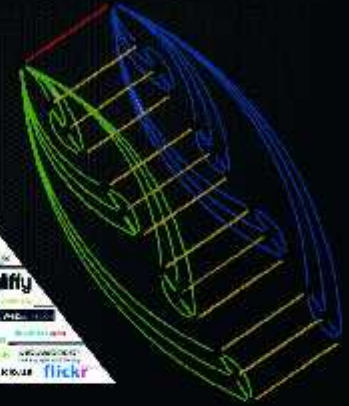


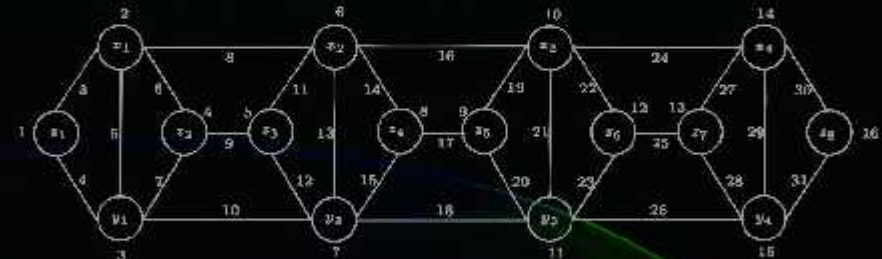


Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D. lahir di Situbondo, 2 Agustus 1968. Sekolah dasar sampai dengan sekolah menengah diselesaikan di Situbondo, kemudian menyelesaikan program sarjana Pendidikan Matematika pada tahun 1992 di FKIP Universitas Jember dan diangkat menjadi dosen program studi pendidikan Matematika sejak tahun 1992 sampai sekarang. Gelar Master diperoleh dari University of Manchester Institute

of Science and technology (UMIST) U.K Inggris tahun 1998 bidang Numerical Computation, sedangkan Gelar Dokornya diperoleh dari School of Information and Technology and Mathematical Science (ITMS) University of Ballarat, Australia tahun 2007 dalam bidang Matematika: Kombinatorika dan Teori Graf. Sejak Agustus 2013 penulis mendapatkan gelar Profesor dalam bidang Matematika Diskrit: Kombinatorika dan Teori Graf. Jabatan dosen dengan tugas tambahan yang pernah diterimanya adalah Ketua Laboratorium Komputer FKIP UNEJ, 1998-2004, Ketua Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember 2008-2013, ketua penyunting jurnal Pancaran Pendidikan FKIP Universitas Jember 2013-sekarang, ketua Perhimpunan Alumni dan Pemerhati Pendidikan Matematika Indonesia (PERHAPPMI) sejak 2010-sekarang, dan terakhir sebagai sekretaris LP3 Universitas Jember 2013-sekarang.



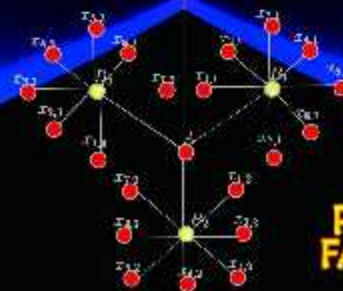
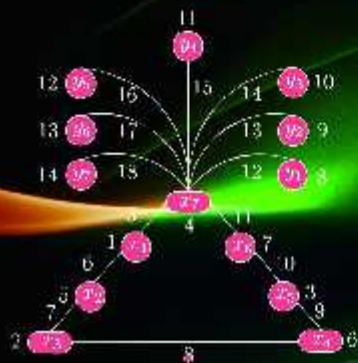
TEORI GRAF, APLIKASI DAN TUMBUHNYA KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI



PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.
 Profesor Ilmu Kombinatorika dan Teori Graf
 CGANT Research Group

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
 FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
 UNIVERSITAS JEMBER
 MEI 2015**





**TEORI GRAF, APLIKASI DAN TUMBUHNYA
KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI**

PIDATO PENGUKUHAN PROFESOR

Oleh
Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
CGANT RESEARCH GROUP
MEI 2015**

Pidato Ilmiah Pengukuhan Profesor di Lingkungan UNEJ | 1

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarkatuh.

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua

Yang Terhormat Rektor dan Para Pembantu Rektor UNEJ

Yang Terhormat Profesor dan Anggota Senat di Lingkungan UNEJ

Yang Terhormat Para Pimpinan dan Pejabat Struktural di Lingkungan UNEJ

Dosen dan Mahasiswa, Seluruh Civitas Akademika, Rekan-Rekan serta dan Para undangan sekalian yang kami hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, atas nikmat yang dilimpahkanNya dan tidak terhitung banyaknya, terutama nikmat sehat sehingga kita semua dapat menghadiri acara ini. Melalui forum ini saya dan keluarga saya menghaturkan rasa terimakasih yang mendalam kepada Rektor Universitas Jember termasuk seluruh panitia yang telah memfasilitasi acara pengukuhan profesor di lingkungan Universitas Jember dengan baik. Pada kesempatan ini pula iijinkan saya menyampaikan pidato ilmiah saya sebagai profesor dengan judul **“Teori Graf, Aplikasi dan Tumbuhnya Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi”**

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang kami hormati

Kurang lebih satu tahun setengah yang lalu tepatnya tanggal 1 Agustus 2013, saya diamanati jabatan fungsional tertinggi yaitu profesor oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI dalam Matematika Diskrit bidang *Combinatorics dan Graph Theory*. Matematika diskrit adalah cabang matematika yang mengkaji model-model fenomena dalam kehidupan sehari-hari dengan domain yang tidak berkesinambungan. Domain matematika diskrit biasanya berupa bilangan bulat atau bilangan rasional namun bukan merupakan bilangan riil atau imajiner. Lawan kata diskrit adalah kontinyu, sehingga dalam matematika dikenal sebuah fungsi diskrit dan fungsi kontinyu. Sistem dinamis yang mengkaji tentang *Heat Transfer, Virus Propagation, Air Flow Analysis, Forecasting* dan lain sebagainya adalah contoh model-model kontinyu. Sedangkan kajian terhadap *network topology, and delivery circuit design, communication network addressing systems, coding theory and cryptography, automata, x-ray crystallography, data security* dan *scheduling problem* merupakan fenomena-fenomena diskrit.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Dalam matematika diskrit terdapat kajian yang paling banyak aplikasinya yaitu *Graph Theory*, dibawah bimbingan Prof. Mirka Miller dari University of Ballarat, saya mendalami penelitian ini dengan fokus kajian tentang *optimal graph, magic atau antimagic graph labeling, graph covering, dynamic colouring, rainbow connection* dan terakhir adalah *dominating set*. Kajian ini berkembang sangat pesat dalam dekade terakhir ini terutama terkait dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi.

Kecanggihan teknologi informasi dan komunikasi tidak hanya dimanfaatkan untuk kelas menengah ke atas namun merambah ke lapisan masyarakat paling bawah sekalipun, seperti yang ditunjukkan dengan pemakaian internet. Pada awalnya internet hanya digunakan diperkantoran, perusahaan, sekolah dan universitas kini sudah dinikmati oleh seluruh masyarakat secara individual, dan menurut *ZDnet report*, (sebuah perusahaan *CBS Digital Media Group* US Amerika) pemakai internet dunia telah mencapai 3 milyar dari 7 milyar penduduk dunia yang ada sekarang. Keberadaan teknologi *hotspot Wi-fi* yang memfasilitasi sambungan internet nirkabel memberikan kemudahan pada setiap orang sehingga diantara mereka selalu *well-connected* dan dapat dengan mudah berkomunikasi sesamanya *any time, any where* dan *any place*.

Namun demikian semakin bertambahnya pengguna internet ini, kompleksitas dalam jaringan akan semakin meningkat secara dramatis, maka terbentuknya jaringan yang efisien dan berkecepatan tinggi, handal dalam modulariti, mempunyai toleransi kegagalan fungsi yang rendah, *safety and secure* serta resiko vulnerabiliti yang rendah akan selalu menjadi perhatian, dibagian inilah kajian tentang teori graf sangat dibutuhkan.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Teori graf pertama kali muncul pada saat matematikawan sekaligus fisikawan Swiss bernama **Leonhard Euler** (1736), berhasil menemukan jawaban atas masalah yang cukup terkenal di kala itu yaitu masalah jembatan **Konigsberg**. Kota Konigsberg (sekarang bernama kota Kiliningrad) yang terletak di sebelah timur Prussia, Jerman, memiliki sungai yang dikenal dengan nama sungai **Pregal**. Sungai ini mengalir mengitari

pulau Kneiphof lalu bercabang menjadi dua buah anak sungai yang membagi kota Königsberg menjadi empat daratan. Pada sungai itu terdapat tujuh buah jembatan yang menghubungkan keempat daratan. Permasalahan terkenal jembatan Königsberg adalah "Apakah mungkin seorang berangkat dari daratan tertentu melalui ketujuh buah jembatan itu masing-masing tepat satu kali, dan kembali lagi ke daratan semula".

Jawaban Euler tersebut ditulis dalam karyanya yang berjudul *Solutio Problematis ad Geometriam Situs Pertinentis*. Sekarang masalah ini menjelma menjadi masalah Sirkuit Euler (*Eulerian Circuits*) yang mendasari munculnya masalah dalam external graph seperti the shortest path problem, Chinese Postman Problem dan masalah terkait lainnya. G.R. Kirchoff (1824-1887) berhasil mengembangkan teori pohon (*The theory of trees*) yang digunakan dalam persoalan *electricity distribution network and decision making problem*. A. Cayley dan Kirchoff (1821-1895) juga menggunakan konsep pohon untuk menjelaskan permasalahan kimia yaitu hidrokarbon. Pada masa ini lahirlah dua hal penting dalam teori graph, salah satunya berkenaan dengan konjektur empat warna, yang menyatakan bahwa untuk mewarnai sebuah atlas cukup dengan menggunakan empat macam warna, sedemikian hingga tiap daerah yang berbatasan akan memiliki warna yang berbeda.

