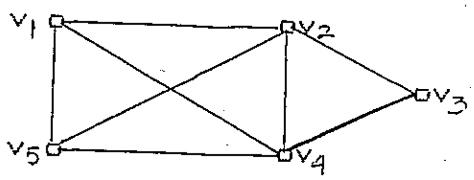
BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 PENGERTIAN GRAPH :

<u>DEFINISI 1</u> :

Suatu graph $G = (V,X)$ dapat didefinisikan sebagai suatu himpunan tidak kosong $V(G)$, dengan anggota yang disebut vertex beserta himpunan $X(G)$ dengan anggota yang disebut garis.



Gambar 2.1

Gambar 2.1 menyajikan graph G dimana V (G) adalah $\{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ dan $X(G)$ adalah $\{(v_1, v_2), (v_1, v_4), (v_2, v_3), (v_2, v_4), (v_2, v_5), (v_3, v_4), (v_4, v_5), (v_1, v_5)\}$. Garis (v_1, v_2) artinya garis yang menghubungkan antara vertex v_1 dengan vertex v_2. Titik-titik biasa disebut <u>vertex</u> atau <u>node</u> atau <u>point</u> atau <u>junction</u>. Sedang garis-garisnya disebut <u>edge</u> atau <u>line</u>.

Perlu diperhatikan bahwa perpotongan 2 garis atau lebih, tidak selalu merupakan vertex dari graph, umpama (v_1, v_4) dan (v_2, v_5).

Di bawah ini disajikan beberapa istilah yang sering dibicarakan dalam suatu graph :

ORDER :

Order suatu graph adalah banyaknya vertex-vertex dalam suatu graph.

CONTOH :

Order dalam gambar 2.1 = 5.

DEGREE :

Degree atau valency dari suatu vertex adalah banyaknya garis yang bertemu divertex itu.

deg v_i artinya : degree dari vertex v_i dalam suatu graph.

suatu vertex dengan degree n kadang-kadang disebut n-valent.

CONTOH :

deg v_2 dalam gambar 2.1 = 4.

ISOLATED VERTEX :

Isolated vertex atau vertex terasing adalah vertex dengan degree o.

AJACENT :

Dua vertex dari graph G (katakan v_1 dan v_2) ajacent (bersisian) jika terdapat garis yang menghubungkan langsung antara keduanya.

INCIDENT :

Garis yang menghubungkan v_1 dan v_2 ditulis dalam bentuk (v_1,v_2), katakan $x_1 = (v_1,v_2)$, maka v_1 dan v_2 disebut incident dengan x_1 dan sebaliknya.

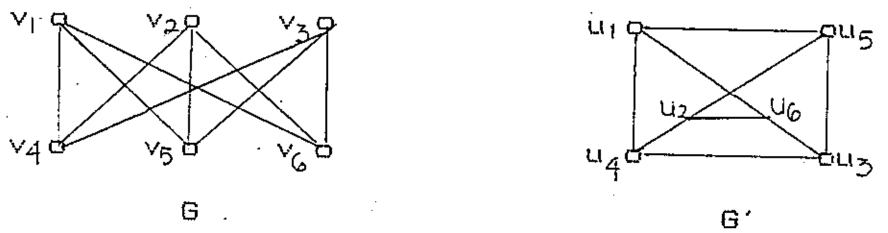
LOOP :

Loop adalah garis dalam graph G yang menghubungkan suatu vertex dengan dirinya sendiri.

DEFINISI 2 :

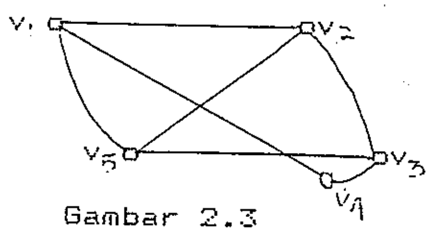
Dua graph $G = (V,X)$ dan $G' = (V',X')$ disebut isomorphis jika ada korespondensi 1-1 antara V dan V', dan antara X dan X', sehingga hubungan incident terpelihara, dilambangkan dengan $G \cong G'$.

Contoh pada gambar 2.2 isomorphis.

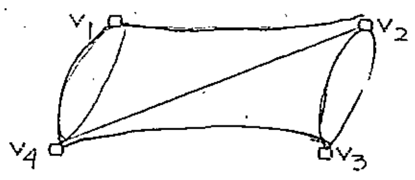


Gambar 2.2

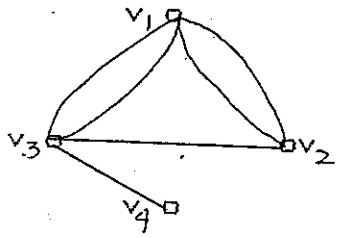
Suatu graph dapat terdiri dari loop-loop dan multiple edges (gambar 2.5), tetapi ada juga graph yang tidak mempunyai loop dan tidak mempunyai multiple edges (gambar 2.3). Suatu vertex dapat dihubungkan oleh lebih dari satu edge (garis) ke vertex lain (gambar 2.4 dan gambar 2.5). Gambar 2.5 disebut multigraph.



