

## KONSEP DASAR PADA SINYAL ECHO JEJAK METEOR "MEKANISME HAMBURAN DAN PENGAMATAN"

Mario Batubara

Lembaga Penerbangan dan Antariksa  
Bidang Teknologi Pengamatan – Pusat Sains Antariksa  
Email : mariobatubara@yahoo.co.id

### Abstract

The general principle of radar observation is just only have two main acts which are transmission and reception the electromagnetic wave. Some of this principle has many implementation in many fields (i.e: meteor observation). In the solar system, debris which called meteoroids whose mass ranges from a few micrograms to kilograms. By penetrating of radio waves into the atmosphere, a meteoroid gives rise to a meteor, which vaporizes by sputtering, causing a bright and ionized trail that is able to scatter forward VHF electromagnetic waves. When a meteor enters the atmosphere, its trail may reflect the radio waves from the transmitter to the receiver. At the receiver, where the signal of the transmitter is normally not received, the transmission can then be received for a moment, as long as the meteor trail is present. The received signal characteristics are related to physical parameters of the meteoric event. This paper is organized as it follows. The first chapter presents the meteor characteristics, and briefly introduces the several meteor echo signal types. The next chapter describes the comparison of meteor echo caused radio wave scattering from meteor trails and identify the scattered signal from meteor trail will be derived at the end of this paper, especially in part of result-discussion. Finally, the conclusions are addressed in the last chapter.

*Key words: meteor, radar, radio wave and meteor trails scatters.*

### Abstrak

Prinsip umum pada pengoperasian radar hanya terletak pada 2 (dua) hal yang utama yakni pemancaran dan penerimaan gelombang elektromagnet. Beberapa dari prinsip ini sudah diaplikasikan dalam berbagai bidang (misal: pengamatan meteor). Di dalam sistem tata surya, meteorit yang memiliki rentang massa dari beberapa mikrogram hingga kilogram. Dengan memancarkan gelombang radio ke atmosfer, sebuah meteorit hingga menjadi meteor, yang mana memendarkan secara memercikan, yang mengakibatkan jejak yang terionisasi dan dapat menghamburkan gelombang elektromagnet. Ketika sebuah meteor memasuki lapisan atmosfer, maka jejaknya akan menghamburkan gelombang radio dari sistem pemancar ke sistem penerima. Pada sistem penerima, dimana sinyal pemancar tidak diterima, pemancaran dapat kemudian diterima sesaat, selama meteor masih terjadi. Karakteristik sinyal yang diterima sangat terkait dengan parameter fisik kejadian kemunculan meteor. Paper ini tersusun dan dijelaskan sebagai berikut. Pada bagian pertama menjelaskan tentang karakteristik meteor, dan mengenali beberapa bentuk meteor echo dengan menggunakan gelombang radio secara singkat. Hasil perbandingan dari beberapa bentuk meteor echo dengan menggunakan gelombang radio dan identifikasi sinyal hamburan dari jejak meteor akan dijelaskan di akhir tulisan ini, khususnya pada bagian hasil-pembahasan serta kesimpulan.

**Kata Kunci :** meteor, radar, gelombang radio dan penghambur jejak meteor.

## 1. PENDAHULUAN

Sampai sejauh ini pemantauan kemunculan meteor sudah dilakukan beberapa tahun yang lalu dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan penelitian di bidang keantariksaan. Meteor merupakan benda antariksa yang terjadi pada saat memasuki lapisan atmosfer bumi. Saat memasuki lapisan atmosfer bumi, meteor akan memancarkan cahaya dan membentuk jejak lintasannya sebagai akibat pergesekan partikel meteor dengan lapisan atmosfer.

Meteor pada umumnya terjadi pada lapisan mesosfer, dan pada ketinggian 75 – 100 km. Jutaan meteor terjadi di atmosfer bumi setiap harinya. Meteor akan dapat terlihat dalam rentang jarak sekitar 65 – 120 km di atas Bumi.

Partikel-partikel yang tertinggal pada jejak meteor ataupun bagian inti meteor dapat menghamburkan gelombang elektromagnet yang dipancarkan dalam bentuk sinyal echo.

