

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam manajemen proyek konstruksi ada beberapa metode penjadwalan yang digunakan seperti *Gantt Chart*, *Precedence Diagram Method* (PDM), *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), *Linear Scheduling Method*, *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT), dll. Dipandang dari durasi aktivitasnya, masing-masing metode mempunyai asumsi yang berbeda. *Gantt Chart*, PDM, dan CPM mengasumsikan durasi aktivitas bersifat pasti sementara PERT dan GERT tidak pasti.

Metode PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek. Teknik ini memungkinkan dihasilkannya suatu pekerjaan yang terkendali dan teratur, karena jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan telah ditentukan terlebih dahulu sebelum dilaksanakan. Tujuan dari PERT adalah pencapaian suatu taraf tertentu dimana waktu merupakan dasar penting dari PERT dalam penyelesaian kegiatan-kegiatan bagi suatu proyek.

Kemudian dikembangkanlah Metode GERT. Metode *GERT* merupakan salah satu metode yang mengkombinasikan beberapa disiplin dari teori *flowgraph*, *moment generating function*, dan PERT untuk mendapatkan penyelesaian jaringan kerja stokastik. Jaringan stokastik mempunyai node-node logika, hubungan aktivitas yang probabilistik dan parameter-parameter stokastik tambahan pada *transmittances*.

Metode ini dikembangkan oleh Allan Pritsker. Didasarkan pada metode *GERT*, maka dikembangkan suatu bahasa pemrograman yang dikenal dengan *Q-GERT* (*Quick GERT*). Bahasa pemrograman *Q-GERT* dipergunakan untuk mensimulasikan jaringan kerja stokastik, sehingga akan mempercepat proses perhitungan kinerjanya.

Pada metode GERT menggunakan probabilitas-probabilitas dan fungsi pembangkit momen (MGF) dan graf alir sedangkan pada metode PERT menggunakan waktu optimistik, waktu normal, dan waktu pesimistik.

### 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana membentuk dan menganalisis persamaan model pada metode *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT)?
2. Bagaimana menerapkan *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT) untuk menghitung waktu penyelesaian dalam penjadwalan proyek dan membandingkannya dengan metode Program Evaluation Review Technique (PERT)?

### 1.3 Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini difokuskan pada pembahasan dengan beberapa batasan masalah yaitu :

1. Lingkup penelitian dibatasi dari pembongkaran PLTG Gilitimur sampai pindahnya ke daerah teluk lembu dimana proyek ini dikerjakan oleh PT Pembangkit Jawa Bali *Services*.
2. Probabilitas, durasi, dan tipe distribusi setiap kegiatan diasumsikan

### 1.4 Tujuan

1. Membangun dan menganalisis persamaan model pada metode *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT)
2. Untuk menerapkan metode *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT) dalam menghitung waktu penyelesaian dalam penjadwalan proyek dan membandingkan dengan metode PERT

### 1.5 Manfaat

1. Memperdalam pengetahuan mengenai metode GERT yang dipergunakan untuk menganalisis suatu jaringan kerja stokastik dengan berbagai macam distribusi.
2. Menentukan waktu penyelesaian proyek pada kasus proyek yang belum pernah dikerjakan sama sekali.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penjadwalan Proyek

#### 2.1.1 Pengertian Proyek

Sebuah proyek (*project*) dapat didefinisikan sebagai salah satu kombinasi kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan yang harus dilakukan di dalam urutan tertentu sebelum keseluruhan tugas dapat diselesaikan. Kegiatan-kegiatan ini saling berkaitan dalam satu urutan yang logis, dalam arti bahwa beberapa kegiatan tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan lainnya diselesaikan (Taha, 1997).

#### 2.1.2 Sifat-sifat Proyek

Dalam pengertian jaringan kerja proyek, suatu proyek memiliki sifat-sifat berikut :

1. Hanya berlangsung sekali
2. Proyek dapat diuraikan atas sub-sub proyek demikian pula dengan sub-sub proyek dapat diuraikan atas aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan proyek
3. Memiliki saat mulai dan selesai tertentu
4. Masing-masing aktivitas memiliki waktu pengerjaan tertentu atau paling tidak dapat ditentukan berdasarkan alasan yang kuat.
5. Dalam suatu saat dikatakan lebih dari satu aktivitas.