Gambar 2.3



Gambar 2.4



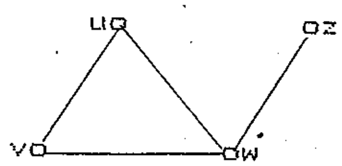
Gambar 2.5

DEFINISI 3 :

Suatu graph $G = (V,X)$ yang tidak mengandung garis sejajar atau loop disebut graph sederhana (simple graph).

Contoh :

Pada gambar 2.6.

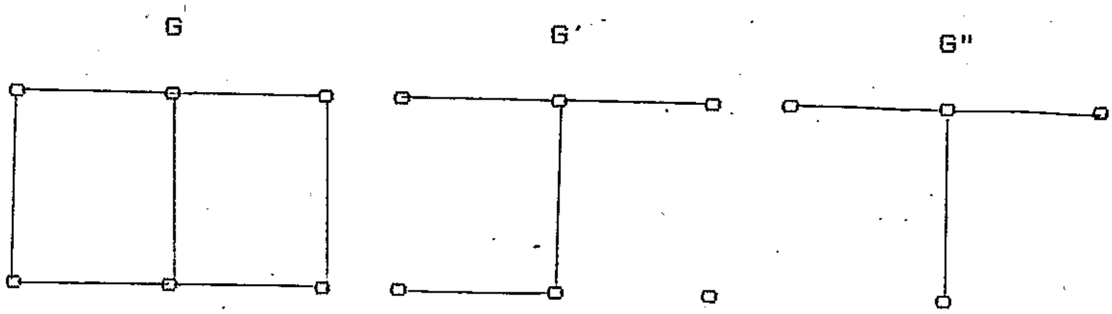


Gambar 2.6

DEFINISI 4 :

Graph $G' = (V',X')$ disebut subgraph dari graph G jika semua vertex dan garis dari G', juga terletak di G dan setiap garis dari G' mempunyai vertex ujung yang sama dengan di G ; keadaan ini dilambangkan dengan $G' \subseteq G$.

Contoh :



Gambar 2.7

Setiap graph dapat merupakan subgraph untuk dirinya sendiri. Suatu spanning subgraph dari G adalah suatu graph yang memuat semua vertex-vertex dari G. Apabila $S \subset V(G)$ maka induced subgraph $< S >$ adalah suatu graph dengan himpunan vertexnya S yang merupakan maximal subgraph dari G. Jadi dua vertex dalam $< S >$ adalah bersisian bila hanya bila vertex-vertex itu bersisian dalam G.

Dalam gambar 2.7, G' adalah spanning subgraph dari G tetapi G" tidak. Sebaliknya G" adalah induced subgraph dari G tetapi G' tidak.

Jadi suatu gambar disebut graph jika terdiri atas vertex-vertex saja atau vertex-vertex dan garis-garis, dimana setiap garis menghubungkan atau tidak menghubungkan dua vertex yang berbeda.

2.2. MACAM-MACAM GRAPH.

Beberapa macam graph yang penting ditunjukkan sebagai berikut.

<u>DEFINISI</u> <u>5</u> :

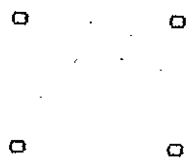
Suatu graph dengan sifat tidak mempunyai garis-

garis disebut totally disconnected atau Null Graph atau Graph Kosong.

Null Graph dengan n vertex ditulis N_n.

Contoh :

N_4



Gambar 2.8

Jadi dalam Null Graph setiap vertexnya adalah terasing.

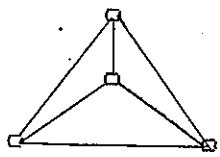
DEFINISI 6 :

Complete Graph adalah suatu graph dimana setiap dua vertexnya yang berlainan bersisian.

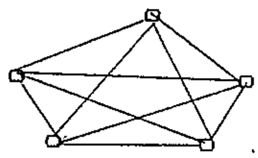
Complete Graph dengan n vertex ditulis K_n.

Contoh :

K_4:



K_5:



Gambar 2.9

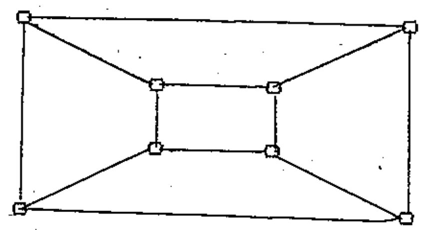
DEFINISI 7 :

Graph Regular adalah suatu graph dimana setiap vertexnya mempunyai degree yang sama.

Graph G disebut Graph Regular dengan degree r bila setiap vertexnya mempunyai degree r.

Contoh :

Dalam gambar 2.10 adalah Graph Regular dengan degree 3, yang disebut Cubic atau trivalent.