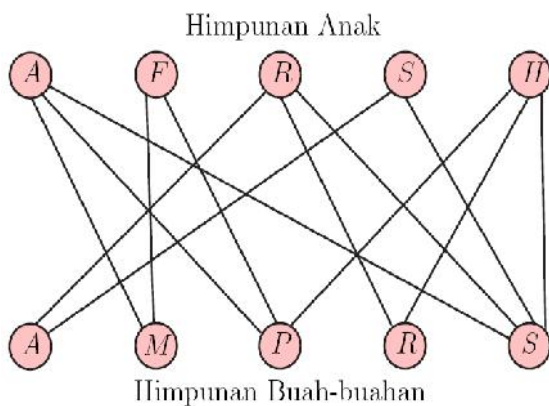
Sir W.R. Hamilton (1805-1865) berhasil menemukan suatu permainan terkait graf yang dikenal dengan *rhombic dodecahedron puzzle*. Dipelopori oleh Dennes König dari Technical University of Budapest, tahun 1920-an, dikumpulkanlah seluruh hasil-hasil pemikiran para ahli matematika tentang teori graph termasuk hasil pemikirannya sendiri, kemudian dikemasnya dalam bentuk buku *Graph Theory* yang diterbitkan pada tahun 1936. Buku tersebut dianggap sebagai **buku pertama** tentang teori graph. Sejak itu, dan tiga puluh tahun terakhir ini perkembangan graf sangat pesat. Graf dikaji baik terkait dalam kepentingan *science for science* lebih-lebih dalam kepentingan *science for application*. Banyak kajian telah dilakukan oleh grup peneliti, ribuan bahkan jutaan artikel telah dipublikasikan, dan berbagai ragam judul buku mengenai teori graf kini dengan mudah dapat ditemukan, dari yang sangat teoritis sampai ke yang praktis, silahkan kunjungi www.en.bookfi.org. Berikut akan dipaparkan beberapa aplikasi teori graf dalam memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Kasus 1. Dalam keranjang buah terdapat beberapa jenis buah-buahan, diantaranya Apel, Mangga, Pisang, Rambutan, Semangka. Lima anak didata kesukaannya terhadap buah-buahan tersebut. Diperoleh data bahwa Andi suka Mangga, Pisang dan Semangka. Fina menyukai Pisang dan Mangga. Rahman suka Apel, Rambutan dan Semangka. Shinta menyukai Apel dan Semangka, dan Herman menyukai Pisang, Rambutan dan Semangka. Pertanyaannya adalah buah apa yang paling banyak disukai anak?

Dengan menjawab permasalahan ini, sekaligus akan dijelaskan apa graf itu? Berikut ini akan diberikan gambaran sederhana melalui *problem based learning* untuk memahami apa sebenarnya graf dan kegunaannya. Menjawab langsung pertanyaan ini dapat dilakukan, namun apabila jenis buahnya semakin banyak dan jumlah orang yang didata semakin besar jumlahnya maka akan semakin kompleks. Namun apabila dituangkan dalam graf akan menjadi lebih sederhana. Nama anak dan buah direpresentasikan dalam titik dan buah kesukaannya adalah berupa sisi, lihat Gambar 1.

Gambar 1. Contoh graf sederhana



Hartsfield and Ringel (1994) menyatakan bahwa secara sederhana graf tersusun atas titik-titik yang dinamakan *verteks*, dan garis-garis yang menghubungkan titik-titik tersebut yang dinamakan *sisi*. Secara matematis, graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V,E) , dimana V adalah himpunan tak kosong dari semua titik-titik atau $V=\{v_1,v_2,\dots,v_n\}=\{A, F, R, \dots\}$

dan E adalah himpunan dari sisi-sisi yang menghubungkan sepasang titik atau $E=\{e_1,e_2,\dots,e_n\}=\{AM, FP, RS, \dots\}$.

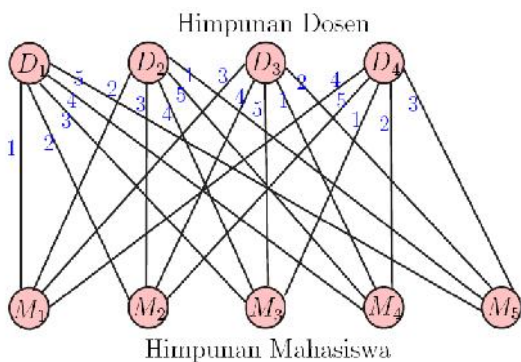
Memahami definisi ini maka jelas titik dan sisi dalam dalam graf bukan representasi bentuk-bentuk geometris sehingga graf bukan sama sekali bagian dari bidang geometri. Himpunan titik bisa berupa elemen-elemen yang berupa komputer, processor, atau kendaraan, kereta api, pesawat, manusia, mata pelajaran/mata kuliah, dan objek-objek perusahaan, atau himpunan titik lainnya dapat berupa track kereta api, jalan, landasan pacu pesawat, jalur atau tempat, waktu. Sedangkan relasi antara

himpunan elemen yang satu dengan himpunan elemen yang lain dinotasikan oleh sebuah sisi dalam graf, maka yang demikian akan membentuk graf. Sehingga graf juga tidak sama dengan grafik. Bahkan Slamain (2006) menegaskan bahwa “If destiny is a point and an effort is a line then life is also a graph”. Referensi lengkap mengenai teori graf dapat dibaca dalam Jonathan L. Gross, Jay Yellen dan Ping Zhang (2014) dalam bukunya “Handbook of Graph Theory”

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Kasus 2. Misalkan terdapat tiga orang dosen dan empat orang mahasiswa. Setiap dosen akan menguji kepada setiap mahasiswa. Bagaimana mengembangkan jadwal yang optimal sedemikian hingga waktu ujian tidak bebenturan satu sama lainnya?

Gambar 2. Graf dua partisi dan pewarnaan sisinya



Solusi dari kasus 2 di atas, dengan mudah dapat diselesaikan dengan teori graf melalui kajian pewarnaan graf (*graph colouring*). Representasi grafnya berupa graf dua partisi, dimana himpunan titik pertama adalah himpunan dosen dan himpunan titik kedua adalah himpunan mahasiswa. Hubungkan setiap dosen ke setiap

mahasiswa, kemudian labeli sisinya dengan sebuah warna sedemikian hingga tidak ada dua sisi yang terkait (*incidence*) dengan satu titik yang sama berwarna sama. Dari graf di atas dapatlah disusun sebuah jadwal yakni jam ke-1= $\{(D_1, M_1), (D_2, M_5), (D_3, M_4), (D_4, M_3)\}$, jam ke-2= $\{(D_1, M_2), (D_2, M_1), (D_3, M_5), (D_4, M_4)\}$, jam ke-3= $\{(D_1, M_3), (D_2, M_2), (D_3, M_1), (D_4, M_5)\}$, jam ke-4= $\{(D_1, M_4), (D_2, M_3), (D_3, M_2), (D_4, M_1)\}$, dan terakhir jam ke-5= $\{(D_1, M_5), (D_2, M_4), (D_3, M_3), (D_4, M_2)\}$.

Permasalahan mendasar dalam pewarnaan graf ini adalah menentukan warna minimal yang dibutuhkan untuk mewarnai sebarang graf, yang kemudian disebut dengan *chromatic number*. Vizing (1964) telah menunjukkan bahwa sebarang graf dapat diwarnai dengan warna maksimal adalah $\Delta G + 1$, dimana ΔG adalah derajat maksimum sebuah graf. Graph colouring merupakan bidang kajian yang sangat menarik dalam graf,

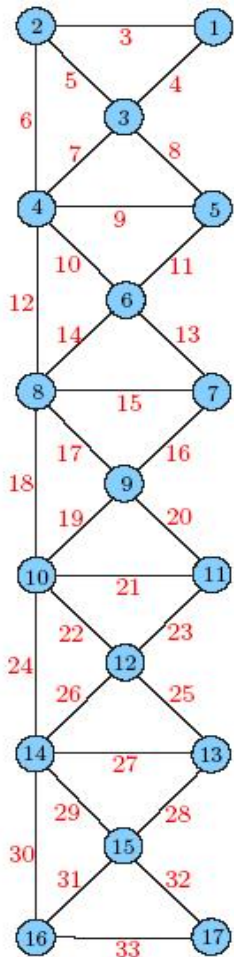
kajiannya terutama ditujukan pada pewarnaan graf-graf khusus seperti graf lengkap, graf lingkaran, graf Petersen dan generalisasinya, graf prisma dan anti prisma, graf buku segi n , graf jejaring dan termasuk graf operasi seperti *joint graf*, *cartesian product*, *cross product*, *crown product*, *composition of graph*. Bahkan perkembangan terkini kajian ini diperluas menjadi *r-dynamyc colouring*. Beberapa temuan terkait dengan graph colouring ini telah dibukukan dengan baik dalam sebuah paper yang ditulis oleh Peotr Formanowecis (2012), dan penulis bersama Alfian YH, Ika HA (2014) juga telah melakukan kajian graph colouring untuk beberapa graph operasi.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Kasus 3. Sebuah perusahaan bank mengirim surat kepada nasabahnya dengan kalimat berikut: **“Perubahan PIN sudah diproses, PIN baru anda adalah 702222”**. Bagaimana pesan rahasia dikembangkan?

