

NUCLEAR CLOCK

DINI PRATIWI

1401130181

dini_tiwiock@yahoo.com

08567586086

DAFTAR ISI

Pendahuluan	3
Isi.....	7
Daftar Pustaka.....	10

PENDAHULUAN

Clock

Clock adalah sebuah system fisik yang menghitung dan menunjukan suatu waktu. Clock tidak hanya menunjukan suatu waktu, tetapi clock juga harus di set untuk mendapatkan waktu yang akurat. Diperlukannya waktu yang akurat tersebut sebagai komunikasi, serta scientific dan system navigasi. Waktu adalah hal kritis untuk mensinkronkan antara sinyal dan komputer. Dengan perkembangan clock, yang pada awalnya menggunakan pendulum kemudian berkembang menjadi atom clock dan baru-baru ini ditemukan clock yang lebih akurat dibandingkan atom clock, yaitu nuclear clock, maka clock dapat menjaga waktu lebih baik, seperti adanya system navigasi GPS, serta internet dapat disinkronkan.

Perkembangan Clock

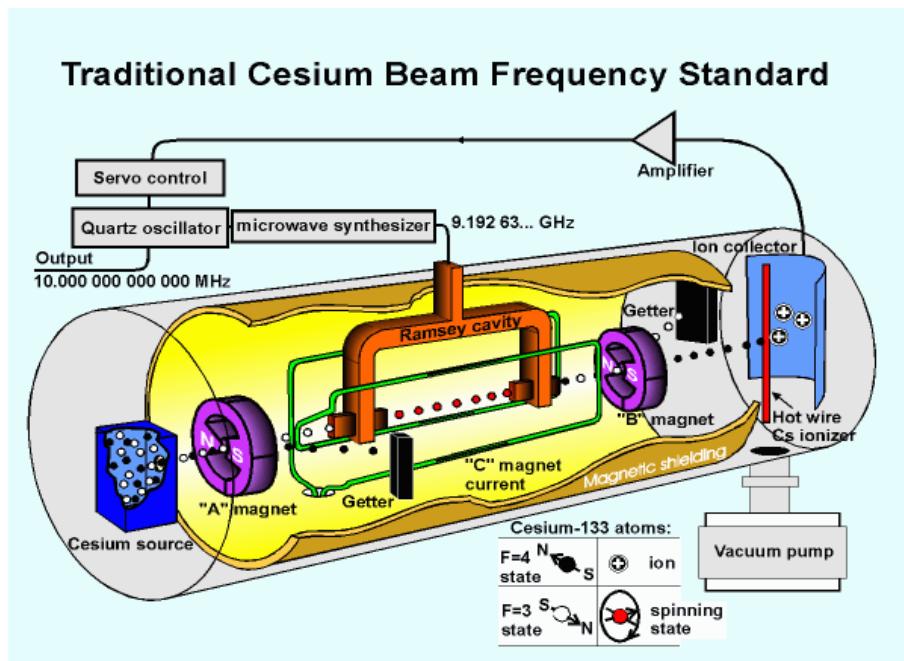
Pada awalnya clock menggunakan swinging pendulum untuk menghasilkan oscillation yang dibutuhkan untuk track time. Oscillation/osilasi merupakan suatu gerakan berulang. Gerakan pendulum dari suatu titik kemudian kembali ketitik yang sama, disebut dengan osilasi. Pada pendulum clock, resonator adalah pendulum dan roda gigi dalam jam yang melacak waktu dengan menghitung resonansi.

Pendulum biasanya berresonansi pada satu frekuensi dalam setiap ayunan(swing) per sekon. Ketepatan waktu ditentukan oleh akurasi dari resonator pada frekuensi tertentu. Pada atom clock menggunakan resonansi frekuensi sebagai resonatornya.

Dahulu, para ilmuan mempunyai kesimpulan bahwa atom dan molekul mempunyai resonansi dan setiap elemen kimia menyerap dan memancarkan radiasi elektromagnetik dengan karakteristik frekuensi masing-masing. Resonansi ini inheren dalam ruang dan waktu. Oleh karena itu para ilmuan memikirkan bahwa atom mempunyai potensi sebagai pendulum yang dapat membentuk dasar suatu clock yang akurat. Ide pertama yang menyatakan bahwa transisi atom untuk menghitung clock diungkapkan oleh Lord Kelvin pada tahun 1879.

Kemudian pada tahun 1945, Profesor Universitas Columbia, Isidor Rabi menyatakan bahwa resonansi atom beam magnetic dapat digunakan sebagai dasar sebuah clock. Pada tahun 1949, National Bureau of Standards membuat atom clock pertama kali dengan menggunakan ammonia sebagai sumber getaran. Atom clock yang akurat pada pertama kalinya menggunakan $^{113}\text{Cesium}$ yang dibuat oleh Louis Essen pada tahun 1955.