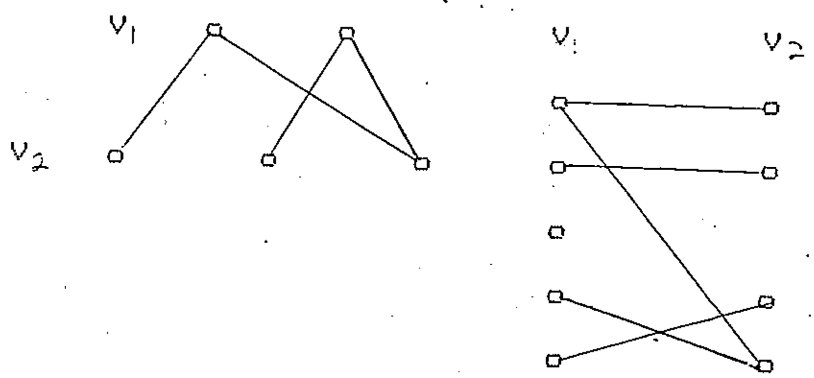
Gambar 2.10

Jadi setiap Null Graph adalah Regular Graph dengan degree nol dan setiap Complete Graph adalah Regular Graph dengan degree n − 1.

<u>DEFINISI 8</u> :

Suatu graph G = (V,X) disebut Bipartite Graph (Bigraph) jika himpunan vertex dari graph G dapat dibagi menjadi dua himpunan yang saling asing V_1 dan V_2 sedemikian sehingga apabila ada garis anggota G, maka garis ini menghubungkan suatu vertex di V_1 dengan suatu vertex di V_2 dengan tidak ada dua vertex di V_1 maupun di V_2 yang bersisian.

Contoh :

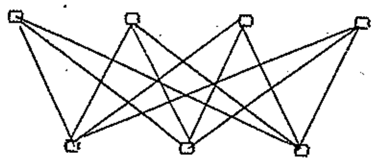


Gambar 2.11

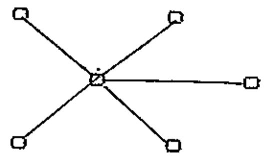
Kadang-kadang bipartite graph ditulis sebagai $G(V_1, V_2)$. Di dalam bipartite graph tidak perlu setiap vertex anggota V_1 dihubungkan dengan setiap vertex di V_2, tetapi jika demikian maka disebut complete bipartite graph (complete bigraph), ditulis $K_{m,n}$, dimana m menyatakan banyak vertex di V_1 dan n adalah banyak vertex di V_2.

Contoh :

$K_{4,3}$



$K_{1,5}$



Gambar 2.12

$K_{m,n}$ mempunyai m+n vertex dan mn garis. Jadi $K_{4,3}$ mempunyai 7 vertex dan 12 garis. Setiap $K_{1,n}$ disebut juga Star Graph. Jadi $K_{1,5}$ adalah contoh dari Star Graph.

DEFINISI 9 :

Connected Graph didefinisikan sebagai suatu graph yang tidak dapat disajikan sebagai union berhingga dari graph. Jika tidak demikian maka graphnya disebut disconnected graph.

DEFINISI 10 :

Komponen dari graph adalah connected subgraph yang memuat banyaknya maximal garis.

Isolated vertex adalah komponen.

Maka, jika graph tidak connected harus memuat banyaknya komponen. Satu atau beberapa dari komponen-komponennya mungkin masing-masing terdiri dari isolated vertex.

Dalam gambar 2.13 disajikan disconnected graph yang terdiri atas tiga komponen. Komponen adalah maximal connected subgraph. Setiap connected graph mempunyai satu komponen, dengan kata lain setiap disconnected graph dapat disajikan sebagai finite union dari connected graph. Jadi, disconnected graph paling sedikit mempunyai dua connected subgraph ; masing-masing subgraph ini disebut komponen dari disconnected graph.

Gambar 2.13

Gambar 2.14

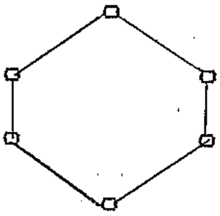
Pada gambar 2.14 adalah contoh connected graph.

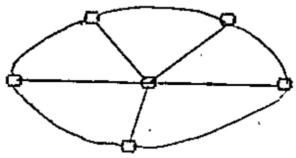
<u>DEFINISI 11</u> :

Suatu Connected graph yang regular dengan degree dua disebut circuit graph.

Circuit graph dengan n vertex, ditulis C_n.

Dalam gambar 2.15 circuit graph yang dimaksud adalah C_6. Jumlahan dari null graph N_1 dengan circuit graph C_{n-1} $(n \geqslant 3)$ disebut Wheel. Wheel dengan n vertex ditulis W_n. Wheel dalam gambar 2.15 adalah W_6 yaitu hasil jumlahan null graph N_1 dengan circuit graph C_5.





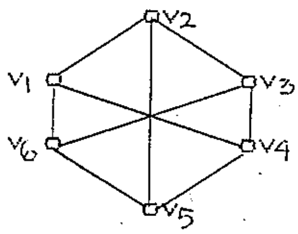
Gambar 2.15

<u>DEFINISI</u> <u>12</u>:

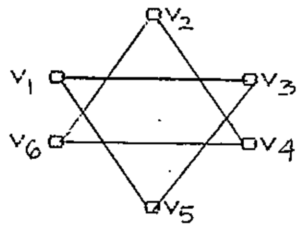
Misalkan G adalah Graph dengan himpunan vertex V(G), komplemen dari graph G, yaitu $\bar{G}$ mempunyai himpunan vertex $V(\bar{G}) = V(G)$, tetapi dua vertex bersisian di $\bar{G}$ bila dan hanya bila mereka tidak bersisian di G.