Permasalahan ini adalah termasuk bagian aplikasi *graph labeling* dalam *cryptography*. Dalam *cryptography* (Trappe, Washington; 2006), kalimat pesan disebut *plaintext* sedangkan kalimat rahasia yang akan dikembangkan disebut *chiphertext*. *Cryptosystem* adalah sebuah teknik merubah dari *plaintext* ke dalam *ciphertext*. Teknik kriptografi terus dikembangkan oleh matematikawan mulai dari yang klasik sampai ke yang modern dan mulai dari yang sederhana sampai ke yang kompleks. *Graph Labeling* adalah salah satu modern *cryptosystem* yang membangun *ciphertext* dengan tingkat kompleksitas yang tinggi sehingga tidak mudah dihack oleh *intruder*. Untuk menjawabnya pertama kali harus menentukan pelabelan SEATL dari sebuah graf, dipilihlah graf *shackle*(F_4, e, n) sebagaimana Gambar 3. Kemudian didata huruf dan angka yang digunakan dalam pesan di atas yaitu $a, b, d, e, h, i, l, n, o, p, r, s, u, 7, 0, 2$ (spasi dan tanda baca diabaikan). Setelah mengetahui huruf dan angka yang digunakan dibangunlah diagram pohon (*tree diagram*) yang berakar di label 1, kemudian lengkapilah dengan label sisinya sedemikian hingga bobot total sisinya membentuk barisan aritmatika dengan $d=0$ (*magic labeling*), lihat Gambar 4.

Gambar 3. Pelabelan Graf



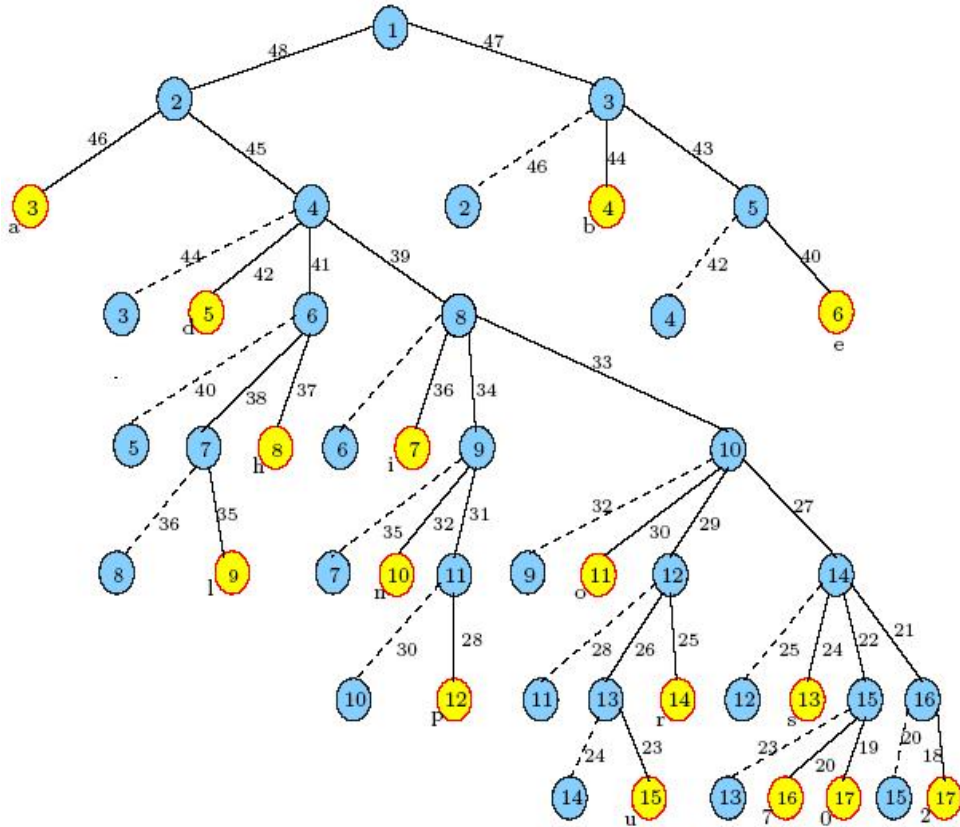
Letakkan huruf-huruf yang digunakan sesuai urutan abjad, dan urutkan label sisinya, maka terlihat bahwa ciphertext dari huruf $a=4846$, $b=4744$, $d=484542$, $e=474340$, $h=48454137$, $i=48453936$, $l=4845413835$, $n=4845393432$, $o=4845393330$, $p=484539343128$, $r=484539332925$, $s=484539332724$, $u=48453933292623$, $7=48453933272220$, $0=48453933272219$, $2=48453933272118$. Dengan proses substitusi pesan dapat dikonversi kedalam ciphertext tanpa spasi dan tanda baca seperti:

4845393431284743404845393329254845393329262347444484
64845413748464845393432484539343128484539364845393
432484539332724484539332926234845424846484541374845
424845393648453934312848453933292548453933304845393
327244743404845393327244845393431284845393648453934
324744484648453933292548453933292623484648453934324
845424846484648454248464845413835484648454137484539
332722204845393327221948453933272118484539332721184

845393327211848453933272118. Pesan rahasia bisa dikonversi dalam bilangan biner 0 dan 1, sehingga pesan menjadi semakin kompleks untuk dipecahkan dengan cara menerapkan teknik cryptosystem modulo 26 terlebih dahulu terhadap masing-masing hurufnya $a=\text{mod}(4846,26)=10$, $b=\text{mod}(4744,26)=12$,

$d=\text{mod}(484542,26)=6$, $e=\text{mod}(474340,26)=22$, $h=\text{mod}(48454137,26)=17$,
 $i=\text{mod}(48453936,26)=24$, $l=\text{mod}(4845413835,26)=15$, $n=\text{mod}(4845393432,26)=22$,
 $o=\text{mod}(4845393330,26)=24$, $p=\text{mod}(484539343128,26)=22$,
 $r=\text{mod}(484539332925,26)=11$, $s=\text{mod}(484539332724,26)=18$,
 $u=\text{mod}(48453933292623,26)=1$, $7=\text{mod}(48453933272220,26)=8$,
 $0=\text{mod}(48453933272219,26)=7$, $2=\text{mod}(48453933272118,26)=10$.

Gambar 4. Tree diagram untuk membangun ciphertext



Selanjutnya kombinasikan dengan label titik terakhir dari huruf di atas untuk menghindari terjadinya kesamaan bilangan diantara dua ciphertexts, label titik-titik terakhir tersebut adalah $a=3$, $b=4$, $d=5$, $e=6$, $h=8$, $i=7$, $l=9$, $n=10$, $o=11$, $p=12$, $r=14$, $s=13$, $u=15$, $7=16$, $0=17$, $2=17$, maka ciphertextnya menjadi $a=310$, $b=412$, $d=56$, $e=622$, $h=817$, $i=724$, $l=915$, $n=1022$, $o=1124$, $p=1222$, $r=1411$, $s=1318$, $u=151$, $7=168$, $0=177$, $2=1710$. Dengan mengkonversi seluruh cipher basis 10 ke dalam cipher basis 2, maka akan diperoleh pesan rahasia dalam bilangan biner sebagai berikut:

```
1001100011010011011101011000001110010111110011100100110110110011000110
0110110111111111010011000110101101010011111111101010010011010010111111
0001001101101100110001111000101101010010011000110101100000111000110010
0101001001101001101110101001001101001100011010110101001111111110110011
10010011011010110000011100101111001101101111111111011100010011011010011
```

0110111000100110110111001001110011011011001100011010100010110001110101
01110110101011101101010111011010101110

Teknik lain yang lebih kompleks yaitu dengan menggunakan cryptosystem *polyalphabetic* dengan pendekatan *multiple substitution alphabets*. Karena konversi huruf alpabet adalah $a=0, b=1, c=2, d=3$, maka kurangi semua label titik dan sisi dengan angka 1 dan kemudian substitusikan bilangan-bilangan label itu dengan huruf-huruf yang ada sesuai dengan bilangan konversinya dengan modulo 26, kemudian lakukan penghapusan terhadap huruf yang sama secara berurutan, maka akan didapat ciphertext yang unik, misalnya $a=\{u,v\}$ dan $b=\{s,t\}$. Lakukan hal yang sama untuk layer berikutnya maka akan didapat seluruh ciphertext untuk masing-masing $a, b, d, e, h, i, l, n, o, p, r, s, u, 7, 0, 2$, dan akhirnya ciphertext untuk pesan rahasia di atas dapat pula dibangun dengan unik.

Cipertext yang dikembangkan dengan teknik *cryptosystem of graph labeling* ini sangat sulit untuk dipecahkan, karena seorang intruder harus melewati pelabelan graf terlebih dahulu yang proses melabelinya juga sangat kompleks. Bahkan apabila itu dilakukan untuk sebarang graf, proses pelabelannya tidak dapat menggunakan *computer search* dan tidak ada pula kepastian waktu polinomialnya dalam memecahkannya, sehingga pelabelan sebarang graf yang memenuhi sifat *magic dan antimagic* merupakan masalah *Nondeterministic Polynomial Time* atau yang dikenal dengan *NP-Problem*. Didasari ini, para peneliti graf terus mengkaji dan mengembangkan temuannya tidak hanya terbatas pada magic and antimagic labeling, juga kajian terhadap varians labeling lainnya seperti *graceful* dan *harmonious labelings*, *Miscellaneous Labelings* seperti *sum graph*, *geometric labeling*, *irregular total labeling*, *mean labeling*, *prime cordial labeling* dan tipe pelabelan lainnya terus menjadi objek kajian penting. Bahkan topologi jaringan/grafnya tidak terbatas pada graf konektif namun juga graf diskonektif, secara detail baca hasil-hasil penelitian terkini dalam Robiatul, Muhlisatul, Anita dan Ermita (2014) serta Yosanda, Agnes, Karinda, Sihmuni dan Ika HA (2015), termasuk sebuah buku yang dikembangkan oleh Dafik (2013) berjudul "Antimagic Total Labeling of Disjoint Union of Disconnected Graph".

