negara Lain Membeli PLTN Kanada**

Saat ini Kanada telah menjadi salah satu negara yang memimpin teknologi nuklir di dunia. Semua produk-produk nuklir Kanada telah membawa manfaat yang banyak bagi negara ketiga terluas di dunia setelah Rusia dan Cina ini. Kesungguhan dan ketekunan Kanada dalam mengembangkan teknologi nuklir di jalan damai telah menbuahkan hasil. Keunggulan nuklir Kanada yang menawarkan keamanan, kecanggihan, ramah terhadap lingkungan dan penggunaannya di berbagai bidang membuat banyak negara tertarik untuk membeli dan mengembangkan teknologi nuklir dari Kanada.

Untuk menjual produk-produk nuklir Kanada, Kanada menginginkan adanya suatu aturan yang menjadi legitimasi Kanada untuk dapat menjual nuklirnya. Selain untuk menyelamatkan proyek nuklir Kanada di negara-negara lain Kanada juga ingin tetap menjual teknologi nuklirnya baik reaktor maupun produk nuklirnya yang berdaya jual tinggi dan mendatangkan devisa bagi Kanada.

Di Kanada terdapat 17 reaktor yang beroperasi (aktif) dan 10 tersebar di luar negeri (empat unit di Korea selatan, dua unit di Cina, dan masing-masing 1 unit di Argentina, Rumania dan Pakistan). Kemudian juga terdapat sepuluh unit "CANDU-buatan" yang beroperasi di India, yang didasarkan pada desain CANDU yang dijual ke India sebelum diledakkan oleh sebuah alat nuklir, oleh sebab itu telah dihilangkan hubungan perdagangan nuklir India dengan Kanada. Perlu dicatat bahwa penjualan Plutonium kepada India untuk program



**Tabel 6**  
**Jumlah CANDU di Dunia**

Jumlah CANDU Berdasarkan Negara						
Negara	Beroperasi	Dalam Pembangunan	Ditutup	Diperbaharui	Harga	Kapasitas
Argentina	1 (1984)	0	0	0	\$420 juta	648 MWe
Canada	17	0	4	5	\$2,6 miliar	12.504 MWe
Cina	2 (1996)	0	0	0	\$197,5 juta	700 MWe
India	2 (1999)	0	0	0	\$117,5 juta	300 MWe
Korea Selatan	4 (1998)	0	0	0	\$2,1 miliar	2.780 MWe
Pakistan	1 (2000)	0	0	0	\$135 juta	137MWe
Romania	1 (1995)	4 (1996)	0	0	\$800 juta	700 MWe
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		

Sumber: [http://www.nuclearfaq.ca/cnf\\_sectionC.htm#n](http://www.nuclearfaq.ca/cnf_sectionC.htm#n)

**Tabel 7**  
**Nama-nama CANDU di Dunia**

Nama-nama CANDU Berdasarkan Negara				
Negara	Beroperasi	Dalam Proses Pembangunan	Ditutup	Diperbaharui
Argentina	Embalse			
Canada	Pickering A (unit 4) Pickering B (5-8) Bruce A (3-4) Bruce B (5-8) Darlington (1-4) Gentilly-2 Point Lepreau		NPD Douglas Point Gentilly-1 WR-1	Pickering A (1-3) Bruce A (1-2)
China	Qinshan (4-5)			
India	Rajasthan (RAPS 1-2)			
South Korea	Wolsong (1-4)			
Pakistan	Kanupp			
Romania	Cernavoda-1	Cernavoda (2-5)*		

\* Hanya Cernavoda-2 yang aktif meskipun dalam proses pembangunan di Romania

Sumber: [http://www.nuclearfaq.ca/cnf\\_sectionC.htm#n](http://www.nuclearfaq.ca/cnf_sectionC.htm#n)