Sehingga : komplemen dari complete graph adalah null graph dan sebaliknya, sedangkan komplemen dari regular graph adalah regular graph.

Contoh dalam gambar 2.16.



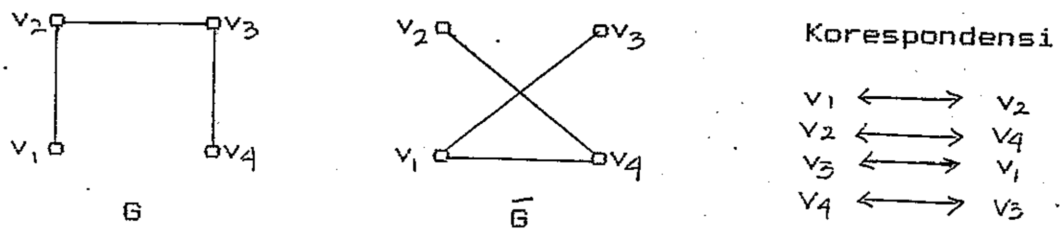
G



$\bar{G}$

Gambar 2.16

Apabila suatu graph itu isomorphis dengan komplemennya maka graph itu disebut Self-complementary. Contoh graph pada gambar 2.17.



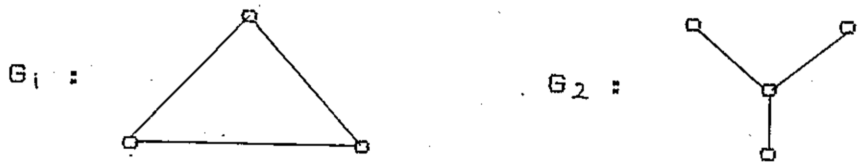
Gambar 2.17

DEFINISI 13 :

Line graph L(G) dari suatu graph adalah graph dimana vertex-vertexnya berkorespondensi 1-1 dengan garis-garis dari G.

Dua vertex dalam L(G) bersisian bila dan hanya bila garis-garis dalam G yang bersesuaian bersisian pula.

Contoh pada gambar 2.18 adalah Line graph dari dua graph yang isomorphis.



Gambar 2.18

2.3. OPERASI-OPERASI PADA GRAPH.

Misalkan G_1 adalah graph dengan himpunan vertex V_1 dan himpunann garis X_1 , G_2 adalah graph dengan V_2 sebagai himpunan vertexnya dan X_2 sebagai himpunan garisnya. V_1 dan V_2 saling asing, X_1 dan X_2 juga saling asing.

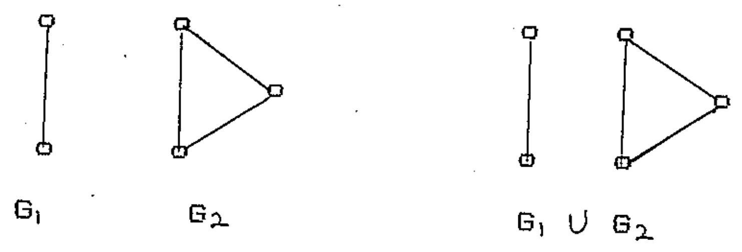
Maka operasi-operasi yang dapat dikerjakan pada graph-

graph di atas antara lain :

UNION :

G_1 union G_2, ditulis $G = G_1 \cup G_2$ dengan jumlahan dari himpunan vertex $V = V_1 \cup V_2$ dan $X = X_1 \cup X_2$.

Contoh pada gambar 2.19.

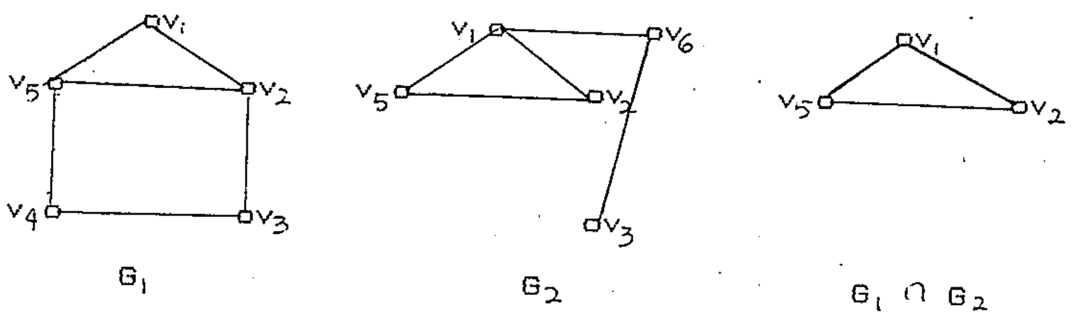


Gambar 2.19

IRISAN :

G_1 irisan G_2, ditulis $G = G_1 \cap G_2$ dimana $V = V_1 \cap V_2$ dan $X = X_1 \cap X_2$.

Contoh pada gambar 2.20.