Gelombang radio dihamburkan oleh jejak meteor. Meteor radar dapat mengukur densitas atmosfer, densitas ozon dan angin pada ketinggian yang tinggi dengan mengukur *decay time* dan *Doppler Shift* jejak meteor.

Karakteristik sinyal echo yang diterima akan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan penelitian dimana sinyal echo yang diterima sangat terkait dengan karakteristik fisis atmosfer.

Paper ini tersusun dan dijelaskan sebagai berikut. Pada bagian pertama menjelaskan tentang karakteristik meteor, dan mengenali beberapa bentuk meteor echo dengan menggunakan gelombang radio secara singkat. Hasil perbandingan dari beberapa bentuk meteor echo dengan menggunakan gelombang radio dan identifikasi

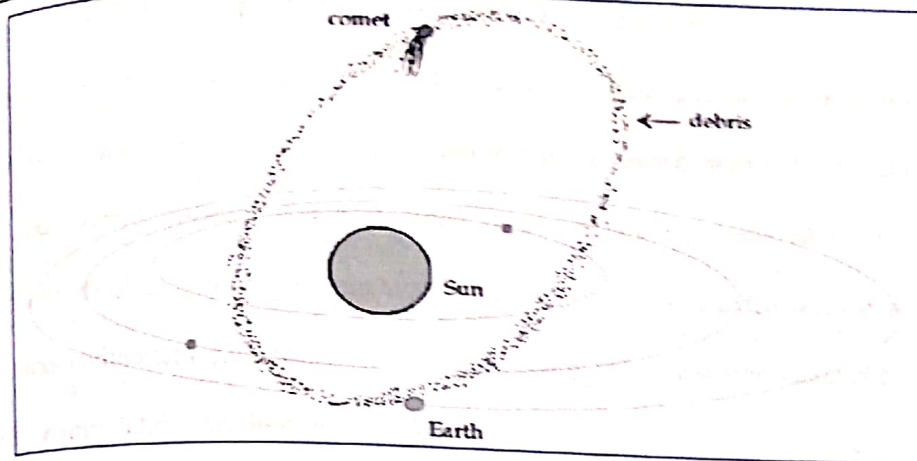
sinyal hamburan dari jejak meteor akan dijelaskan di akhir tulisan ini, khususnya pada bagian hasil-pembahasan serta kesimpulan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Meteor

Meteoroid seringkali merupakan sampah antariksa dalam sistem tata surya. Penampakan bagian meteoroid yang memasuki atmosfer Bumi disebut meteor. Jika sebuah meteor mencapai permukaan dan bertumbukan, kemudian hal ini dikenal sebagai meteorit. Beberapa meteor yang muncul beberapa detik atau menit dikenal sebagai hujan meteor. Beberapa karakteristik meteorit dapat ditentukan selama melewati atmosfer Bumi dari bentuk trajektori, posisi, mass loss, *deceleration*, *the light spectra* yang dihasil oleh peristiwa meteor. Beberapa hal tersebut memberi efek terhadap sinyal radio yang memberikan informasi, khususnya dalam waktu *daytime meteor*, *cloudy day*, *ful moon night*, yang bagaimanapun sulit untuk diamati. Berdasarkan trajektori meteor, meteoroid sudah ditemukan dengan berbagai orbit yang berbeda, beberapa kelompok dalam kemunculannya terkadang bergabung dengan induk meteor, lainnya terlihat sporadik. Debris yang berasal dari meteoroid akhirnya bisa dihaburkan ke orbit yang lain. *The light spectra*, bergabung dengan pengukuran trajektori dan *light curve*, sudah menghasilkan beberapa komposisi meteoroid dan densitasnya. Beberapa meteoroid terpecah dari benda luar angkasa. Meteoroid ini dihasilkan ketika meteoroid ditumbuk oleh meteoroid dan terjadi loncatan materi dari benda-benda angkasa.

Kebanyakan meteoroid saling mengikat satu sama lain dengan Matahari dalam berbagai orbit dan kecepatan. Meteor terlihat secara rentetan cahaya yang terjadi ketika meteoroid memasuki atmosfer Bumi. Meteor tipikalnya terjadi pada lapisan Mesosfer, dan keseringannya pada jarak ketinggian 75 – 100 km.



Gambar-1 : Debris yang tertinggal oleh komet dapat memasuki atmosfer Bumi.