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa Kanada memiliki

..... untuk menjadi industri utama perusahaan di TN berteknologi

Figure 1  
Detailed Site Map

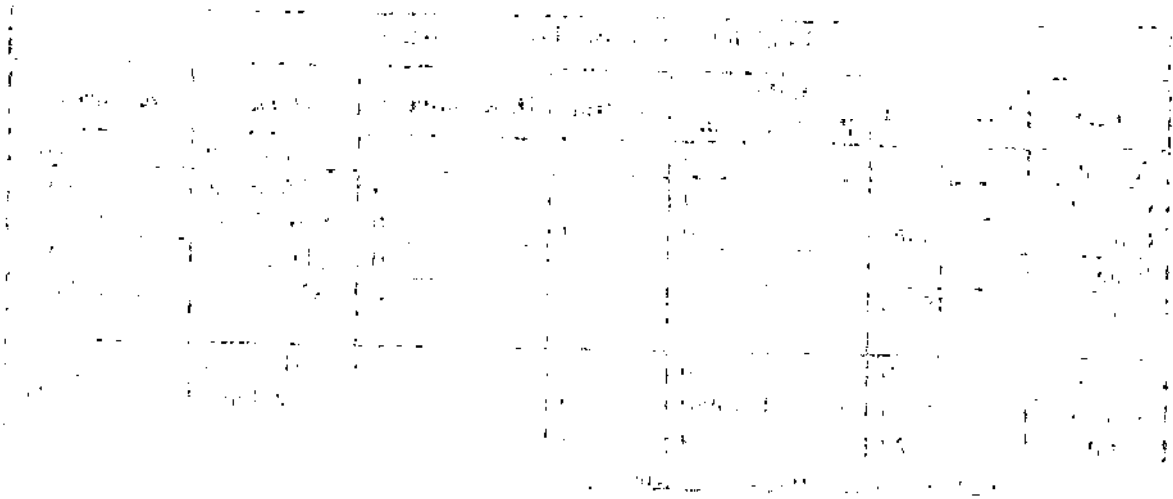
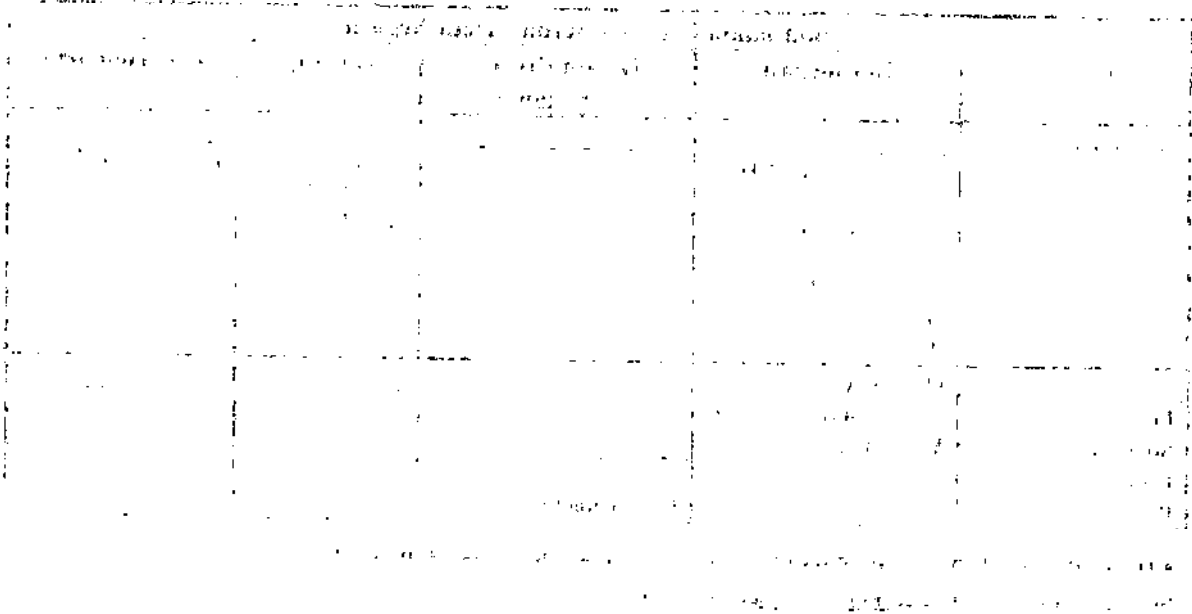