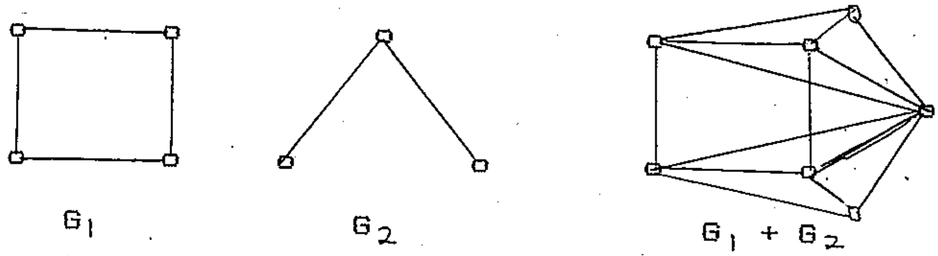


Gambar 2.20

JUMLAHAN :

$G = G_1 + G_2$ adalah graph yang terdiri dari $G_1 \cup G_2$ dengan setiap vertex di V_1 dihubungkan dengan setiap vertex di V_2.

Contoh pada gambar 2.21.

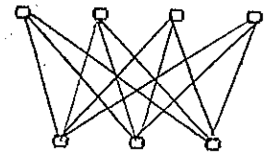


Gambar 2.21

Jadi complete bipartite graph $K_{m,n}$ merupakan jumlahan dari $\overline{K}_m$ dan $\overline{K}_n$.

Contoh pada gambar 2.22.

$\overline{K}_4$: o o o o $\quad$ $\overline{K}_3$: o o o



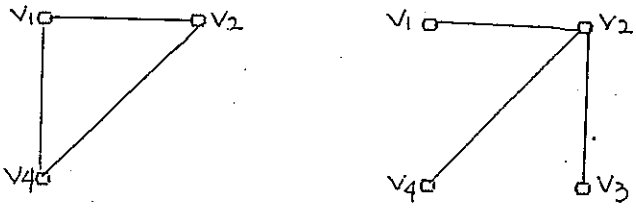
$\overline{K}_4 + \overline{K}_3 = K_{4,3}$

Gambar 2.22

PENGURANGAN :

$G = G_1 - G_2$ adalah subgraph yang terdiri dari semua garis di G_1 yang mana tidak dalam G_2.

Contoh : dalam gambar 2.23



Gambar 2.23

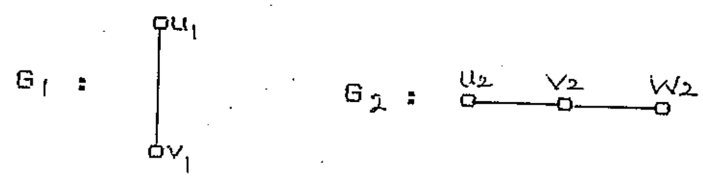
$$G_1 - G_2 = (v_1,v_2),(v_1,v_4),(v_2,v_4)-(v_1,v_2),(v_2,v_3),(v_2,v_4)$$
$$= (v_1,v_4)$$

$$G_2 - G_1 = (v_1,v_2),(v_2,v_3),(v_3,v_4)-(v_1,v_2),(v_1,v_4),(v_2,v_4)$$
$$= (v_2,v_3)$$

PRODUCT :

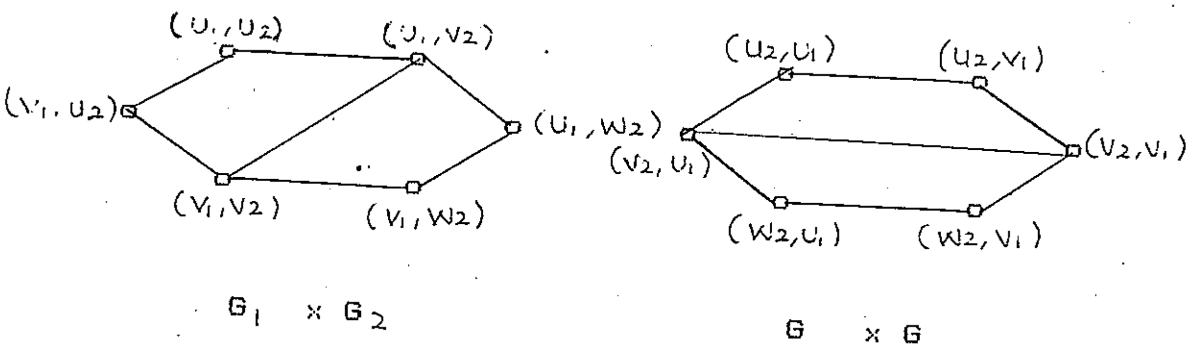
G_1 product G_2 ditulis $G_1 \times G_2$ adalah suatu graph dengan $V(G_1) \times V(G_2)$ sebagai himpunan vertexnya dengan sifat : dua vertex bersisian dalam $G_1 \times G_2$ bila dan hanya bila koordinat pertama sama dan koordinat ke dua bersisian atau koordinat pertama bersisian dan koordinat kedua sama.

Contoh pada gambar 2.24a dan gambar 2.24b.



Gambar 2.24a

$V(G_1 \times G_2) = \{(u_1,u_2),(u_1,v_2),(u_1,w_2),(v_1,u_2),(v_1,v_2),(v_1,w_2)\}$.



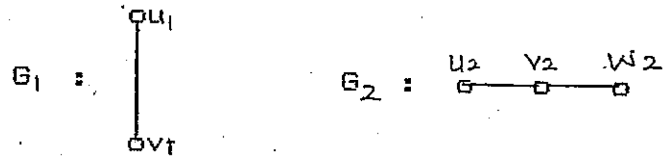
Gambar 2.24b

Ternyata $G_1 \times G_2$ isomorphis dengan $G_2 \times G_1$.

