

PENDISTRIBUSIAN DATA NUMERICAL WEATHER PREDICTION (NWP) DENGAN GrADS DATA SERVER

Wido Hanggoro¹⁾, Iis Widya Harmoko¹⁾, Setyawan Widyarto²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Informatika, Universitas Budi Luhur Jakarta, Jl. Ciledug Raya, Petukangan Utara 12260 Jakarta Selatan Telp (6221)-5853753, e-mail : wido_hanggoro@yahoo.com

²⁾ Faculty of Computer Science and Information Technology, Universiti Selangor, Bestari Jaya Campus, Jalan Timur Tambahan, 45600 Bestari Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia, Tel:603-32805121 Faks:603-32806015, e-mail: swidyarto@unisel.edu.my

Abstrak

Penggunaan software 'Numerical Weather Prediction' (NWP) diperlukan untuk memberikan informasi cuaca harian secara spasial beresolusi tinggi. Data keluaran produk-produk NWP mempunyai ukuran yang sangat besar sehingga sulit dipertukarkan untuk dapat ditampilkan dalam bentuk peta cuaca maupun untuk analisis lebih lanjut. Pemanfaatan teknologi 'online storage' menggunakan GrADS Data Server (GDS) merupakan salah satu solusi untuk mendistribusikan data-data NWP yang berukuran besar. Selain menyediakan koneksi yang stabil dan aman, GDS juga dapat membaca berbagai format data cuaca seperti GRIB, Binary, NetCDF, HDF, BUFR, dan GrADS station data. Walaupun diperlukan keahlian tambahan untuk mengakses data tersebut, tetapi penggunaannya sebanding dengan kemudahan akses serta kemungkinan analisa data untuk keperluan lebih lanjut.

Kata Kunci : Numerical Weather Prediction, Weather Research and Forecasting EMS, GrADS Data Server

1. PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari manusia selalu memerlukan informasi tentang keadaan cuaca, baik informasi cuaca jangka pendek maupun informasi cuaca jangka panjang. Dalam aplikasinya, perubahan yang cuaca yang dinamis merupakan suatu tantangan yang harus dihadapi dalam menyediakan informasi cuaca yang cepat, tepat, dan akurat.

Berbagai metode dilakukan untuk memperoleh hasil informasi cuaca yang akurat, salah satunya menggunakan pendekatan Numerical Weather Prediction (NWP). NWP menggunakan representasi keadaan atmosfer secara numerik baik global maupun regional untuk memprediksi kondisi atau keadaan atmosfer yang akan datang dengan menggunakan berbagai persamaan-persamaan yang berlaku di atmosfer (Pielke R.A, 2002).

Metode NWP melibatkan perhitungan parameter cuaca yang cukup banyak, umumnya prakiraan cuaca yang menggunakan metode ini mempunyai keluaran (*file output*) yang cukup besar. Besar kecilnya hasil keluaran ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain: luas daerah yang diprediksi, panjang prediksi, resolusi spasial yang digunakan, dan parameter cuaca yang dihasilkan.

Untuk Indonesia yang mempunyai wilayah yang cukup luas, penggunaan metode NWP akan memberikan permasalahan yang cukup signifikan dalam hal distribusi dan penyimpanan data-data prediksi cuaca. Ditambah lagi penggunaan *dynamical downscaling* (perolehan informasi spasial cuaca yang lebih detil/resolusi tinggi) untuk peningkatan akurasi prakiraan yang akan semakin memperbesar ukuran *file output*. Oleh sebab itu suatu tehnik manajemen data keluaran NWP diperlukan untuk menjamin distribusi informasi yang cepat.