Beberapa atom yang pernah digunakan untuk atom clock, yaitu $^{133}\text{Cesium}$, $^{87}\text{Rubidium}$ dan $^1\text{Hidrogen}$. Untuk menggunakan $^{113}\text{Cesium}$ sebagai atom clock, $^{113}\text{cesium}$ dipanaskan di dalam oven sampai menjadi gas. Gas dari atom cesium yang meninggalkan oven dengan kecepatan tinggi bergerak ke sepasang medan magnet. Magnet memisahkan atom mana yang diserap dan melepaskan energy. Atom yang menyerap energy ditarik melalui rongga microwave dimana terkena radiasi dengan frekuensi yang sangat dekat 9,192,631,770 cycles per second, dimana frekuensi dari radiasi tersebut diserap oleh $^{113}\text{cesium}$ dengan pergeseran energy menjadi lebih tinggi. Atom ini kemudian didorong oleh sepasang magnet menuju ke detector. Sebuah servomechanism memonitor umpan balik antara detector dan osilator. Umpan balik tersebut menyesuaikan microwave frequency sampai cocok dengan radiation frequency dari atom cesium, memaksimalkan jumlah atom untuk mencapai detector. Setelah microwave frequency terkunci pada frekuensi cesium atom, kemudian itu akan dapat dibagi menjadi frekuensi yang dapat digunakan untuk menandai waktu secara akurat.



Pada atom clock yang menggunakan rubidium, menggunakan transisi dari ^{87}Rb antara dua hyperfine energy states. Ini menggunakan prinsip yang hampir sama dengan cesium. Pada $^{87}\text{rubidium}$, atom dipaksa untuk mengubah keadaan hyperfine energy states, kemudian diberikan radiasi microwave untuk mengembalikan keadaan awal atom (original state). Ketika atom kembali ke keadaan aslinya, maka transisi frekuensi yang paling tepat yang telah dicapai dan periode gelombang dapat digunakan untuk mengukur waktu secara akurat.

Fungsi dari Clock

Atom clock merupakan dasar dari perangkat GPS (Global Positioning System) dimana yang menentukan panjang dari second, selain itu untuk percobaan dalam menyelidiki dasar-dasar fisika dan relativitas, serta mempunyai peran dalam pelacakan partikel subatomic yang tampaknya berjalan dengan kecepatan lebih cepat daripada kecepatan cahaya.

Perkembangan clock telah menyebabkan kemajuan science dan teknologi worldwide system dari pengukuran posisi yang tepat (GPS), aplikasi internet dimana secara kritis bergantung pada standart frekuensi dan waktu. Clock seperti atom clock juga dipasang pada time signal radio transmitter. Clock juga diperlukan dalam dasar interferometry pada radioastronomy.

Atom clock mempunyai keakuratan dari laser-induced oscillation dari electron pada atom. Namun electron ini dapat dipengaruhi medan listrik dan medan magnet, yang memungkinkan atom clock akan "drift" sedikit demi sedikit, sekitar empat detik lebih dalam waktu sekitar 14 miliyar tahun. Clock terbaru yang diperkenalkan, yaitu nuclear clock, hamper 100 kali lebih akurat jika dibandingkan dengan atom clock terbaik yang dipakai sekarang. Nuclear clock menggunakan orbit dari neutron disekitar inti atom untuk menjaga waktu agar selalu akurat .

Atom clock memperlambat laju dalam medan gravitasi, dimana frekuensi dari ticking (detak) mengalami penurunan. Tingginya presisi dari atom clock memberikan standart quantum dari frekuensi. Oleh karena itu perubahan dari tingkat atom clock dikondisikan dengan menganti frekuensi dari transisi quantum.

Nuclear Clock

Nuclear clock tidak seperti atom clock, dimana atom clock menggunakan orbit electron dari atom sebagai clock pendulum. Nuclear clock menggunakan circling neutron dari inti atom sebagai timekeeper. Hal ini membuat neutron terikat lebih akurat dengan inti atom, daripada electron dengan inti atom. Elektron terletak mengelilingi luar dari inti atom, sehingga electron terletak lebih jauh dari inti atom, jika dibandingkan dengan neutron yang terletak di dalam inti atom. Karena itu neutron yang terikat dengan inti atom tersebut hampir sama sekali tidak terpengaruh oleh gangguan eksternal.