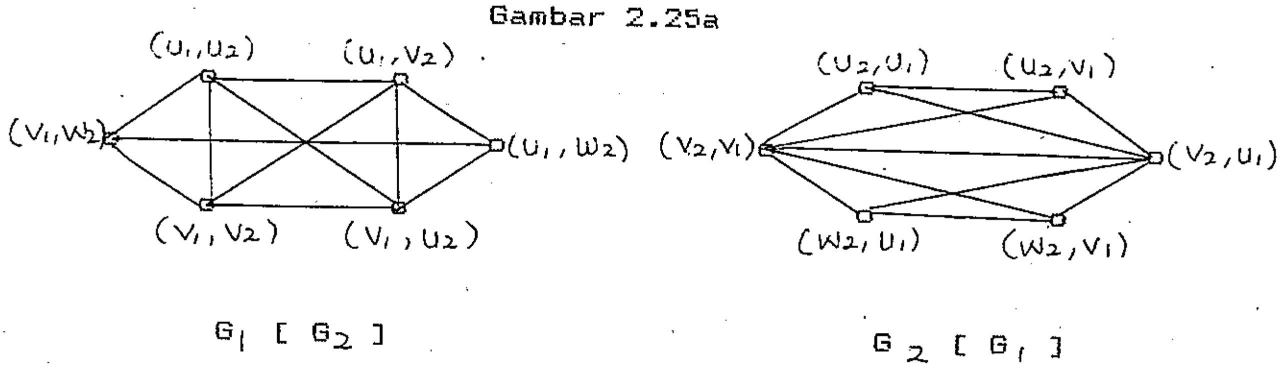
COMPOSITION :

G_1 composition G_2, ditulis $G = G_1[G_2]$ juga mempunyai $V = V_1 \times V_2$ sebagai himpunan vertexnya dan dua vertex dalam $G_1[G_2]$ bersisian bila dan hanya bila koordinat pertama bersisian atau koordinat pertama sama dan koordinat ke dua bersisian.

Contoh : Pada gambar 2.25a dan gambar 2.25b.



Gambar 2.25a



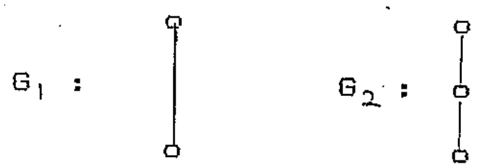
Gambar 2.25b

Dari ke dua gambar dalam gambar 2.25b dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua composition $G_1[G_2]$ dan $G_2[G_1]$ tidak isomorphis.

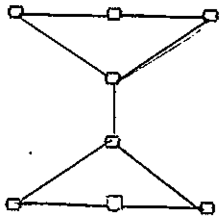
CORONA :

Corona G_1 dengan G_2, ditulis $G_1 \circ G_2$ didefinisikan sebagai suatu graph yang diperoleh dengan melukiskan copy dari G_1 yang mempunyai n_1 vertex dan n_1 copies dari G_2, sedangkan vertex ke i dari G_1 dihubungkan dengan setiap vertex dari copy ke i dari G_2.

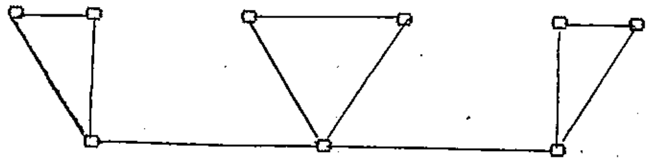
Contoh dalam gambar 2.26a dan gambar 2.26b.



Gambar 2.26a



$G_1 \circ G_2$



$G_2 \circ G_1$

Gambar 2.26b

Kedua corona $G_1 \circ G_2$ dan $G_2 \circ G_1$ tidak isomorphis.

Jika G_1 adalah graph dengan n_1 vertex dan m_1 garis, maka untuk setiap hasil operasi di atas dapat dihitung banyak vertex dan banyak garis seperti tabel dibawah ini :

Operasi		Banyak vertex	Banyak garis
Union	$G_1 \cup G_2$	$n_1 + n_2$	$m_1 + m_2$
Irisan	$G_1 \cap G_2$	*	*
Jumlahan	$G_1 + G_2$	$n_1 + n_2$	$m_1 + m_2 + n_1 n_2$
Pengurangan	$G_1 - G_2$	*	*
Product	$G_1 \times G_2$	$n_1 n_2$	$m_1 n_2 + m_2 n_1$
Composition	$G_1 [G_2]$	$n_1 n_2$	$n_1 m_2 + n_2 n_2 m_1$
Corona	$G_1 \circ G_2$	$n_1 (1 + n_2)$	$m_1 + n_1 m_2 + n_1 n_2$

CATATAN :

* Untuk irisan dan pengurangan, banyak vertex dan banyak garis tergantung graphnya.