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai konfigurasi dan penggunaan GrADS Data Server (GDS) untuk melayani distribusi data-data keluaran NWP dalam hal ini menggunakan model *Weather Research and Forecasting* (WRF). Persoalan yang dibahas terbatas pada kecepatan akses data NWP pada server GDS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Numerical Weather Prediction

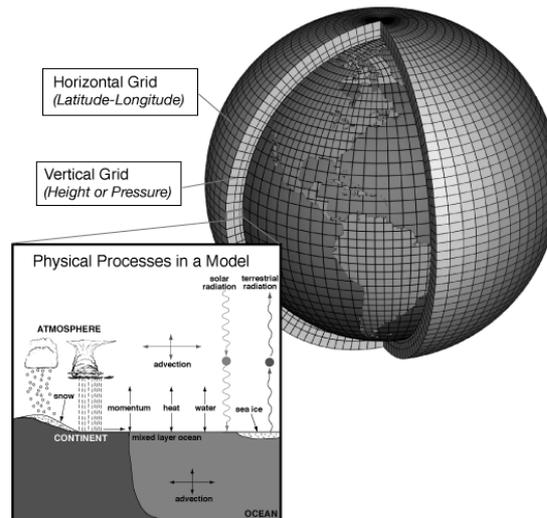
The Grid Application Development Software (GrADS) adalah perangkat lunak untuk aplikasi 'grid' dan termasuk perangkat tingkat menengah bagi pengguna yang dikembangkan oleh *Center for High Performance Software Research, Rice University, Houston* (Rice University, 2012)

Ide dasar penggunaan metode NWP diawali dengan menganggap bahwa atmosfer sebagai fluida. Dengan demikian, dengan adanya data-data yang didapat dari data-data pengamatan stasiun cuaca, satelit cuaca, serta observasi cuaca lainnya (representasi awal keadaan atmosfer), kondisi cuaca pada suatu saat dimasa mendatang dapat di prakirakan dengan menggunakan persamaan-persamaan dinamika fluida dan persamaan termodinamika. Beberapa persamaan dasar yang biasanya digunakan dalam model-model NWP antara lain (Lynch, P, 2006):

- Persamaan momentum : merupakan hukum kedua Newton tentang gerak, menyatakan bahwa laju perubahan momentum suatu benda adalah sebanding dengan resultan gaya yang bekerja pada bidang tersebut dan bekerja pada arah yang sama sebagai gaya.

- Persamaan energi termodinamika : persamaan yang memperhitungkan berbagai efek baik diabatik dan adiabatik pada suhu
- Persamaan kontinuitas untuk massa total : menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan ataupun dihancurkan.
- Hukum gas ideal : Berkaitan dengan hubungan antara parameter suhu, tekanan dan densitas.

Asimilasi data serta metode objek analisis diperlukan untuk mengisi kekosongan data-data pengamatan (khususnya data-data diatas lautan), kemudian data-data tersebut diproses agar setiap grid (gambar 1) dalam bidang bumi mempunyai nilai pengamatan yang disebut sebagai *initial condition* (Krishnamurti, T. N, 1995). Semakin banyak grid-grid data yang digunakan menyebabkan semakin besar proses komputasi yang dilakukan serta berkaitan dengan besarnya data yang dihasilkan.



Gambar 1. Skema Model Atmosfer (Anonymous, 2007)

2.2. Weather Research and Forecasting Environmental Modeling System (WRF EMS)

Dalam makalah ini data-data yang akan di distribusikan merupakan data hasil keluaran model WRF EMS. Menurut Rozumalski, WRF EMS merupakan salah satu model NWP yang mempunyai persamaan-persamaan fisika yang lengkap dan mendukung baik *core* ARW dan NMM (Rozumalski, R. A, 2010) serta dapat dijalankan pada sebuah komputer ataupun PC-Cluster.

Hampir semua elemen yang dibutuhkan untuk kegiatan operasional NWP telah disediakan oleh WRF EMS termasuk proses pengambilan dan pemrosesan data *input* (*initial condition*), eksekusi model, pemrosesan data *output* serta penyimpanan serta manajemen data. Bahkan WRF EMS juga menyediakan perangkat untuk menampilkan data-data hasil simulasi dan prediksi cuaca. Kesemuanya dapat di integrasikan secara otomatis untuk memberikan informasi cuaca secara berkala.