Nuclear clock dibuat dari atom thorium. Thorium merupakan elemen radioaktif yang muncul secara alami dan berlimpah di kerak bumi. Adanya thorium di kerak bumi lebih berlimpah jika dibandingkan dengan uranium. ^{229}Th merupakan isotop radioaktif thorium yang meluruh menghasilkan emisi alpha dengan masa paruh 7340 tahun. Isotop merupakan atom yang berasal dari elemen yang sama yang memiliki massa yang berbeda, karena perbedaan dari jumlah neutron pada atom tersebut. Massa atom ditentukan dari jumlah proton dan neutron yang terdapat dalam inti atom tersebut. Isotop mempunyai massa atom yang berbeda, tetapi mempunyai nomor atom yang sama. Nomor atom merupakan jumlah proton yang terdapat dalam nucleus (inti atom) tersebut. Biasanya isotop yang stabil merupakan tidak radioaktif, tetapi banyak juga isotop yang radioaktif. Thorium merupakan jenis isotop radioaktif.

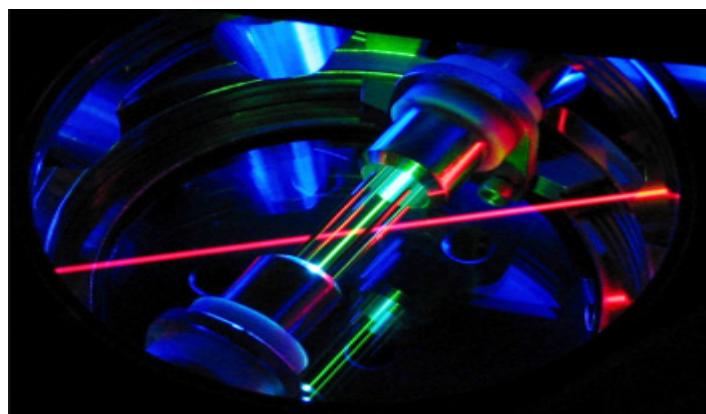
^{232}Th mempunyai waktu paruh $1,405 \times 10^{10}$ tahun, sedangkan ^{229}Th mempunyai waktu paruh 7300 tahun. ^{229}Th berasal dari peluruhan uranium 223. Sedangkan jika ^{229}Th sendiri akan meluruh menjadi ^{225}Ra . Waktu paruh (half life) merupakan waktu yang dibutuhkan radioaktif mengalami peluruhan hingga inti dari radioaktif berkurang setengahnya dari inti radioaktif awalnya.

Transisi antara nuclear ground state dan low-lying isomeric state pada ^{229}Th pada sekitar panjang gelombang 160nm akan memungkinkan menerapkan metode high-resolution laser untuk mengeksitasi nuklir, membuka sesuatu baru di perbatasan antara atom dan nuklir

fisika. Ini juga menawarkan potensi untuk clock yang sangat tepat menggunakan transisi frekuensi sebagai refrensi.

Untuk menghitung waktu, maka perlu dihasilkan osilasi dari atom thorium tersebut. Untuk menghasilkan osilasi, para peneliti berencana untuk menggunakan operasi laser pada frekuensi petahertz 10^{15} oscillation per second untuk meningkatkan inti dari thorium 229 ion menjadi keadaan level energy yang lebih tinggi. Tidak hanya electron saja yang dapat meningkat menuju ke tingkat energy yang lebih tinggi. Neutron juga dapat mengalami eksitasi menuju ke tingkat energy yang lebih tinggi. Excitation energy bergantung pada struktur internal dari setiap nucleus, dimana neutron terdapat dalam nucleus atom.

Penyesuaian laser untuk membuat tingkat energy yang lebih tinggi, membuat para ilmuan memikirkan untuk mengatur frekuensi yang tepat, karena frekuensi tersebut akan digunakan untuk menjaga pengaturan waktu. Frekuensi yang tepat yang diperlukan untuk membangkitkan inti (nucleus) bergantung pada konfigurasi inti tersebut, dimana hal itu sangat bervariasi sehingga tidak dapat dipastikan.