(Simarmata, 1982)

#### 2.1.3 Proses Penggambaran Jaringan Kerja Proyek

Pada proses penggambaran suatu jaringan kerja proyek dibutuhkan beberapa langkah agar hasil penggambaran sesuai dengan yang diharapkan. Langkah-langkah proses penggambaran suatu proyek tersebut adalah sebagai berikut :

1. Penentuan ruang lingkup proyek

Pada tahap ini ditentukan batasan dari proyek, aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam ruang lingkup wewenang pengelolaan proyek, hubungan-hubungan luar yang dapat dipengaruhi tetapi bersifat menentukan terhadap operasi proyek.

2. Project breakdown (laporan proyek)

Pada tahap ini bagian sistem dari proyek perlu diuraikan dalam satuan-satuan sub sistem, yang wujudnya berupa aktivitas-aktivitas yang dibutuhkan untuk mewujudkan proyek yang bersangkutan. Seberapa jauh tingkat detail dari uraian proyek itu memiliki hubungan erat dengan tahap berikutnya, yaitu penentuan waktu-waktu pelaksanaan dari masing-masing aktivitas dalam proyek.

3. Penentuan waktu pelaksanaan aktivitas-aktivitas dalam proyek

Pada tahap ini merupakan uraian proyek dari tahap ke-2 yaitu project breakdown (laporan proyek) yang berupa daftar aktivitas proyek. Setiap aktivitas proyek ditentukan waktu-waktu pelaksanaannya, berdasarkan pengalaman orang-orang ahli atau dengan menganalisa.

4. Analisa waktu dari kejadian-kejadian dalam proyek

Pada tahap ini dilakukan perhitungan-perhitungan waktu dari kejadian-kejadian dalam proyek, salah satu hasil penting dari tahap ini adalah penentuan lintasan kritis yang merupakan waktu pelaksanaan proyek.

5. Optimasi

Pada tahap ini dilakukan suatu analisa biaya dan pelaksanaan proyek. Disini diadakan evaluasi dari alternatif yang tersedia, lalu memilih alternatif dengan biaya pelaksanaan yang terkecil.

## 2.2 Graphical Evaluation Review Technique (GERT)

### 2.2.1 Definisi GERT

Metode *GERT* merupakan salah satu metode yang mengkombinasikan beberapa disiplin dari teori *flowgraph*, *moment generating function*, dan *PERT* untuk mendapatkan penyelesaian jaringan kerja stokastik. Jaringan stokastik mempunyai node-node

logika, hubungan aktivitas yang probabilistik dan parameter-parameter stokastik tambahan pada *transmittances*. (Mustakim, 2009)

Metode ini dikembangkan oleh Allan Pritsker. Didasarkan pada metode *GERT*, maka dikembangkan suatu bahasa pemrograman yang dikenal dengan *Q-GERT (Quick GERT)*. Bahasa pemrograman *Q-GERT* dipergunakan untuk mensimulasikan jaringan kerja stokastik, sehingga akan mempercepat proses perhitungan kinerjanya. (Phillis dan Garzia, 1981).

### 2.2.2 Node Node Logika

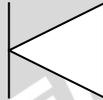
Node-node logika adalah salah satu node dalam suatu jaringan stokastik yang terdiri dari:

- Bagaimana input (penerimaan, kontributif).
- Bagian output (pengeluaran, distributif).

Pada bagian input ada tiga hubungan logika yaitu:

1. *Exclusive-or*

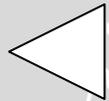
Simbol:



Relasi suatu cabang yang mana saja yang menuju suatu node dan mengakibatkan node tersebut terealisasi, bagaimanapun juga satu dan hanya satu dari cabang menuju node ini yang dapat direalisasikan pada saat tertentu.

2. *Inclusive-or*

Simbol:



Relasi suatu cabang yang mana saja yang menuju suatu node dan mengakibatkan node tersebut terealisasi. Waktu realisasinya adalah pada saat penyelesaian yang paling kecil dan aktivitas menuju ke node *inclusive-or* tersebut.

3. *And*

Simbol:

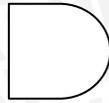


Node ini akan terealisasi hanya jika semua cabang menuju node tersebut terealisasi. Waktu realisasinya adalah pada saat penyelesaian tersebar dari aktivitas yang menuju ke node *and* tersebut.

Pada bagian output terdiri dari dua hubungan yaitu:

1. Deterministik

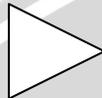
Simbol:



Semua cabang yang keluar dari node ini di laksanakan jika node ini terealisasi yaitu semua cabang yang keluar dari node ini mempunyai parameter P sama dengan satu.