Beberapa fitur yang disediakan model WRF EMS antara lain (Rozumalski, R. A, 2010):

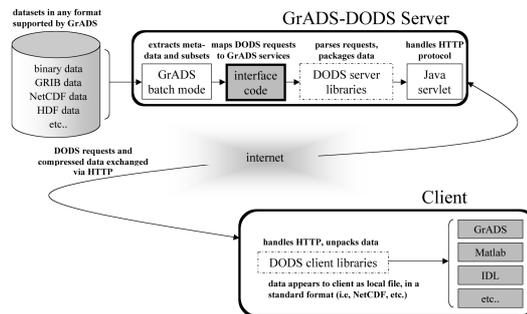
- Di desain untuk dapat memberikan kemudahan bagi pengguna baik dalam hal konfigurasi system, menjalankan model NWP untuk tujuan prediksi maupun simulasi.
- Proses instalasi dapat dilakukan dengan mudah tanpa harus melakukan kompilasi terhadap *binary-binary*.
- Semua parameter konfigurasi sudah diatur sedemikian rupa dan di dokumentasikan.
- Terdapat fitur *auto-update*
- Mendukung berbagai *post processing software* seperti AWIPS, BUFSKIT, NCL, GrADS, GEMPAK, NAWIPS dan netCDF.
- Proses pengambilan data dapat dilakukan secara otomatis menggunakan protocol NFS, FTP dan HTTP

2.3. GrADS Data Server

GrADS Data Server (GDS) dahulu dikenal sebagai GrADS-DODS Server, merupakan server data yang stabil dan aman serta menyediakan layanan *subsetting* dan analisis menggunakan jaringan internet. Inti dari GDS sebenarnya merupakan software OPeNDAP, yang merupakan suatu *framework data networking* agar data yang tersimpan di jaringan lokal dapat diakses pada suatu daerah tertentu (Anonymous, 2009).

Selain mendukung berbagai software analisis seperti GrADS, Ferret, Matlab dan IDL, GDS juga dapat membaca format data keluaran model NWP (NetCDF, GRIB dan data GrADS). GDS juga memiliki tampilan web yang

dapat digunakan untuk menampilkan direktori dan metadata. Dengan demikian pengguna dapat melakukan identifikasi terhadap data-data yang disediakan sebelum melakukan akses terhadap data tersebut.



Gambar 2. Alur Kerja GDS (Wielgosz, J, 2001)

Analisis matematika sederhana seperti perhitungan rata-rata, korelasi serta regresi dapat dilakukan langsung pada GDS. Oleh sebab itu banyak penyedia informasi cuaca seperti NASA⁸ (*National Aeronautics and Space Administration*) NOAA (Rutledge, 2004) (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) menggunakan GDS sebagai software data manajemen.

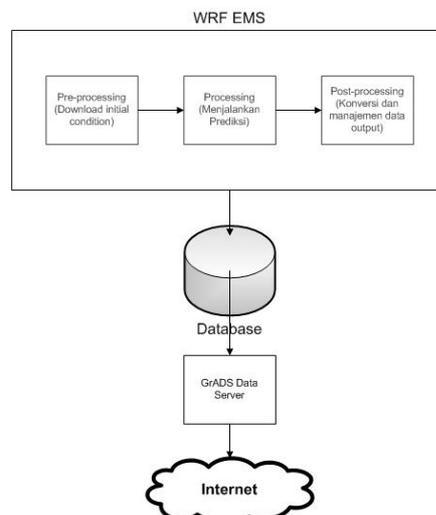
Dari sisi keamanan, masalah yang sering terjadi pada akses jaringan internet adalah serangan *malicious denial-of-service* hal ini juga berlaku bagi penyedia layanan data. Terlebih lagi akses pengguna terhadap server data sering dilakukan tanpa pengawasan. Untuk mengantisipasi hal tersebut GDS mempunyai kemampuan untuk melakukan *blocking* terhadap alamat-alamat IP yang melebihi batas akses pada suatu periode tertentu (diatur oleh *administrator*). Dengan mekanisme tersebut server GDS dapat terlindungi dari serangan *malicious denial-of-service* baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja (Wielgosz, J, 2003).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prediksi Cuaca Menggunakan WRF EMS