Sementara terdapat buku dinamis yang ditulis oleh JA. Gallian (2014), buku yang berjudul "Dynamic Survey of Graph Labeling" ini memuat semua temuan magic dan antimagic dari graph labeling, termasuk varian lain dari graph labeling. Dinamakan buku dinamis karena Isi buku ini diupdate setiap tahun sesuai dengan perkembangan temuan

baru yang bersumber dari publikasi jurnal internasional yang terindek Scopus dan Thomson Reuters. Beberapa hasil penelitian penulis yang terkait kajian ini dan telah dipublikasikan dalam sebuah jurnal internasional terindeks scopus dengan *impact factor* rata-rata 1.5, seperti pada jurnal *Discrete Mathematics, Journal of combinatorial mathematics and combinatorial computing, Ars Combinatoria, Australasian Journal of Combinatorics, Utilitas Mathematica* juga terdata dalam dynamic survey-nya JA Gallian. Disamping itu beberapa artikel yang dipublikasi dalam proceeding conference seperti AWOCA, IWOCA, Indoms, dan prosiding lokal lainnya telah terdokumentasikan dengan baik dalam website scholar.google.co.id.

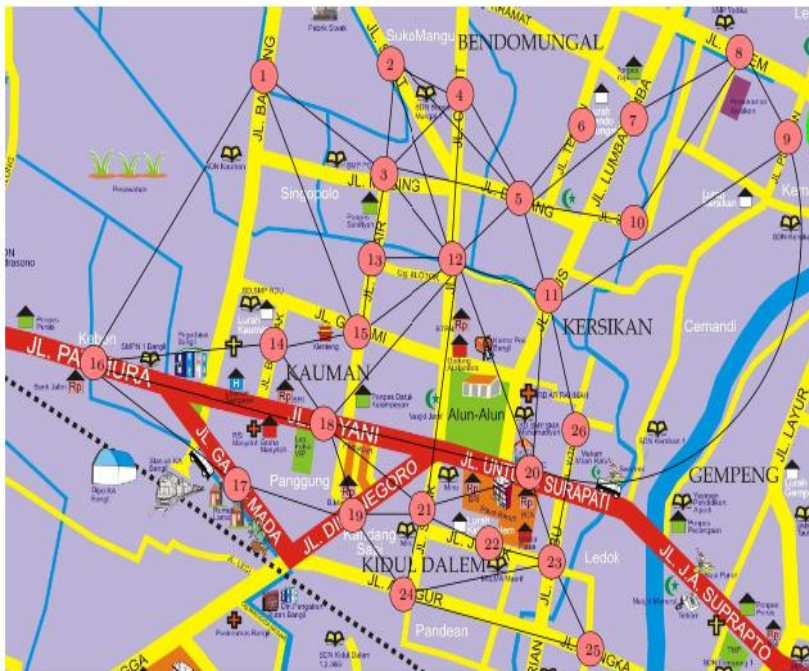
Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Kasus 4. Satlantas akan melakukan analisis terhadap rute jalan kota. Diberikan peta jalan kota Bangil seperti pada Gambar 5. Permasalahan sederhana adalah apakah semua jalan terjangkau dari setiap jalan? Berapa jarak terjauh atau terdekat untuk melintas dari jalan yang satu ke jalan yang lain? Bagaimana keseimbangan akses jalan antara jalan masuk dan keluarnya? Pada jalan apa sajakah potensi kemacetan lalu lintas terjadi?

Permasalahan ini termasuk dalam masalah optimal graph, dimana pemahaman terhadap kardinalitas dan karakteristik graf sangat dibutuhkan seperti *order, size, degree, girth, diameter, radius, hamiltonian cycle, eulerian cycle, bridges* dan *vertex cut*. Dari peta jalan yang telah ditetapkan, maka dikembangkanlah representasi grafnya, yang kemudian dikenal isitilah *J-Graph (Justified Graph)* dalam teori *Space Syntax* Bill Hiller (2007). Dalam kasus jalan dipandang sebagai titik (bukan persimpangan) dan aksesibilitas antar jalan dipandang sebagai sisi. Ridho dan Agustina (2015) mengkonstruksi *J-graph* dari peta jalan kota Mojekerto dan Bangil tersebut dengan menggunakan teknik konstruksi *line digraph* (Slamin, Dafik; 2007) sebagaimana terlihat dalam dalam Gambar 6, label-label pada titik menunjukkan nama-nama jalan. Memahami *J-graph* pada Gambar 6 maka dengan mudah jawaban terhadap permasalahan di atas diselesaikan, misal semua jalan terjangkau karena ketersediaan *in-degree* dan *out-degree* di masing-masing titik pada representasi grafnya, jarak terjauh dan terdekat antara masing-masing jalan adalah berkenaan dengan penentuan diameter dan radius dari sebuah graf, kemudian tidak semua akses jalan antara arus masuk dan keluarnya sama, hal ini ditunjukkan dengan tidak regularnya graf

tersebut, kemudian potensi kemacetan terjadi pada Jl. 12 dan Jl. 5 karena in-degree dari graf ini adalah masing-masing 9 dan 8 yang melampaui dan out-degree-nya 2 dan 2.

Gambar 5. Peta Jalan Bangil



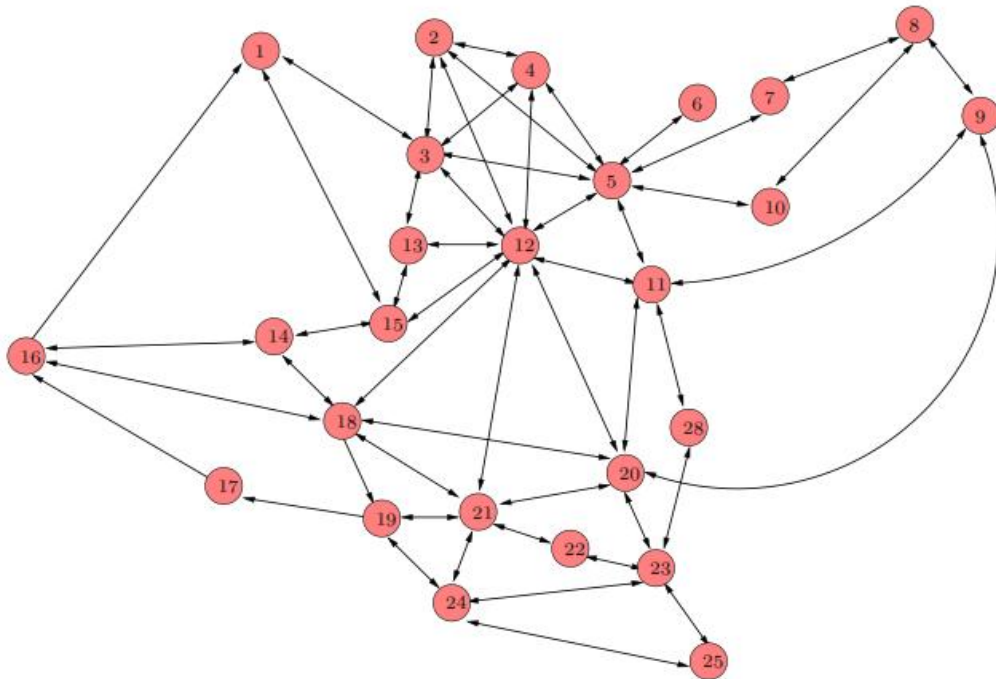
Permasalahan akan menjadi kompleks apabila jumlah jalan dalam peta semakin besar, jumlah arus masuk dan keluar diharuskan seimbang untuk menghindari kemacetan, serta jarak akses antara jalan yang satu ke jalan lain harus seminimal mungkin. Dalam perspektif graf semua hal di atas dapat

dengan mudah dianalisa. Bahkan pertanyaan yang sering muncul adalah misal ditentukan derajat masuk atau keluar, dan diameter tertentu dari sebuah graf berarah, bisakah dikembangkan sebuah graf berarah dengan order sebesar (yang dalam hal ini jumlah jalan yang banyak) mungkin? Jawaban terhadap masalah ini tidak mudah dipecahkan, dan permasalahan ini dikenal dengan nama $N(d,k)$ -Problem. Mirka Miller, Joseph Siran (2005) dalam buku surveynya “*Moore graphs and beyond: A survey of the degree/diameter problem*” mengajukan sebuah masalah berikut: “*For a given number d and k , construct a digraph of maximum out-degree d and diameter k with the largest possible number of vertices $n_{d,k}$* .” Masalah ini sangat rumit dipecahkan, terutama terkait dengan graf berarah.

Seberapa besar order (atau jumlah jalan tadi) sebuah graf berarah dapat dikembangkan, sebuah batas atas dari sebuah graf berarah dengan order yang sangat besar dan diketahui out degree d dan k nya, dikenal dengan batas Moore dengan rumus sebagai berikut: $M_{d,k} = 1 + d + d^2 + d^3 + \dots + d^k$. Namun demikian secara praktis hanya terdapat

dua jenis graf yang mencapai batas atas Moore yaitu pada saat out degree $d=1$ dicapai oleh graf siklus C_{k+1} dan pada saat $k=1$ dicapai oleh graf lengkap K_{d+1} (Pleznik, Znam; 1974).