COMPLETE K-PARTITE :

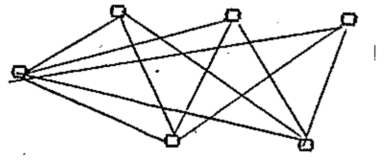
Complete k-partite graph $K(n_1, n_2, \ldots, n_k)$ didefinisikan sebagai $\overline{K}_{n_1} + \overline{K}_{n_2} + \ldots + \overline{K}_{n_k}$, dengan $\sum_i n_i$ vertex dan $\sum_{i<j} n_i n_j$ garis.

Contoh pada gambar 2.27.

$\overline{K}_3$: o o o

$\overline{K}_2$: o o

$\overline{K}_1$: o



$K_{3,2,1} = \overline{K}_3 + \overline{K}_2 + \overline{K}_1$

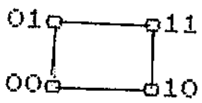
Gambar 2.27

$n_1 = 3, n_2 = 2, n_3 = 1$, sehingga jumlah vertex dalam $K_{3,2,1}$ adalah 6, sedangkan jumlah garisnya = $n_1 n_2 + n_1 n_3 + n_2 n_3 = 11$.

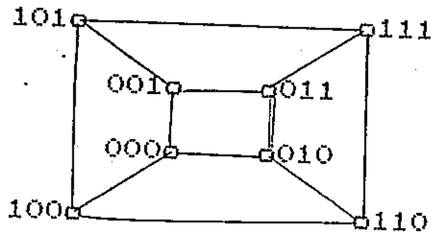
N-CUBE :

n-Cube Q_n didefinisikan sebagai : $Q_n = K_2 \times Q_{n-1}$, dimana $Q_1 = K_2$. Jadi Q_n mempunyai 2^n vertex, yaitu $a_1, a_2, \ldots, a_n$, dimana setiap a_i bisa sama dengan 0 atau 1. Dua vertex dalam Q_n bersisian bila dan hanya bila mempunyai tepat satu koordinat yang tidak sama.

Contoh pada gambar 2.28.



2-cube



3-cube

Gambar 2.28

3-cube (Q_3) di atas merupakan product dari K_2 dengan Q_2 sehingga himpunan vertex dari Q_3 yaitu V = {000,010,011,001,100,110,111,101}.

IDENTIFIKASI :

Jika G dan H adalah graph-graph dengan sifat bahwa identifikasi dari sembarang vertex dari G dan dengan vertex sembarang dari H menghasilkan graph khusus (hingga isomorphis), maka dinotasikan $G \cdot H$ untuk graph ini.

Contoh : Lihat gambar 2.29, $G_2 = K_2 \cdot K_2$

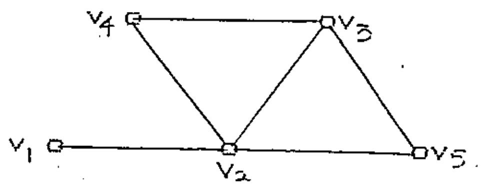
Gambar 2.29

2.4.DEFINISI-DEFINISI LAIN YANG PENTING. :

<u>DEFINISI 14</u> :

Suatu Walk di dalam G dimaksud suatu deretan terdiri dari vertex-vertex dan garis-garis berganti-ganti, dimana setiap garis incident dengan dua vertex yang terdekat yang terletak di kanan kirinya pada deretan itu, dengan deretan dimulai dan diakhiri dengan vertex.

Lihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.30

CATATAN :

Graph dengan vertex-vertex diberi nama disebut suatu Labeled Graph.

Contoh yang dimaksud walk yaitu deretan : $v_1\ (v_1, v_2)\ v_2 (v_2, v_5)\ v_5 (v_2, v_5)\ v_2 (v_2, v_4)\ v_4$. Deretan di atas dapat disingkat menyajikannya dengan $v_1 v_2 v_5\ v_2\ v_4$.

Perhatikan bahwa vertex-vertex maupun garis-garis dapat timbul beberapa kali dalam deretan tersebut.

Apabila vertex mula dan vertex akhir sama dalam deretan itu maka deretan disebut tertutup. Jika tidak demikian maka deretan disebut terbuka.

<u>DEFINISI 15</u> :

Apabila semua garis-garis pada suatu walk itu berlainan maka walk itu disebut trail. Pada suatu trail vertex boleh dilalui lebih dari satu kali.

Contoh : lihat pada gambar 2.30, yang dimaksud trail yaitu deretan : $v_1 v_2 v_5 v_3 v_2 v_4$.

<u>DEFINISI 16</u> :

Apabila pada suatu walk semua vertex (kecuali mungkin vertex mula dan vertex akhir, jika walk itu tertutup) adalah berlainan maka walk tersebut dinamakan suatu path.

Perhatikan bahwa suatu path pasti suatu trail tetapi tidak sebaliknya. Umpamanya : lihat pada gambar 2.30 deretan $v_1 v_2 v_5 v_3 v_2 v_4$ adalah trail yang bukan path.

CATATAN :

Untuk definisi 9 tentang connected graph dapat juga dikatakan dengan definisi sebagai berikut :

<u>DEFINISI 17</u> :

Suatu graph disebut connected, jika untuk setiap dua vertex pada graph tersebut dihubungkan dengan suatu path. Dalam hal lain disebut disconnected graph.