Untuk dapat menghasilkan data prediksi atau simulasi cuaca, WRF EMS membutuhkan data-data *initial condition* dan data-data geografis wilayah antara lain tata guna lahan dan topografi. Data geografis wilayah diperoleh melalui data USGS (*United States Geological Survey*) menggunakan resolusi 18.5 km. Sedangkan data-data *initial condition* menggunakan data-data dari GFS (*Global Forecast System*) dari NOAA yang mempunyai resolusi 0.5° global. Data-data *initial condition* diunduh setiap kali WRF EMS menjalankan prediksi, sedangkan data-data geografis menggunakan *database* yang terdapat dalam software WRF EMS.

Prediksi yang dihasilkan mempunyai resolusi temporal setiap jam dengan panjang prediksi selama tiga hari kedepan, dengan total parameter cuaca yang diprediksi berjumlah 62 parameter beberapa diantaranya termasuk curah hujan, suhu udara, kelembaban udara serta arah dan kecepatan angin. Domain wilayah Indonesia yang diprediksi mempunyai batas-batas sebagai berikut : 79.97° - 169.74° BT dan 19.47° LS - 27.71° LU dengan resolusi spasial 25 km. Sedangkan resolusi vertikal yang dihasilkan mempunyai 39 level ketinggian (1013 - 10 mb).



Gambar 3. Alur kerja penelitian

Data-data keluaran WRF EMS tersebut yang kemudian digunakan sebagai data yang akan didistribusikan menggunakan GDS.

3.2. Konfigurasi GDS

Untuk dapat melayani kebutuhan akses data yang cepat dan besar, dibutuhkan sebuah perangkat keras berupa server dengan spesifikasi terkini. Sebuah server disiapkan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi server Dell(TM) PowerEdge(TM) R710 (Anonymous, 2012)

Processor	Intel(R) Xeon(R) E5640 2.66GHz, 12M cache, 5.86 GT/s QPI, Turbo, HT 4C
Motherboard	TPM Motherboard for R710, Westmere CPU
Memory	16GB Memory (4x4GB) 1333MHz Dual Ranked RDIMMs for 2 Processors
Ethernet card	Integrated Two Broadcom 5709C dual-port Gigabit Ethernet with TOE enabled
Harddisk	1TB x 2 7.2K RPM SATA 3.5 " Hard Drive – Hotplug

Karena server GDS berfungsi juga sebagai *master node* pada PC-Cluster untuk menjalankan model WRF EMS, sedikit banyak kinerja data server akan dipengaruhi oleh beban pada saat menjalankan model tersebut. Oleh karena itu untuk pengujian kecepatan akses data-data pada server GDS akan dilakukan pada saat PC-Cluster sedang tidak menjalankan prediksi.

Server GDS yang dipakai sebagai server data-data hasil WRF EMS menggunakan system operasi linux RHEL 64 bit dengan *software* GDS versi 2.0. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan instalasi GDS, namun hal yang terpenting adalah konfigurasi *file gds.xml* yang merupakan file konfigurasi utama. Konfigurasi *gds.xml* dilakukan pada bagian-bagian yang sifatnya dasar (agar server GDS dapat berfungsi) dan belum sampai pada tahap konfigurasi keamanan ataupun pembatasan akses.

Dalam melakukan konfigurasi *gds.xml* bagian yang paling penting untuk diubah adalah pada bagian dataset (merujuk tempat *file output* WRF EMS tersimpan), dalam hal ini data-data tersebut disimpan pada *folder data/output/wrf*. Agar *file* hasil prediksi di unggah setiap kali WRF EMS selesai melakukan prediksi, dibuat sebuah *file* otomatisasi yang berisi penambahan *script* data baru dan lokasinya serta melakukan *restart file gds.xml* agar perubahan tersebut dapat terbaca.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prediksi cuaca menggunakan WRF EMS dilakukan setiap hari dengan menggunakan data *intial condition* jam 12.00 UTC atau sekitar jam 19.00 WIB. Proses pengunduhan data-data tersebut baru dapat dilakukan sekitar 3-4 jam setelah jam 12.00 UTC, hal tersebut disebabkan karena data-data observasi yang dikumpulkan dari stasiun-stasiun cuaca diseluruh dunia harus diproses terlebih dahulu. Secara keseluruhan proses menjalankan model WRF EMS dari mulai mengunduh data, menjalankan prediksi dan menyimpan data pada GDS membutuhkan waktu ± 3-4 jam dengan menggunakan PC-Cluster 96 *processor*.