Figure 2  
Site Map



Beberapa negara yang tertarik untuk membeli teknologi nuklir Kanada antara lain:

**a. Argentina**

Pada tahun 1972, AECL mengajukan sebuah penawaran kepada *Nucleoeléctrica Argentina Sociedad Anónima (NASA)*, yang bekerjasama dengan perusahaan Italia yaitu Italmimpianti untuk membangun sebuah reaktor CANDU dengan kapasitas sebesar 648 Mwe. Proses pembangunan dimulai pada tahun 1974. Dan pada bulan Januari 1984, Embalse mulai beroperasi secara komersil. Selain untuk memproduksi listrik, Embalse juga digunakan untuk memproduksi Kobalt-60 yaitu sebuah radioisotop yang digunakan untuk keperluan medis dan industri.

**b. Cina**

Cina, khususnya Cina daratan memiliki sembilan reaktor nuklir yang sedang beroperasi dan dua unit sedang dalam pembangunan. Dua reaktor tambahan tersebut direncanakan dapat memberi peningkatan kapasitas sebanyak empat kali lipat pada tahun 2020. Cina daratan dikenal kaya dengan uranium, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negerinya.

Pengembangan tenaga nuklir di Cina daratan dimulai pada tahun 1970. secara nasional sekitar 340 GWe telah terpasang dan 1575 TWh sudah dihasilkan pada tahun 2002. Pada tahun 2003, tenaga nuklir telah menyediakan 41,6 milyar KWh atau sekitar 2,2%, dan sekarang yang terpasang mencapai 6,6 Gwe. Di Cina

Qinshan (Selatan Shanghai), dengan pembangunan dimulai pertengahan tahun 1980-an.

Pada pembangunan reaktor Qinshan fase 3 (yaitu unit 4 dan 5), reaktor tersebut menggunakan teknologi CANDU 6, dan AECL menjadi kontraktor utama dalam proyek yang berbasis komputer. Pembangunan dimulai pada tahun 1997. Reaktor tersebut masing-masing-masing berkapasitas 665 Mwe. Pembangunan Qinshan unit 4 dimulai pada bulan September 2002 dan unit 5 pada bulan April 2003.<sup>23</sup> Semua pabrik tenaga nuklir yang ada di Cina diimpor dari Perancis, Kanada dan Rusia dibawah pengawasan IAEA

### c. Korea Selatan

Korea Selatan terpaksa harus mengimpor energi sebesar 97% dari energi yang dibutuhkan. Kanadalah yang ditunjuk oleh Korea Selatan untuk menjadi pengimpor utama energi untuk memenuhi kebutuhan energi khususnya energi listrik. Demi menghemat biaya, maka pemerintah Korea Selatan memutuskan untuk membangun reaktor nuklir di negerinya. Maka pemerintah Korea Selatan mengeluarkan kebijakan energi yang didasarkan pada pertimbangan keamanan energi dan untuk mengurangi ketergantungan pada impor energi. Kebijakan tersebut dikeluarkan demi melanjutkan pembangunan instalasi tenaga nuklir sebagai elemen utama dalam memproduksi listrik.

Di bawah rencana pembangunan lima tahun, akhirnya pada tahun 2000, delapan unit reaktor nuklir yang berkapasitas 9200 MWe mulai dibangun hingga tahun 2015, termasuk tambahan sebanyak empat unit sedang dalam

<sup>23</sup> <http://world-nuclear.org/info/inf63.htm>

pembangunan, dua unit akan dinonaktifkan pada tahun 2008. Hal ini akan memberikan pasokan listrik sebanyak sepertiga bagian dari keseluruhan kapasitas listrik nasional dan menyuplai sekitar 45% untuk kebutuhan listrik.