DEFINISI 18 :

Jarak $d(u,v)$ diantara dua vertex u dan v dalam graph G adalah panjangnya path yang terpendek dari u ke v. Apabila dari v tidak dihubungkan dengan suatu path maka ditulis $d(u,v) = \infty$.

Dalam suatu connected graph, distance adalah metric, yaitu untuk semua u,v dan w berlaku :

1. $d(u,v) \geqslant 0$ dan $d(u,v) = 0$ bhb $v = 0$.
2. $d(u,v) = d(v,u)$.
3. $d(u,v) + d(v,w) \geqslant d(u,w)$.

DEFINISI 19 :

Apabila suatu path tertutup maka disebut cicle dan jika ciicle mempunyai tiga vertex maka disebut triangle (segitiga).

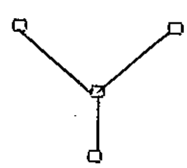
DEFINISI 20 :

Tree adalah suatu graph terhubung yang tidak mengandung cicle.

Beberapa sifat tree :

1. Setiap vertex dihubungkan dengan path tunggal.
2. $p = q + 1$ dimana p adalah banyaknya vertex dan q adalah banyaknya garis.

Contoh pada gaambar 2.31.

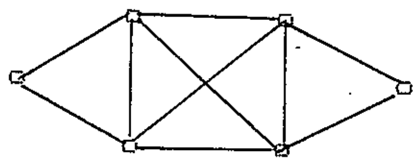


Gambar 2.31

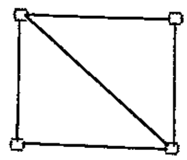
DEFINISI 21 :

Eulerian graph adalah suatu graph terhubung jika ada walk tertutup yang melalui semua vertex pada setiap garis yang berbeda.

Contoh pada gambar 2.32.



Gambar 2.32



Gambar 2.33

DEFINISII 22 :

Graph terhubung disebut graph hamilton kalau ada cicle yang memuat semua vertex dari G.

Contoh pada gambar 2.33

DEFINISI 23 :

Graph dengan satu vertex disebut graph trivial. Graph non trivial paling sedikit mempunyai dua vertex.

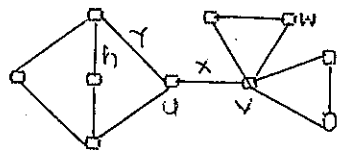
DEFINISI 24 a :

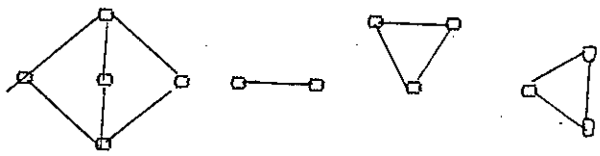
Endvertex atau Endpoint atau Final Vertex aadalah vertex dengan degree satu.

DEFINISI 24 b :

Apabila dengan mengeluarkan satu vertex dari G, banyaknya komponen dari G bertambah, maka vertex itu disebut Cutvertex atau Cutpoint.

Analog didefinisikan suatu bridge (isthmus). Sehingga v merupakan cutvertex dari graph G bila hanya bila G-v adalah disconnected. Adanya suatu bridge dalam suatu graph belum tentu mengakibatkan adanya cutvertex. (Ambil $G = K_2$). Akan tetapi, jika G connected sekurang-kurangnya mempunyai 3 vertex, maka adanya bridge pasti mengakibatkan adanya cutvertex. Apabila suatu non trivial graph itu connected dan tidak mempunyai cutvertex, maka disebut non separabel graph. Suatu block dari suatu graph ialah suatu maximal non separable subgraph. Apabila G sendiri non separable maka G disebut block.





Block-block dari graph G.

Gambar 2.34

Dalam gambar 2.34 di atas vertex-vertex u dan v merupakan cutvertex, sedangkan w tidak. Garis x = uv merupakan suatu bridge sedangkan y tidak.

Perhatikan bahwa setiap garis dari G tepat berada dalam satu block. Sebab jika garis x umpamanya dalam block B_1 dan dalam block B_2 maka ini berarti bahwa B_1 dan B_2 bukan maximal non separable subgraph. Sehingga bukan merupakan block. Hal diatas juga berlaku untuk vertex yang bukan isolated point atau cutvertex.

Selanjutnya apabila v suatu cutvertex yang terletak pada dua block B_1 dan B_2 atau terletak pada suatu path yang menghubungkan B_1 dengan B_2, maka setiap path dari $u_1 \neq v$ dari B_1 dan $u_2 \neq v$ pasti melalui v. Sebab apabila tidak demikian maka pengeluaran v tidak memisahkan B_1 dan B_2 dan v bukan cutvertex.

Garis-garis dari setiap cycle dari G seluruhnya terletak dalam suatu block. Sebab jika tidak demikian maka ada suatu garis yang terletak dalam dua block berlainan yang tidak kita lihat diatas. Dengan demikian, block-block dari suatu graph itu mengadakan partisi dari garis-garisnya dan cycle-cyclenya, dipandang sebagai himpunan garis-garis.

DEFINISI 25 :

Persekitaran dari vertex u adalah himpunan N(u) terdiri dari semua vertex-vertex v yang mana bersisian dengan u. Persekitaran tertutup adalah $N[u] = N(u) \cup \{u\}$.