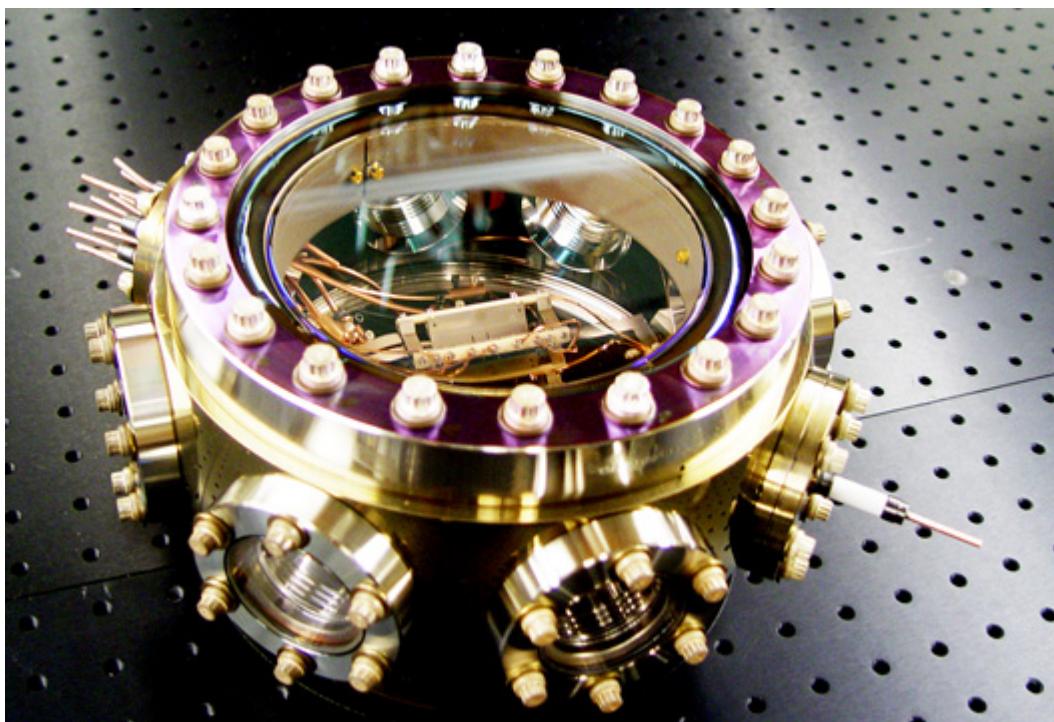
Gambar : Atom thorium dimasukan ke dalam RF (Radio Frequency) ion trap, dimana ion trap ini merupakan salah satu tipe dari Mass Spectrometer.

Mass Spectrometer merupakan sebuah alat yang dapat memisahkan molekul berdasarkan mass-to charge ratio.

Ion nuclear clock perlu dipertahankan pada suhu yang sangat rendah-ten of mikrokelvin. Suhu yang sangat rendah tersebut diperlukan agar ion tetap terjaga dan tidak berubah. Untuk menghasilkan dan mempertahankan suhu tersebut, fisikawan menggunakan laser cooling (laser

pendingin). Tapi pada system ini akan dapat menimbulkan masalah karena sinar laser juga digunakan untuk membuat oscillation time keeping.

Untuk mengatasi masalah tersebut, para peneliti memikirkan single $^{232}\text{Thorium}$ ion dengan $^{229}\text{Thorium}$ ion akan digunakan untuk time keeping. Ion yang berat tersebut dipengaruhi oleh panjang gelombang daripada thorium 229. Para peneliti akan dapat mendinginkan ion yang berat tersebut, dimana dapat menurunkan suhu ion tanpa mempengaruhi oscillation. Cooling ion yang berperan sebagai refrigerator, menjaga ion agar tidak berubah. Hal ini diperlukan untuk membuat keakuratan clock untuk memberikan tingkat kinerja yang lebih tinggi. RF (Radio Frequency) ion trap menahan atom thorium ketika atom tersebut ditembak laser pendingin untuk mendinginkan atom hingga mencapai suhu yang sangat rendah.



Tantangan bagi para ilmuwan yaitu frekuensi dari laser yang digunakan untuk menembakkan pada thorium, belum ditentukan secara pasti frekuensi yang cocok dan pasti. Saat ini ilmuwan sedang mencari frekuensi yang pasti untuk thorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Major, Fouad.* 1998. " The Quantum Beat". *The Physical Principle of Atomic Clocks*. New York: Springer.
- Singh, Nirmal.* 2011. "Radioisotopes : Application in Physical Science". In Tech.
- S. Karshenboim, E. Peik. 2005. " Atomic Clock and Constraints on Variation of Fundamental Contants". Berlin : Springer.
- Agabalyan, Natasha.* 2012. " Nuclear Clock May Keep Time With Universe". Cosmos magazines
- Toon-Georgia, Josh.* 2012. "Nuclear Clock Progress Keeps on Ticking". Futurity.
- Innovation New Daily Staff.* 2012. "Atomic Clocks are Accurate, but Nuclear Clock Would Almost 100 Times More Accurate". The Huffington Post-internet Newspaper.
- Shiga, David.* 2011. " Nuclear Clock Could Steal Atomic Clock's Crown." New Scientist Magazine.
- Range.* 2012. "Proposed Thorium Neutron Based Clock Would be Accurate for Billions of Years". SciTechDaily.
- www.thorium.at
- <http://phys.org/news>. 2012. "Research develop blueprint for nuclear clock accurate over billions of years".