Gambar 6. Represenasi J-Graph Peta Jalan Bangil (Agustina; 2015)

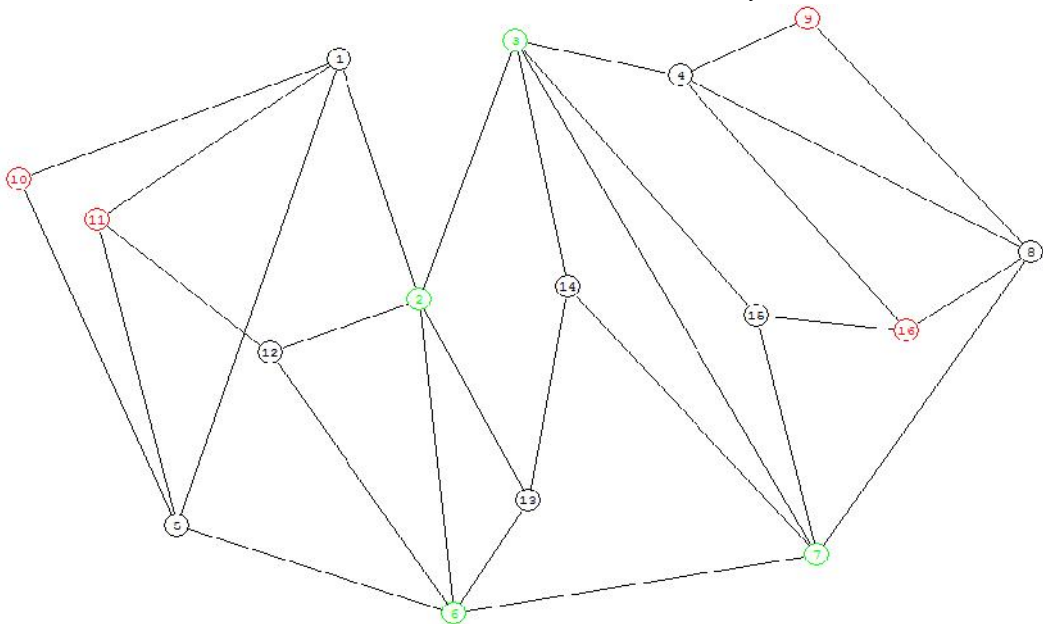


Sehingga perkembangan kajian selanjutnya diarahkan pada bagaimana menciptakan sebuah graf dengan order besar namun hanya cukup mendekati batas Moore. Buku survey (Miler, Siran; 2007) menyajikan dengan lengkap hasil-hasil temuannya dengan fokus kajian pada dua hal penting yaitu: (1) membangun graf dengan teknik konstruksi, seperti *algebraic spesification techniques* (*Generalised de Bruijn digraphs*, *Generalised Kautz digraphs*), *expansion method* (*Line digraph*, *Partial line digraph*, *Voltage assignments*), dan *reduction method* (*Digon reduction*, *Vertex deletion scheme*) untuk menemukan batas bawah yang lebih baik; dan (2) membuktikan ketidakberadaan sebuah graf dengan order mendekati batas atas Moore untuk kemudian menurunkan batas atasnya $n_{u(d,k)}$. Dafik (2007) dalam tesisnya “*structural properties and labeling of graphs*” juga mengkaji tentang ini terutama terkait fokus kajian yang kedua, dan salah satu hasilnya telah dipublikasikan dalam “*The Journal of Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing*” pada tahun 2009.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

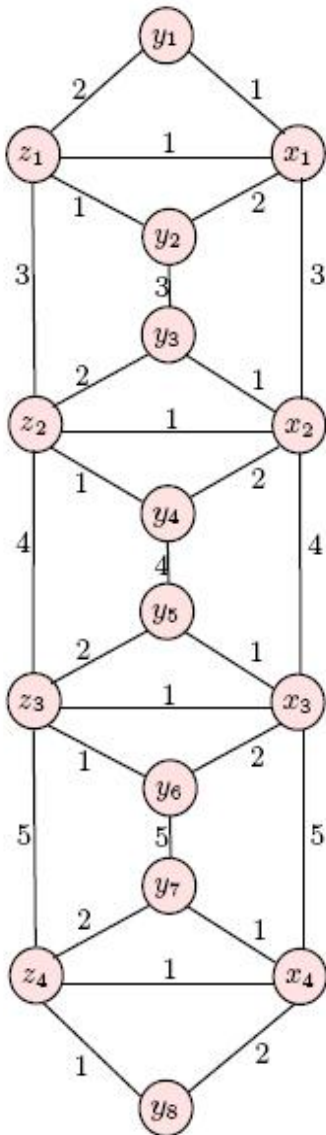
Kasus 5. Diknas akan mendistribusikan soal-soal ujian nasional ke seluruh sekolah di sebuah kabupaten (pelaksanaan UN SMA 2014). Soal ini bersifat rahasia sehingga membutuhkan tim pengawalan pengawas independen yang terdiri dari unsur UNEJ, LPMP, polres, diknas, dan pihak sekolah. Misal jalur untuk menjangkau sekolah-sekolah digambar sehingga menghasilkan Gambar 7. Bagaimana mengembangkan sistem pengamanan pengawalannya jika masing-masing jalur minimal melibatkan tiga unsur pengawas dengan syarat unsur UNEJ dan polres atau UNEJ dan LPMP setempat harus selalu ada dalam tim?

Gambar 7. Peta jalur distribusi soal-soal UN, (titik merepresentasikan sekolah)



Untuk menjawab permasalahan di atas, sebuah konsep yang digunakan adalah *rainbow colouring*. Li and Sun (2011) mendefinisikan bahwa misal diketahui $G = (V(G), E(G))$ adalah sebuah graf terhubung tidak trivial. Suatu pewarnaan terhadap sisi-sisi di G didefinisikan sebagai $f : E(G) \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, k, k \in \mathbb{N}\}$, dimana dua sisi yang bertetangga boleh berwarna sama. Suatu lintasan $u-v$ di G merupakan *rainbow path* jika tidak ada dua sisi di lintasan yang berwarna sama. Graf G disebut *rainbow connected* dengan pewarnaan f jika G memuat suatu *rainbow $u-v$ path* untuk setiap dua titik $u, v \in V(G)$. Jika terdapat k warna di G maka f dikatakan *rainbow k -coloring*. Minimum k sehingga terdapat *rainbow k -coloring* di G disebut *rainbow connection number*, ditulis $rc(G)$.

Gambar 8. Representasi graf dan pelabelan rainbow connectionnya.



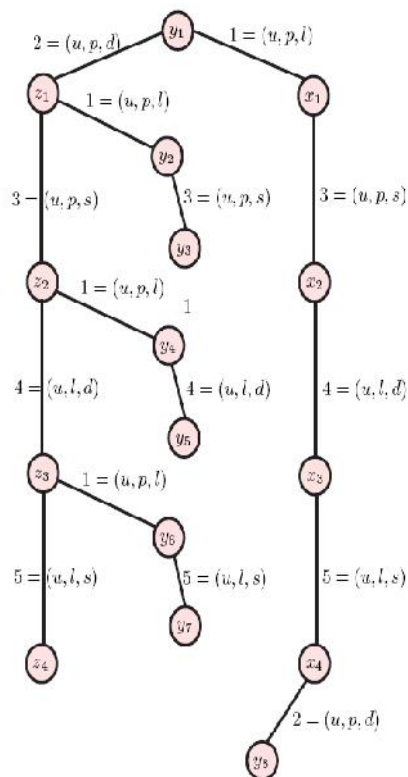
Langkah pertama adalah menggambar peta jalur distribusi di atas menjadi sebuah bentuk graf yang simetris seperti Gambar 8, kemudian memberikan label atau warna pada sisi-sisinya sedemikian hingga memenuhi sifat-sifat rainbow colouring. Pada kasus ini $rc(G)=5$, dan sesuai teorema yang ada bahwa batas atas dan bawah dari $rc(G)$ adalah $k(G) \leq rc(G) \leq k(G)+1$ (Li, Sun; 2011). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan lima kelompok pengawal untuk mendistribusikan soal-soal UN dengan aman ke setiap sekolah yang ada.

Selanjutnya bagaimana menentukan kelompok pengawalan soal, maka ditentukan kombinasi $\frac{5}{3} = 10$ macam kombinasi, diantaranya adalah (u,p,l) , (u,p,d) , (u,p,s) , (p,l,d) , (p,l,s) , (l,d,s) , (u,l,d) , (u,l,s) , (u,d,s) , (p,d,s) . Karena sistem pengawalan minimal melibatkan tiga unsur pengawas dengan syarat bahwa perwakilan UNEJ dan polres atau UNEJ dan LPMP setempat harus selalu ada dalam tim maka dipilihlah lima tim satuan pengawal itu adalah $1=(u,p,l)$, $2=(u,p,d)$, $3=(u,p,s)$, dan $4=(u,l,d)$, $5=(u,l,s)$, dan tetapkan pusat penyimpanan dan distribusi soal tersebut, misal dari dari Polres setempat yang berada di titik y_1 , maka rute distribusi terlihat pada

Gambar 9. Dapat ditetapkan juga bahwa jumlah personil yang dibutuhkan dalam sistem pengawalan ini sebanyak $u=5 \times 3=15$, $p=3 \times 3=9$, $l=3 \times 3=9$, $d=2 \times 3=6$, $s=2 \times 3=6$ 45 orang.