Selama proses masuknya meteoroid atau asteroid ke dalam lapisan atmosfer Bumi, proses ionisasi pada ekor bisa terjadi, dimana molekul-molekul lapisan atmosfer diionisasikan oleh meteor. Beberapa proses ionisasi dapat terjadi hingga 45 menit. Beberapa ukuran meteoroid yang memasuki atmosfer secara konstan dalam berbagai bagian atmosfer, dan sehingga proses ionisasi dapat ditemukan pada lapisan atmosfer atas.

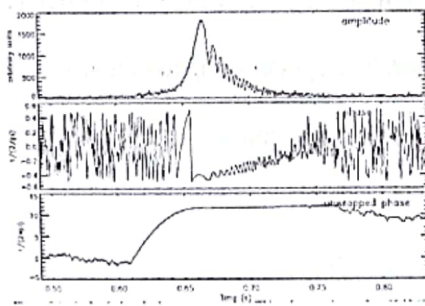
Gelombang radio dipantulkan oleh ekor meteor. Radar meteor dapat mengukur densitas atmosfer, densitas ozon dan angin pada ketinggian yang sangat tinggi dengan mengukur *decay rate* dan *Doppler shift* ekor meteor. Kenggulan daripada radar meteor adalah dapat menghasilkan data secara kontinyu, siang dan malam, tanpa gangguan cuaca.

### Tipe Meteor Echo

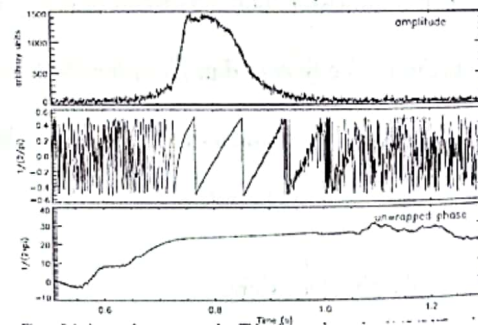
Ketika meteoroid menembus atmosfer, suatu bentuk kolom elektron statis dibentuk, dengan diameter kecil dibanding dengan panjang gelombang yang digunakan pada radar meteor. Bentuk kolom melebar secara radial, dikarenakan elektron-elektron merekombinasi, terkait, atau difusi.

Sinyal *backscatter* yang berasal dari ekor meteor dapat dibagi menjadi 2(dua) bagian utama, bergantung pada apakah densitas elektron pada ekor meteor adalah lebih kecil atau lebih besar daripada nilai kritik. Jika ternyata lebih kecil, ekor meteor dikatakan *underdense*, gelombang radio dapat menembus secara bebas, dan setiap elektron beraksi sebagai sumber penghambur tunggal. Jika ternyata lebih besar, ekor meteor dikatakan *overdense*, dan gelombang radio tidak sanggup menembus akan tetapi dapat dipantulkan dengan efektif dari sekeliling permukaan didalamnya dimana elektron-elektron sangat rapat untuk mengakibatkan pemantulan secara total.

Kejadian gelombang radio menembus daerah kolom dan dihamburkan oleh elektron bebas tunggal, yang beresilasi bebas tanpa bertumbukan dengan pratikel lainnya. Setiap elektron aktif berperilaku jika tidak ada yang aktif, efek samping radiasi dan absorpsi dapat diabaikan. Kondisi ini didefinisikan sebagai *underdense trail*(gambar-2a). Jika volume densitas elektron cukup besar, hamburan samping dari elektron ke elektron menjadi penting. Elektron tidak lagi lama sebagai penghambur yang independen, gelombang tidak menembus daerah kolom dengan bebas. Hal ini semua dikenal sebagai *overdense trail* (gambar-2b).



Gambar-2a: a Classical underdense echo



Gambar-2b: an overdense meteor echo

### 3. DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penulisan makalah ini adalah data komponen kompleks sinyal yang diterima oleh masing-masing penerima. Komponen kompleks sinyal yang diterima oleh radar adalah komponen real yang dikenal sebagai komponen *inphase* dan komponen imajiner yang dikenal sebagai *Quadrature*. Kedua komponen tersebut sangat berperan dalam pemrosesan sinyal yang diterima oleh radar guna mengidentifikasi keberadaan target yang diamati. Ada lima penerima yang digunakan atau diaplikasikan pada radar meteor. Sementara itu,

1. Proses pembentukan amplitudo sinyal, dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$A(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)} \quad (1)$$

Dimana  $A(t)$  : amplitude sinyal yang diterima,  $I^2(t)$  &  $Q^2(t)$ : kuadrat dari masing-masing sinyal *Inphase* dan *Quadrature*.