Satu-satunya reaktor Korea Selatan yang menggunakan PWRH bernama Wolsong (unit 1-4), teknologi reaktor ini berasal dari Kanada. Reaktor ini sangat berbeda dengan reaktor-reaktor lainnya yang ada di Korea Selatan yaitu menggunakan teknologi CANDU 6. Meskipun di Korea Selatan memiliki banyak jenis nama reaktor, misalnya Kori (unit 1-4), Yonggwang (unit 1-6), Ulchin (unit 1-6), namun pemerintah Korea Selatan sudah memesan lebih dari tiga unit CANDU 6 dari AECL Kanada untuk melengkapi pembangunan pabrik Wolsong.<sup>24</sup>

#### **d. Pakistan**

Pada tahun 1964, sebuah persetujuan telah dibuat antara Pakistan dan Canadian General Electric untuk membangun sebuah reaktor CANDU dengan kapasitas 137 Mwe dan berlokasi di dekat pantai 30 km arah selatan Karachi. Reaktor yang dikenal dengan KANUPP atau *Karachi Nuclear Power Project* ini mulai beroperasi pada tahun 1971. Seiring dengan percobaan peledakan nuklir India pada bulan Mei 1974, Kanada mengalihkan perhatiannya kepada Pakistan. Secara umum sikap Kanada ini diterima oleh Pakistan sebagai sebuah permulaan

hubungan nuklir. Tepat pada tanggal 1 Januari 1977, Kanada menakhiri

### e. Romania

Romania memiliki satu reaktor nuklir yang mencakup 10% dari total kebutuhan listriknya. PLTN komersilnya mulai beroperasi pada tahun 1996 dan Pemerintah Romania sangat mendukung penggunaan energi nuklir. Pertumbuhan konsumsi listrik di Romania dimulai sejak tahun 1999, dengan persentase sekitar 4% per tahun. Dengan biaya sangat rendah, Energi nuklir menyediakan 10% dari pasokan listrik Romania.

Di akhir tahun 1970-an, sebanyak lima unit pabrik tenaga nuklir direncanakan akan dibangun di Cernavoda, dekat Sungai Danube. Setelah mempertimbangkan dengan hati-hati, kedua reaktor buatan Rusia VVER-440 dibangun dan reaktor buatan Kanada CANDU diputuskan untuk dibangun belakangan. Pembangunan reaktor di Cernavoda didasarkan pada transfer teknologi dari Kanada (AECL), Italia dan AS, dengan reaktor CANDU 6. Konstruksi pertamanya dimulai pada tahun 1980, unit 2-5 di mulai pada tahun 1982. Pada tahun 1991, pengerjaan 4 unit reaktor terakhir ditunda, pengerjaan difokuskan untuk pembangunan unit 1, penanggungjawab pembangunan ditangani oleh AECL dari Kanada dan Ansaldo dari Italia. Unit 1 telah disambungkan ke jaringan listrik pada pertengahan tahun 1996 dan dikomersilkan pada bulan Desember 1996. Perusahaan negara tenaga nuklir *Societatea Nationala Nuclearelectrica* (SNN), didirikan pada tahun 1998 dan beroperasi di Cernavoda. Kemampuan rata-rata SNN beroperasi lebih dari 86% dan biaya pemeliharaannya sebesar USD1,25 cents/kWh. Pada tahun 2000 pemerintah Rom

menyediakan dana sebesar EUR60 juta. Dana selanjutnya dikeluarkan pada tahun 2002-2003 sebanyak EUR382,5 juta oleh pemerintah Romania, termasuk dari Kanada sebesar EUR218 juta.<sup>25</sup> Pada tahun 2004, Romania mendapat pinjaman dari Komisi Eropa sebesar EUR223,5 juta untuk menyelesaikan unit 2, termasuk meng-*upgrade*. Unit tersebut dibangun oleh tim manajemen AECL, Ansaldo dan SNN dengan total biaya proyek sebesar EUR777 juta, hal tersebut sehubungan dengan masuknya operasi komersil pada tahun 2007.

---

<sup>25</sup> <http://world-nuclear.org/info/inf93.htm>