Rainbow colouring merupakan varians baru dari edge colouring. Konsep ini pertama kali diajukan oleh Chartrand *et. al* (2008) dalam mengkaji terjadinya serangan terorist jaringan Al-Qaeda yang menyerang WTC US pada tanggal 9 September 2001.

Gambar 9. Rute Distribusi Soal UN



Ericksen (2007) dalam bukunya “A matter of security” membuat observasi sederhana sebagai berikut: “An unanticipated aftermath of those deadly attacks was the realization that intelligence agencies couldn’t communicate with each other through their regular channels, from radio systems to databases. The technologies utilized a prohibited shared access, meaning that there was no way for officers and agents to cross check information between various organizations”

Belakangan ini pembahasan tentang rainbow connection telah menjadi perhatian utama peneliti graf, dan banyak temuan-temuan baru dihasilkan dan semua temuan itu telah didokumentasikan dengan baik dalam buku dinamis yang ditulis oleh Xueliang Li, Yuefang Sun (2011) dengan judul “Rainbow Connection of Graphs - A Survey”. Penulis juga telah

mengembangkan penelitian dalam bidang ini sebagaimana yang tertera dalam arikel Ridho Alfarisi, Anang Fajariyanto, Randhi N Darmawan (2015) dan telah dipublikasikan dalam sebuah confrence proceeding.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Memahami pemecahan kasus-kasus di atas beserta pengembangan pemecahannya, dapat disimpulkan bahwa saintisi dalam kelompok kajian teori graf tidak hanya mengkaji masalah untuk kepentingan pemecahan masalahnya, namun jauh terfikirkan kedepan yaitu bagaimana kalau jumlah orang dan buah-buahan yang terlibat mencapai ratusan? (kasus 1), bagaimana kalau jumlah dosen dan mahasiswa jumlahnya ribuan? (kasus 2), bagaimana kalimat rahasia harus dikembangkan dari jumlah kata dalam teks yang mencapai ratusan, ribuan bahkan jutaan atau sampai n kata? (kasus 3), bagaimana kalau jumlah jalan yang terhubung mencapai ribuan seperti di kota-kota besar? (kasus 4), dan bagaimana pula kalau jumlah sekolah yang akan menjadi tujuan

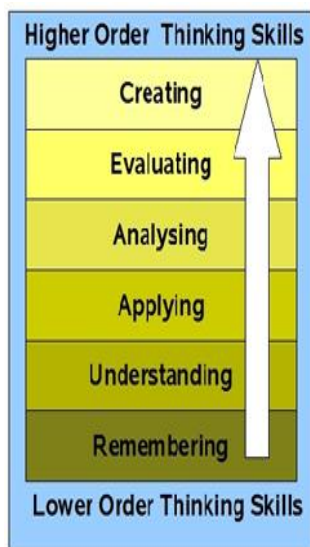
distribusi mencapai ratusan bahkan ribuan? (kasus 5). Otomatis kompleksitas permasalahan semakin meningkat dan model-model matematika kontinyu tidak dapat menjawab permasalahan ini, dibutuhkanlah pemodelan matematika diskrit yaitu teori graf. Dengan demikian seluruh permasalahan teori graf dikatakan masalah apabila permasalahan itu melibatkan graf yang berorder n . Pada saat berbicara dengan domain diskrit mencapai n , simulasi terhadap jumlah $n=k$ yang spesifik hanya menjadi bagian visualisasi sederhana karena graf dengan jumlah $n=k$ spesifik hanya menjadi akibat graf yang berorder n . Sehingga tidak asing terlihat dalam hampir semua laporan penelitian, skripsi, thesis dan disertasi ataupun artikel dalam teori graf, paparan didalamnya selalu dipenuhi dengan kata *observation*, *lemma*, *theorem*, *corollary* atau *conjecture*.

Kreasi lema dan teorema menjadi *ultimate goal* dari seorang peneliti graf, dengan alasan bahwa begitu lema atau teorema yang umum untuk graf berorder n dikembangkan disitulah terdapat kebenaran bukti yang sah tentang keberadaan fungsi, algoritma dan prosedurnya, sehingga visualisasi spesifik untuk $n=k$ dapat dilakukan melalui simulasi programming, dengan cara kerjasama dengan *computer programmer*. Belajar dari observasi sederhana untuk n terbatas, kemudian dikembangkan lema dan implikasinya dan terakhir ditetapkanlah teorema dengan bukti deduktif atau induktif yang sah, merupakan langkah-langkah berfikir *saintifik* yang dalam kurikulum 2013 dikenal dengan *scientific approach 5M* (Mengamati, Mencoba, Menanyakan, Menganalisa dan terakhir mengkomunikasikan/Mengembangkan). Kebiasaan inilah yang ditanamkan dalam teori graf, bagaimana proses berfikir itu diarahkan sampai mencapai level tertinggi dari proses berfikir yaitu level mengkreasi/mencipta. Pencapaian sampai level ini dalam teori pembelajaran dikenal dengan istilah keterampilan berpikir tingkat tinggi yang diterjemahkan dari kalimat Higher Order Thinking Skills (HOTS).

Secara teoritis keterampilan berpikir tingkat tinggi terkait langsung dengan hirarki taksonomi yang diajukan oleh Bloom (1956). Bloom membagi level berfikir kedalam enam level, yaitu *knowledge (Recall or locate information)*, *comprehension (Understand learned facts)*, *application (Apply what has been learned to new situations)*, *analysis ("Take apart" information to examine different parts)*, *synthesis (Create or invent something; bring together more than one idea)* dan *evaluation (Consider evidence to support conclusions)*. Kemudian perkembangan selanjutnya Anderson L, and Krathwohl, D. (2001) dalam bukunya yang berjudul "Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy" yang dipublikasi

oleh Publishing Co, New York, US merevisi level taxonomi ini menjadi *remembering*, *understanding*, *applying*, *analysing*, *evaluating*, *creating*, Lihat Gambar 10. Hasil revisi dari Anderson and Krathwohl inilah yang kemudian dengan mudah diterima oleh banyak saintisi dan praktisi sehingga keberadaannya selalu menjadi rujukan dari perkembangan teori pembelajaran. Dalam perkembangannya *remembering*, *understanding*, *applying* dikategorikan dalam *recalling dan processing* (yaitu *Lower Order Thinking Skill (LOTS)*), sedangkan *analysing*, *evaluating*, *creating* dikategorikan dalam *creative thinking* (yaitu *Higher Order Thinking Skills (HOTS)*).

Gambar 10. Taxonomy Bloom yang direvisi

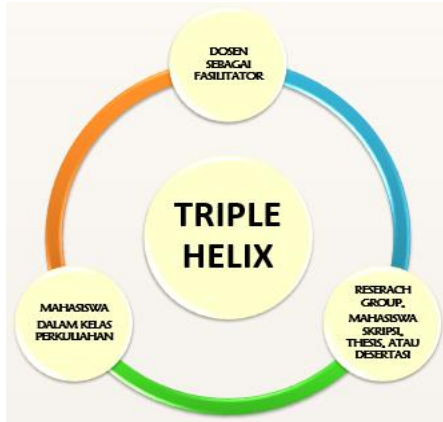


Dalam perspektif penelitian dalam teori graf tahapan keterampilan berpikir tingkat tinggi itu dialami oleh peneliti melalui: (1) Mengingat, yaitu kemampuan menyebutkan kembali informasi atau pengetahuan yang tersimpannya (setelah melakukan proses observasi terhadap fenomena yang

dihadapinya) terkait beberapa peristilahan dasar teori graf seperti definisi titik, sisi, order, size dan derajat, matrik ketetangaan dan keisomorfisannya termasuk bagaimana menentukan kardinalitas graf secara umum; (2) Memahami, yaitu kemampuan memahami konsep-konsep apa sajakah yang sesuai untuk memecahkan masalah yang dihadapinya, apakah terkait dengan *optimal graph*, *magic* atau *antimagic graph labeling*, *graph covering*, *dynamic colouring*, *rainbow connection* atau *dominating set*; (3) Menerapkan, setelah menetapkan konsep yang sesuai yang dipakai untuk memecahkan sebuah masalah, selanjutnya mencoba menentukan solusinya dengan indikator yang telah ditetapkan dalam konsep tersebut misalnya menentukan warna sebuah graf yang memenuhi syarat nilai kromatik atau nilai rainbow connection minimal, label sebuah graf yang memenuhi syarat magic atau antimagic, menentukan graf dengan order besar yang

memenuhi derajat dan diameter yang telah ditetapkan atau menentukan kardinalitas himpunan pendominasi terkecil dari sebuah graf; (4) Menganalisis, yaitu membuktikan dan memberikan alasan logis atau kritis dengan cara menghubungkan konsep yang satu dengan konsep lainnya untuk menguji kebenaran dari sebuah hasil terkait dengan masalah dalam *optimal graph*, *magic* atau *antimagic graph labeling*, *graph covering*, *dynamic colouring*, *rainbow connection* atau *dominating set*; kemudian (5) Mengevaluasi, yaitu kemampuan melakukan pemeriksaan ulang dengan cara melakukan simulasi untuk spesifik $n=k$, biasanya dilakukan melalui *computer programming*, atau melalui *focus group discussion* untuk mencari contra example-nya, dan terakhir adalah (6) Mengkreasi, yaitu kemampuan memadukan unsur-unsur menjadi sesuatu bentuk baru yang utuh dan koheren dalam bentuk **lemma**, **teorema**, **korolari** atau **konjektur** baru dalam temuan graf terkait konsep kajian di atas yaitu *optimal graph*, *magic* atau *antimagic graph labeling*, *graph covering*, *dynamic colouring*, *rainbow connection* atau *dominating set*.