2. Phase sinyal, dapat ditentukan dengan menghitung besar pergeseran sudut antara kedua komponen kompleks yang diperoleh. Besar pergeseran sudut  $\varphi$  tersebut, dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

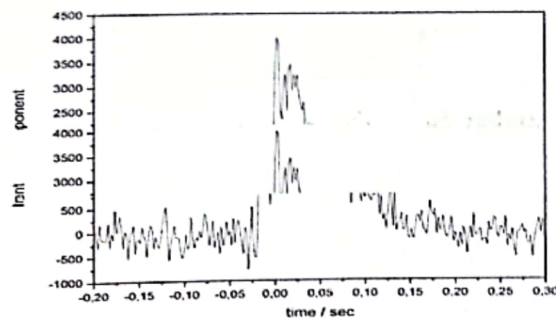
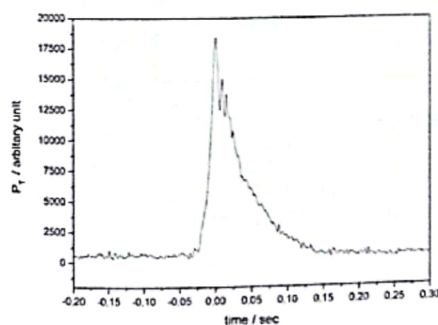
$$\varphi = \tan^{-1} \frac{Q(t)}{I(t)} \quad (2)$$

3. Serta cross-correlation diimplementasikan dalam metode pengolahan sinyal radar meteor. Cara ini digunakan untuk menentukan perbedaan waktu (*delay time*) antara dua sinyal yang diterima oleh dua system penerima. Metode cross-correlation dilakukan dengan cara meng-cross product dua sinyal yang berbedaf(t) dan g(t) dengan

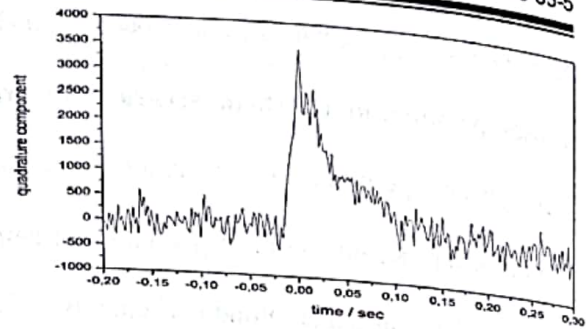


nilai rata-ratanya sudah dilakukan pada tahap-1, dan selanjutnya di tahap-2 dilakukan proses perhitungan perataan secara inkohorent pada seluruh data yang diterima. Penggunaan perhitungan ini untuk optimasi sinyal receiver untuk inisialisasi pendeteksian. Kemudian hasil penjumlahan amplitudo di setiap receiver dibandingkan dengan nilai rata-rata amplitudo sebelumnya. Kemungkinan sinyal meteor diyakini bila hasil sumasi amplitudo melebihi nilai standar deviasi data sebelumnya. Namun jika tidak terpenuhi maka dilanjutkan dengan pemrosesan data selanjutnya. Bilangan untuk menentukan nilai perata-rataan data ditentukan oleh *user* dan penentuan bilangan ini sekitar 2-10.

Tahap-3 dilakukan bila nilai-nilai hasil proses tahap-2 sudah diyakini adalah kejadian meteor. Kemudian dari nilai-nilai yang diperoleh sebelumnya, dilihat mengenai kemiringan sinyal yang diterima. Ada beberapa identifikasi kemiringan yang harus digunakan yakni: bila kemiringannya rendah, maka sinyal diidentifikasi sebagai sinyal dari pesawat atau dari sinyal echo lapisan E atau dari sumber lainnya. Eliminasi dilakukan dengan proses digital dan analog filter. Setelah sinyal yang diterima adalah benar-benar dari kejadian meteor, dilanjutkan dengan proses perhitungan arah kedatangan kejadian meteor terhadap sistem radar. Hal ini dilakukan dengan menggunakan prinsip correlasi antara sinyal yang diterima oleh masing-masing antena.