Data *output* model WRF EMS mempunyai format GRIB (GRIdded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form) dengan besar ukuran file setiap kali prediksi sebesar 3.2 Gb dengan metadata sebagai berikut:

Tabel 2. Metadata *output* WRF EMS

OPeNDAP/DODS Data URL	http://172.19.1.191:8080/dods/wrf/27km/201205081200_indo
<i>Longitude</i>	79.97200000000°E to 169.74400000000°E (399 points, avg. res. 0.226°)
<i>Latitude</i>	-19.47300000000°N to 27.71400000000°N (217 points, avg. res. 0.218°)
<i>Altitude</i>	1013.00000000000 to 10.00000000000 (39 points, avg. res. 26.395)
<i>Time</i>	12Z08MAY2012 to 12Z11MAY2012 (73 points, avg. res. 0.042 days)
<i>Variables</i>	62 <i>Variables</i> (including regular parameter such as : precipitation, temperature and humidity)

Untuk menampilkan secara online data-data yang dihasilkan, harus dilakukan identifikasi kedalam server GDS. Proses identifikasi dilakukan dengan cara menambahkan parameter *link* (tautan) terhadap data-data yang

tersimpan menggunakan file *gds.xml*. Proses tersebut dapat dilakukan sesaat setelah data *output* WRF EMS selesai disimpan.

Tampilan website yang dihasilkan oleh GDS cukup sederhana. Pada website tersebut pengguna dapat melihat informasi tentang *folder-folder* pada hirarki GDS, informasi tentang jumlah data yang dapat diakses serta informasi metadata (pada tautan *info*, *dds* dan *das*) secara lengkap yang biasanya pada server-server database yang menggunakan akses FTP maupun HTTP. Informasi tersebut biasanya ditampilkan dalam *file readme.txt*, sedangkan pada server GDS informasi tersebut dapat dibuat secara otomatis. Karena pengguna biasanya hanya ingin melakukan akses hanya pada parameter-parameter tertentu dari sebuah data, metadata file-file tersebut sangatlah penting untuk ditampilkan.

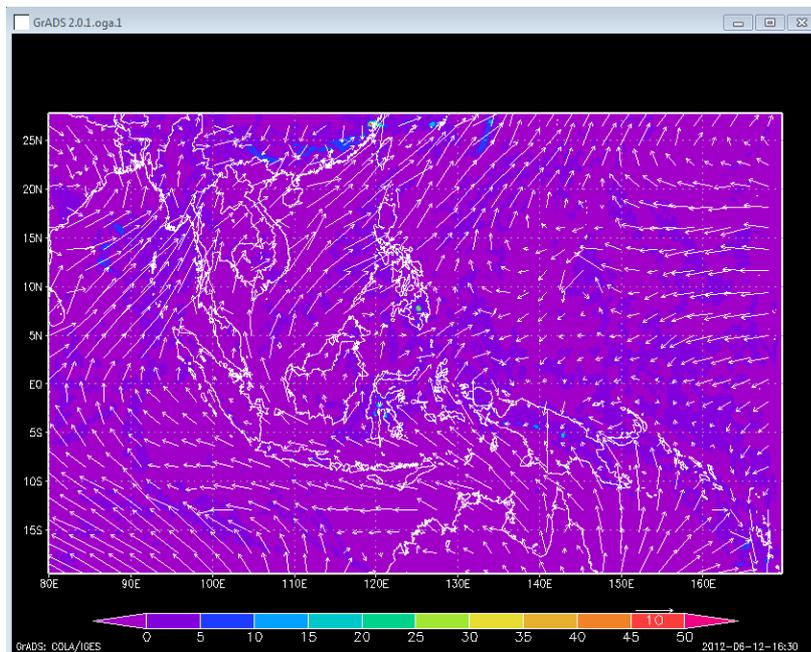
[GrADS Data Server - top level - wrf - 27km](#)