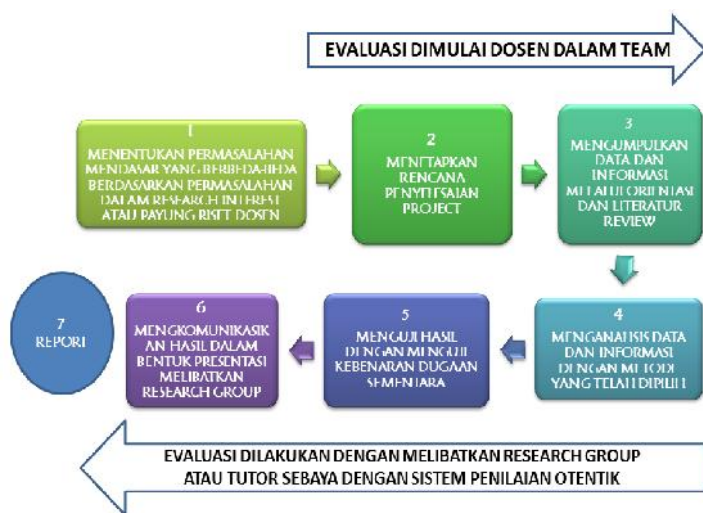
Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia
Gambar 11. Hubungan Triple Helix



Keenam tahapan keterampilan berpikir tingkat tinggi ini tidak mudah untuk dilaksanakan. Dibutuhkan sebuah perencanaan yang sistematis untuk menerapkannya, keterlibatan beberapa unsur terkait menjadi penting, unsur-unsur itu adalah dosen, kelas perkuliahan dan research group. Ketiga unsur itu dipandang sebagai relasi *triple helix* yang tidak dapat dipisahkan sebagaimana Gambar 11. Dosen mempunyai fokus kajian, kemudian dosen memaparkan kajiannya di depan kelas, melalui model *problem posing* dikembangkanlah masalah yang bersumber dari masalah dalam kelompok kajian, selanjutnya dengan menetapkan graf dengan order spesifik $n=k$, kelas dilibatkan untuk melakukan tahapan 1-5 dalam tahapan HOTS di atas, kemudian kelompok research group melanjutkannya dengan mengulangi tahapan 1-5 dan menyempurnakannya dengan tahap 6 yaitu menciptakan lemma, teorema, korolari atau konjektur baru.

Secara umum relasi triple helix di atas merupakan dasar pelaksanaan pembelajaran berbasis penelitian (*RBL=research based learning*). RBL adalah sebuah model pembelajaran yang menjadikan masalah dalam kelompok penelitian sebagai bahasan utama dalam perkuliahan. Seorang dosen dalam perkuliahan tidak hanya menyajikan konsep-konsep lama, konsep yang tidak fenomenal apalagi tidak kontekstual sesuai dengan perkembangan jaman atau ilmu itu sendiri, namun seorang dosen harus menyajikan kajian-kajian sesuai dengan temuan-temuan sesuai dengan perkembangan ilmu terkini dalam kelompok kajian. Pelaksanaan pembelajarannya didasari oleh filosofi konstruktivisme yang ditandai dengan penerapan *contextual teaching and learning approach*, *discovery learning*, *project based learning*, dan juga mencakup empat aspek yaitu: pembelajaran yang berbasis *problem posing* (masalah yang diajukan berdasarkan penelitian yang dikembangkan oleh dosen dalam kelompok kajian), pembelajaran berbasis *recently prior knowledge* yaitu berdasarkan hasil-hasil penelitian baru dan mutakhir, penetapan *procedure* pemecahan masalah sesuai dengan metodologi penelitian modern, dan terakhir menganalisa dan menguji kebenaran data.

Gambar 12. Bagan tahapan pelaksanaan PBR



Gambar 12. Merupakan tahapan pelaksanaan research based learning, dimulai dari menentukan permasalahan sampai dengan mengkomunikasikannya baik dalam kelas perkuliahan atau berupa working paper yang digunakan dosen untuk ditindaklanjuti dalam kelompok penelitian (research groupnya). Perhatikan

Gambar 11, dapat disimpulkan bahwa manfaat RBL adalah sebagai berikut: 1) Mendorong dosen untuk melakukan penelitian yang spesifik untuk kemudian meng *update* keilmuannya dengan membaca dan memanfaatkan hasil penelitian orang lain sebagai bahan pembelajaran; 2) Mendorong peran peserta didik lebih aktif dalam proses

pembelajaran, dan menjadi mitra aktif dosen dalam penelitian; 3) Mahasiswa terbiasa melakukan proses berfikir dengan pendekatan saintifik sehingga trampil mengidentifikasi persoalan serta memecahkannya dengan kaidah-kaidah ilmiah yang baik; 4) Mahasiswa memiliki kemandirian, logis, kritis, dan kreatif sehingga memberikan peluang tumbuhnya keterampilan berfikir tingkat tinggi pada diri mahasiswa; 5) Peserta didik dilatih memiliki etika, khususnya etika menjauhkan diri dari perilaku buruk seperti pelanggaran copyright dan plagiarisme; 6) Meningkatkan jumlah publikasi ilmiah perguruan tinggi yang bersumber dari kelompok penelitian atau kajian dosen sehingga jumlahnya meningkat mengikuti jejak universitas terkemuka di Indonesia seperti ITB, UI, UGM, IPB, ITS, UNDIP yang telah dengan sukses menempati posisi terbaik dalam kategori 50 perguruan tinggi paling produktif dibidang publikasi menurut versi scopus.

Betapa pentingnya kelompok kajian, karena manfaatnya tidak hanya dalam perspektif penelitian namun juga dalam perspektif pembelajaran RBL yang tujuan utamanya adalah membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi pada diri mahasiswa. Kekhawatiran kita adalah seperti apa yang ditemukan oleh Bloom (1958) yang menyatakan bahwa *“Almost 95% of test questions focused on the lowest level, namely recalling of information. The lower levels will be insufficient to overcome a contextual problem”*. Dengan menerapkan pembelajaran berbasis penelitian, diharapkan seorang dosen tidak lagi beranggapan bahwa materi sudah diluar kepala sehingga tidak perlu belajar kalau mengajar karena sudah hafal. Koleksi buku lama dosen bukan lagi merupakan satu-satunya rujukan, namun mereka harus memperkaya dengan artikel jurnal sebagai referensi perkuliahan. Catatan mahasiswa, tugas dan proyek mahasiswa akan berbeda dari tahun ke tahun, dan relevansi substansi mata kuliah menjadi lebih *up to date* dan sesuai dengan fenomena terkini. Dosen mengajarkan perkuliahan lebih kontekstual, tidak hanya menyajikan konsep-konsep teori, dan mengkaitkannya dengan kehidupan nyata atau hasil-hasil temuan penelitian mutakhir. Terakhir seorang dosen akan mendapatkan manfaat langsung dari perkuliahan yang diampunya untuk kepentingan penelitian dosen dan research groupnya.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Melalui SK Rektor 5665/UN25/KP/2014, kelompok kajian teori graf **CGANT** terbentuk di Universitas Jember. CGANT (singkatan dari singkatan dari *Combinatorics*,

Graph Theory and Network Topology) merupakan kelompok penelitian dalam bidang Kombinatorika dan Teori Graf, yang pada tahun 2003 untuk pertama kalinya CGANT juga telah dibentuk di University of Ballarat Australia dengan anggota research students Prof. Mirka Miller. Namun semenjak yang bersangkutan pindah ke The University of Newcastle, research group ini diganti dan diperluas menjadi GTA (Graph Theory and Application). Kemudian Prof. Mirka Miller merekomendasi terbentuknya research group CGANT di Universitas Jember Indonesia, dan akhirnya CGANT berdiri dan beranggotakan para peneliti teori graf lintas fakultas yaitu FKIP, FMIPA, PSSI dan Fakultas Teknik dibawah naiknya Prof. Slamir. Pada level nasional, dimotori oleh Prof. Edi Baskoro, dan Rinovia Simanjuntak, Ph.D dari ITB dan Kiki Aryanti Sungeng, Ph.D. dari UI, pada tanggal 6 Mei 2006 telah dibentuklah Masyarakat Kombinatorika Indonesia (Indonesian Combinatorial Society disingkat InaCombs lihat <http://www.inacombs.org>), sedangkan pada skala internasional terdapat Graph Theory Group: <http://graphtheorygroup.com/>, serta GTA: <http://www.graphtheorygroup.com/mirka/index.html>. Beberapa site terkait graph theory dan aplikasinya serta opencourseware-nya dapat ditemukan dengan mudah dalam website berikut: <http://www.graphtheorygroup.com/gta/index.html>.

Sebelum CGANT terbentuk, penelitian dalam bidang teori graf di Universitas Jember telah dimulai sejak tahun 2003, diawali dari program studi pendidikan matematika FKIP kemudian berkembang pesat sejak tahun 2007 di tiga fakultas FKIP, FMIPA dan PSSI. Sementara itu jumlah mahasiswa dan lulusan Universitas Jember yang memilih bidang kombinatorik dan Teori Graf sebagai tugas akhirnya diperkirakan telah melebihi 100 orang mahasiswa baik S1 maupun S2. Sampai saat ini, setidaknya terdapat lebih dari 80 paper yang sudah dipublikasikan dalam proceeding, journal baik nasional maupun internasional, dan 27 paper diantaranya telah terindeks oleh Scopus dengan impact factor lebih besar atau sama dengan 1.5 (scopus.com, 27 Maret 2014), dan terakhir sesuai dengan indeks webometric tentang ranking scientist di Indonesia, terdapat 6 orang dosen Universitas Jember masuk dalam *500 Top Scientist of Indonesia* dan dua diantaranya adalah anggota CGANT.