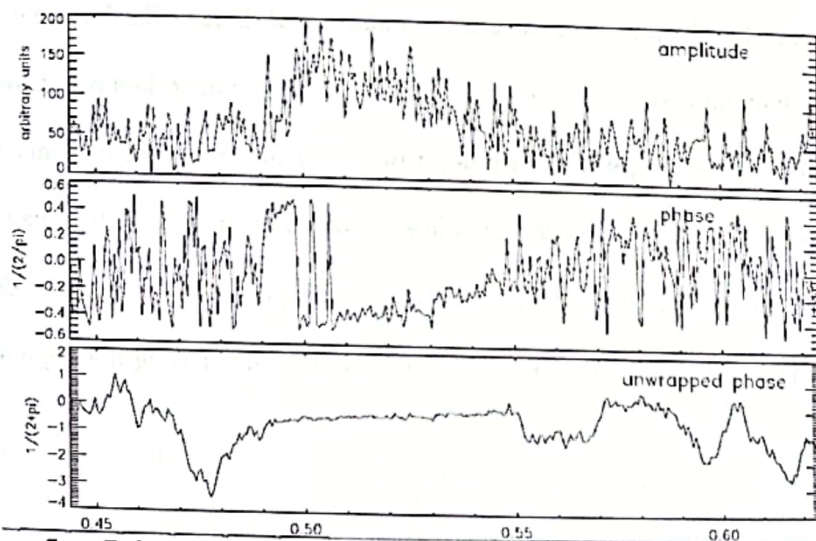




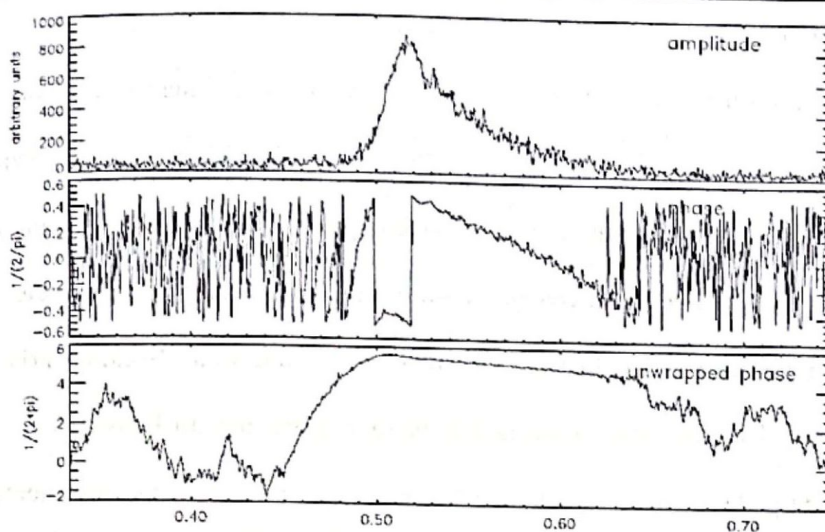


**Gambar-4 :** Pulsa echo dari meteor (kiri). Sinyal Inphase echo meteor (kanan-atas). Sinyal Quadratur echo meteor (kanan-bawah).