GrADS Data Server - directory for /wrf/27km : 27 entries

- 1: 201205081200_indo: 201205081200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 2: 201205161200_indo: 201205161200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 3: 201205171200_indo: 201205171200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 4: 201205181200_indo: 201205181200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 5: 201205191200_indo: 201205191200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 6: 201205201200_indo: 201205201200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 7: 201205211200_indo: 201205211200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 8: 201205221200_indo: 201205221200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 9: 201205231200_indo: 201205231200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 10: 201205241200_indo: 201205241200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 11: 201205251200_indo: 201205251200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)
- 12: 201205261200_indo: 201205261200_arw_wrfout_d01.grb [info](#) [dds](#) [das](#)

Gambar 4. Tampilan website GDS

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa GDS dapat diakses melalui internet. Sebuah *script* sederhana GrADS dibuat untuk menampilkan parameter curah hujan yang di overlay dengan arah dan kecepatan angin pada level 10 meter dengan domain prakiraan seluruh wilayah Indonesia.



Gambar 4. Tampilan *software* GrADS

Dari pengujian tersebut, waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan parameter-parameter tersebut \pm 12 detik dengan menggunakan jaringan internet dengan *speed download* 1 Mbps. Sedangkan untuk mengunduh parameter hujan dengan domain seluruh wilayah Indonesia satu hari kedepan dibutuhkan waktu kira-kira 2 menit, dengan besar file yang dihasilkan 16.5 MB.

5. KESIMPULAN

GDS memberikan kemudahan dalam distribusi data-data keluaran NWP yang berukuran cukup besar. Informasi metadata yang ditampilkan pada website GDS juga sangat berguna untuk pengguna yang belum paham tentang informasi data yang akan diakses. Walaupun untuk mengakses data-data tersebut membutuhkan *software* tambahan, pengolahan serta pengunduhan data secara parsial (sebagian parameter) dapat dilakukan dengan cepat apabila dibandingkan dengan mendistribusikan data sebesar 3.2 Gb.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2012, Spesifikasi Dell PowerEdge R710, (<http://www.dell.com/us/business/p/poweredge-r710/pd?~ck=anav>) diakses tanggal 11 Juni 2012.
- Anonymous, 2009, *GrADS Data Server*, (www.iges.org/grads/gds) diakses tanggal 11 Juni 2012
- Anonymous, 2007, *Atmospheric Model Schematic*, (http://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/AtmosphericModelSchematic.png) diakses tanggal 11 Juni 2012.
- Anonymous, 2012. GrADS Technical Report (http://www.hipersoft.rice.edu/grads/gradsoft.htm#technical_reports).
- Krishnamurti, T. N, 1995, *Numerical Weather Prediction, Annual Review of Fluid Mechanics* **27** (1): 195–225
- Lynch, P, 2006, *Weather Prediction by Numerical Process. The Emergence of Numerical Weather Prediction*, Cambridge University Press, pp, 1–27.
- Pielke, R. A, 2002, *Mesoscale Meteorological Modeling*, Academic Press, pp 48–49
- Rozumalski, R.A, 2010, *A Nearly Complete Guide to the WRF EMS V3*, NOAA/NWS National SOO Science and Training Resource Coordinator, Boulder Colorado.
- Rutledge, Glenn. K, 2004, *The NOAA Operational Model Archive and Distribution System NOMADS*, Earth Science Portal Meeting, Princeton New Jersey.
- Wielgosz, J. Doty, B, Adams, J, 2003, *The GrADS-DODS Server: An Open-Source Tool for Distributed Data Access and Analysis*, American Meteorological Society conference proceedings
- Wielgosz, J. Doty, B, Gallagher, J, and Holloway, D 2001, *GrADS and DODS*, Seventeenth International Conference on Interactive Information and Processing System for Meteorology, Oceanography and Hydrology, Albuquerque, NM