Melihat performansi kelompok penelitian CGANT ini, dapat dipahami bahwa potensi yang dimiliki oleh CGANT relatif besar dimasa yang akan datang terutama sekali terkait dengan: (1) terbentuknya jaringan penelitian dengan research group teori graf antara universitas universitas di luar negeri; (2) terciptanya program for Academic Mobility

and Exchange dalam bidang penelitian, (3) dikembangkannya *joint paper*, (4) dan yang paling penting adalah peningkatan publikasi ilmiah di skala nasional terakreditasi maupun internasional bereputasi. Telah menjadi pemahaman luas bahwa peningkatan jumlah publikasi ilmiah dosen dan mahasiswa berdampak pada *university performance* itu sendiri. Hampir semua instrumen penjaminan mutu baik internal (EMI) maupun eksternal (BAN-PT, LAM, Quality Stas, Times Higher Education, Asean University Network, dan termasuk yang paling kita perjuangkan selama ini yaitu *Webometric* menempatkan indikator *excellence* sebagai faktor yang sangat penting. Tingginya *excellence* ditunjukkan dengan tingginya kuantitas dan kualitas publikasi yang dimiliki oleh perguruan tinggi pada beberapa jurnal atau proseding konferens yang bereputasi. Dengan demikian program revitalisasi kegiatan penelitian dalam atmosfir akademik perguruan tinggi patut diperhitungkan mulai sekarang, penetapan *guide line* untuk program *Toward Research University* harus dikembangkan sedini mungkin. Kebijakan tentang kepemilikan *road map research* bagi individual dosen harus dibudayakan, dan menjadikan *h-indeks research* sebagai performance dosen harus juga diperkuat, (sebagai contoh di University of Malaya yang pernah dikunjungi oleh penulis telah menetapkan bahwa untuk menduduki jabatan tertentu, syarat minimal performansi publikasinya adalah *h-index 10* untuk jabatan dosen dengan tugas tambahan). Patut disyukuri bahwa mulai tahun ini direktur DP2M telah memberikan reward terhadap individu dosen di lingkungan perguruan tinggi, bahwa seorang dosen diperbolehkan mengajukan penelitian sebagai ketua untuk dua proposal sekaligus dan anggota dua proposal sekaligus pada tahun yang sama. Universitas Jember telah juga menunjukkan perhatiannya dengan menuangkan dalam SBU yang baru yaitu meningkatkan dana insentif untuk publikasi pada jurnal terakreditasi dan jurnal internasional serta dana kehadiran seorang dosen pada forum ilmiah international.

Akhirnya mengakhiri pidato ilmiah ini, saya berharap semoga Universitas Jember semakin berkembang dan berkembang dimasa-masa yang akan datang, dan harapan terbesar untuk aktivitas research adalah terletak pada keberadaan profesor dilingkungan Universitas Jember terutama *fresh* profesor yang baru dikukuhkan. Apabila setiap profesor menjadi *role model* bidang penelitian kemudian membimbing dosen-dosen yang masih bergelar doktor untuk juga secepatnya mencapai gelar profesor serta dapat mendorong semua dosen yang masih S2 untuk segera meraih gelar doktor, maka potensi 25.823 orang mahasiswa, 1.029 orang dosen dan sekitar 52 orang profesor yang dimiliki

UNEJ (sumber: PDPT 2015), maka dengan memanfaatkan 20% saja dari *resources* yang tersedia untuk mobilitas research, saya berkeyakinan Universitas Jember siap bersaing dalam zone *Asean Economy Community* dan *Asean Research University Network* di kawasan asia tenggara ini. Amin Amin Ya Robbal Alamiin.

Bapak/Ibu Hadirin sekalian yang berbahagia

Mengakhiri pidato ilmiah ini, injinkan saya menyampaikan ungkapan rasa terimakasih yang mendalam kepada: (1) Almarhum ayah dan ibu saya bpk H. Mazudi dan ibu Hj. Zainab, yang telah mendidik saya dan selalu mendoakan saya dengan ikhlas untuk kesuksesan kehidupan saya, almarhum ayah dan ibu mertua saya Bpk Lik Suparto dan Ibu Subiyati; (2) Istri saya Lis Setyaningsih, dan anak-anak saya Falih Gozi F dan Mahdan Kintara Sanie yang selalu tabah mendampingi dan mendoakan saya untuk kesuksesan karier saya; (3) Para guru saya mulai sekolah dasar sampai program S3, kepada dosen-dosen S1 saya Prof. Sunardi, Titik Sugiarti, M.Pd, Suharto, M.Kes, Toto' Bara, M.Si, Dr. Susanto, Dinawati, M.Pd, Prof. Made Tirta, Prof. Kusno dan Moch Hasan, Ph.D, serta supervisor S2 saya Prof. D.J. Silvester dan supervisor S3 saya Prof. Mirka Miller, Dr. Joe Ryan dan Prof. Martin Baca; (4) Pemberi beasiswa program S2 DUE Project yang dikelola oleh Zulfikar, Ph.D dan Moch Hasan, Ph.D dan program S3 ARC Grant yang diketuai oleh Prof. Mirka Miller; (5) Kolaborator saya Prof. Edy Baskoro (ITB), Kiki Ariyanti Sugeng, Ph.D (UI), Rinovia Simanjuntak, Ph.D. (ITB) dan teman-teman lainnya dalam InaCombS dan IndoMS; (6) Prof. Slammin, Kristina Wijaya, M.Si, Ika Hesti Agustin, M.Si, Arika Indah K, M.Pd., serta mahasiswa bimbingan skripsi dan thesis yang tergabung dalam research group CGANT Universitas Jember; (7) Rektor dan Pembantu Rektor Universitas Jember yang telah memfasilitasi pembentukan research group CGANT di Universitas Jember; (8) Dekan FKIP dan rekan-rekan dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP UNEJ, LP3 UNEJ dan Jurusan Matematika FMIPA UNEJ, yang selalu menunjukkan kebersamaan, kehangatan dan persaudaraan dalam berkarya; (9) Para penyandang dana pendidikan, pelatihan dan penelitian: ADB Project (Indonesia), DUE Project (Indonesia), ARC Grant (Australia), Ditlitabmas DIKTI (Indonesia); (10) Semua pihak yang telah membantu pengembangan karier saya selama ini; dan terakhir (10) Saya sampaikan terimakasih sekali lagi kepada Bpk Rektor, seluruh panitia yang telah mempersiapkan acara pengukuhan guru besar ini dengan baik.

Semoga segala upaya yang telah diberikan ini menjadi catatan amalan ibadah di sisi Allah SWT.

DAFTAR RUJUKAN

- G. Chartrand, G.L. Johns, K.A. McKeon, P. Zhang, The rainbow connectivity of a graph, *Networks* 54 (2), 2009, 75-81.
- Dafik, *Structural properties and labeling of graphs*, Ph.D Thesis, University of Ballarat, 2007
- Dafik, *Antimagic Total Labeling of Disjoint Union of Disconnected Graph*, CSS Jember, Indonesia, 2013
- Dafik, M. Miller, J. Ryan and M. Baca, Antimagic total labeling of disjoint union of complete s-partite graphs, *J. Combin. Math. Combin. Comput.*, 65 (2008), 41–49.
- M. Bačca, Dafik, M. Miller, J. Ryan, Antimagic Labeling of Disjoint Union of s-Crowns, *Utilitas Mathematica.*, 79 (2009), 193-205.
- Dafik, M. Miller, J. Ryan and M. Baca, Super edge-antimagic total labelings of $mK_{n,n,n}$, *Ars Combinatoria* , 101 (2011), 97-107
- Dafik, M. Miller, J. Ryan and M. Bačca, Antimagic Labeling of the Union of Star, *Australasian Journal of Combinatoris.*, 42 (2009), 35-44.
- JA. Gallian, A Dynamic Survey of Graph Labeling, *The electronic journal of combinatorics* 17, #DS6, 2014
- Bill Hiller, *Space. Space in the Machine*, Press Syndicate, of the University of Cambridge, United Kingdom, 2007
- M. Miller, J. Siran, Moore graphs and beyond: A survey of the degree/diameter problem, *the electronic journal of combinatorics* (2005), #DS14, 2014
- A. Ericksen, A matter of security, *Graduating Engineer & Computer Careers*, (2007), page 24-28.
- X. Li, Y. Sun, Rainbow connections of graphs – A survey, arXiv:1101.5747v2 [math.CO], 2011
- X. Li, Y. Sun, Rainbow connections of graphs, Springer, London, 2012

- H. Cindy, E. Ferrari, Michel, The Problem-Based Learning Tutorial: Cultivating Higher Order Thinking Skills, *Journal for the Education of the Gifted*, **20/4**, 401-22, 1997
- J.L. Gross, J. Yellen and P. Zhang, Handbook of Graph Theory, Second Edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, 2014
- P. Formanowicz, K. Tana, A Survey Of Graph Coloring - Its Types, Methods And Applications, Foundations of Computing and Decision Sciences, Vol 37, 2012
- A. Ridho, *Penerapan Teknik Konstruksi Graf, Rainbow Connection, Dominating Set dalam Analisis Morfologi Jalan*, Skripsi, Universitas Jember, 2015
- D.R. Krathwohl, A Revision Of Bloom's Taxonomy: An Overview, *Theory Into Practice*, Volume 41, Number 4, Autumn 2002, College of Education, The Ohio State University, 2002