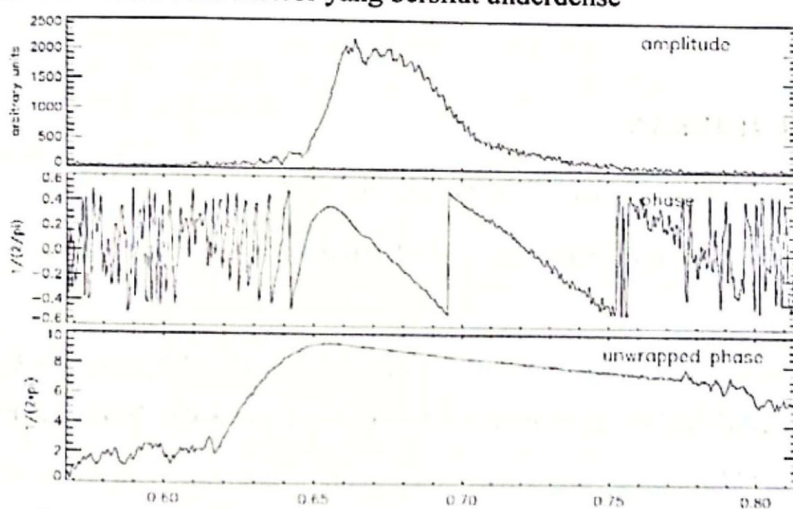
Gambar-4 didapat dengan cara mengintegrasikan beberapa pulsa yang diterima dimana merupakan sinyal echo dari meteor. Proses pengintegrasian dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa pulsa sinyal echo meteor menjadi satu pulsa. Setiap pulsa, sebelumnya dilakukan perhitungan amplitudo setiap pulsa berdasarkan kedua komponen kompleks.



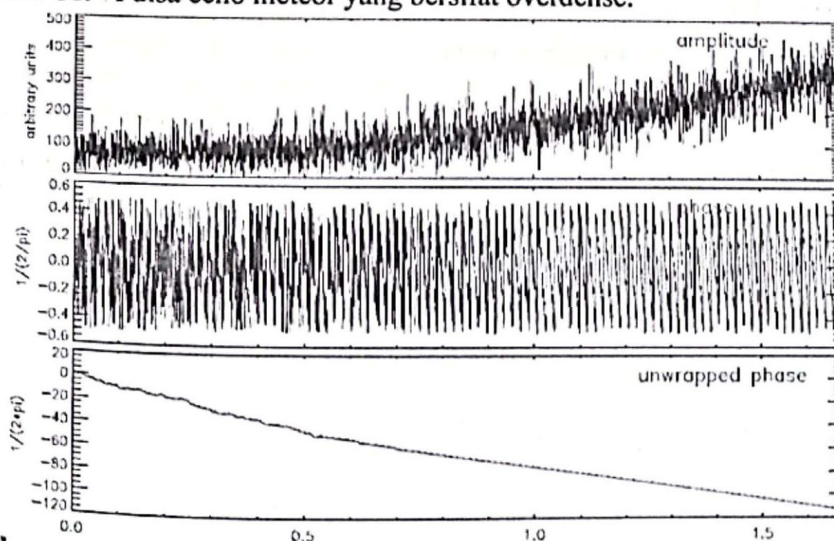
**Gambar-5a:** Pulsa echo meteor yang lemah dan disertai noise.



Gambar-5b: Pulsa echo meteor yang bersifat underdense



Gambar-5c: Pulsa echo meteor yang bersifat overdense.



Gambar-5d: Pulsa echo yang bersumber dari pesawat terbang.

## 5. KESIMPULAN

Proses ionosasi yang terjadi pada jejak meteor memungkinkan untuk menghamburkan sinyal gelombang elektromagnet. Kemiringan yang terjadi pada sinyal echo meteor yang diterima menentukan kecepatan meteor (fluktuasi yang terjadi pada kemiringan sinyal echo meteor). Faktor kemiringan sinyal echo meteor trail menentukan sifat dari jenis hamburan sinyal yang diterima. Secara garis besar pemrosesan sinyal untuk identifikasi meteor hampir sama dengan konsep pemrosesan sinyal yang ada pada radar lainnya khususnya radar pulsa yaitu mengimplementasikan metode integrasi koheren, integrasi inkoheren, analisis spektrum dan pemfilteran sinyal.

## 6. DAFTAR RUJUKAN

- Eric V.C Leite, et al. *Radar Meteor Detection*, USA, 2009.
- Jean-Mare wislez. *Forward Scattering of Radio Waves off Meteor Trails*, Belgium, 1993.
- W.K. Hocking et al. *Real-time Determination of Meteor-Related Parameters Utilizing Modern Digital Technology*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Australia, 2000
- Zdenek Cwplecha and Jiri Borovicka. *Meteor Phenomena and Bodies*. Space Science Reviews 84: 327-471, Netherlands, 1998.
- Ding Tao. *Experimental Study of the Influences of Background Atmospheric Electron Density on Radar Backscatter from Meteor Trails*. Master of Science Thesis-Chalmer University of technology. Sweden. 2010.