2. Probabilistic

Simbol:



Suatu cabang yang keluar dari node ini dilaksanakan jika node ini terealisasi

Kombinasi dari symbol input output menghasilkan enam tipe yaitu seperti tertera pada Tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1 Kombinasi dari Node-Node Logika GERT**

<i>Output/Input</i>	<i>Exclusive-or</i>	<i>Inclusive-or</i>	<i>And</i>
Deterministik			
Probabilistik			

### 2.2.3 Moment Generating Function (MGF)

*Moment generating function* bila diterjemahkan yaitu fungsi pembangkit moment  $M(s)$  yang berguna untuk mencari fungsi dari



distribusi peubah acak. Distribusi-distribusi yang cocok untuk program GERT dan *moment generating function* dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.2. Distribusi yang cocok untuk program GERT**

Type Distribusi	$M_E(s)$	Mean
<b>Binomial (B)</b>	$(pe^t + 1 - p)^n$	$Np$
<b>Exponential (E)</b>	$(1 - t/a)^{-1}$	$1/a$
<b>Gamma (GA)</b>	$(1 - t/a)^{-b}$	$b/a$
<b>Geometric (GE)</b>	$\frac{pe^t}{1 - e^t + pe^t}$	$1/p$
<b>Negative Binomial (NB)</b>	$\left(\frac{p}{1 - e^t + pe^t}\right)^r$	$\frac{r(1-p)}{p}$
<b>Normal (NO)</b>	$e^{\left(m + \frac{1}{2}r^2\sigma^2\right)t}$	$M$
<b>Poisson (P)</b>	$e^{\lambda(e^t - 1)}$	$\lambda$
<b>Uniform (U)</b>	$\frac{e^{ta} - e^{tb}}{(a-b)t}$	$\frac{a+b}{2}$

#### 2.2.4 Dasar Metode GERT

Variabel random  $y_{ij}$  adalah durasi dari busur yang berpangkal pada  $i$  dan berakhir di  $j$  ( $i,j$ ). Dari defenisi yang ada busur ( $i,j$ ) dapat direalisasikan hanya jika simpul  $i$  dapat direalisasikan. Untuk itu perlu diketahui probabilitas dari  $y_{ij}$  (dalam kasus *discrete*) dan berapa densitasnya (dalam kasus *continue*) dimana  $y_{ij}$  diberikan sehingga simpul  $i$  dapat direalisasikan. Pada tahap berikutnya akan dapat dicari realisasi dari jaringan kerja yang ada secara keseluruhan. Untuk setiap busur yang ada perlu dicari momen distribusi dari waktu yang realistis pada jaringan kerja, yang dapat diestimasi dari mean dan varian waktu

durasi busur tersebut.  $f_{ij}$  dimisalkan sebagai probabilitas dari kondisi yang ada atau densitas durasi dari busur (i,j). Momen fungsi turunan yang didasarkan pada kondisi yang ada dari variabel random  $y_{ij}$  dapat didefinisikan sebagai:

$$M_{ij}(s) = E[e^{(s \cdot Y_{ij})}], \text{ yaitu :}$$

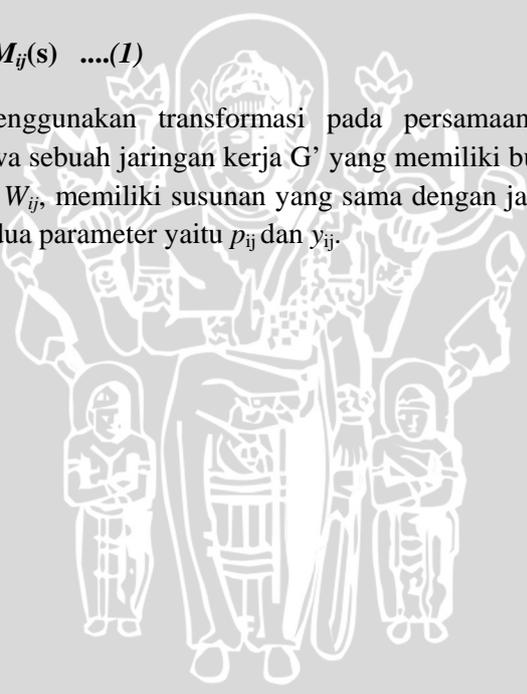
$$M_{ij}(s) = \begin{cases} \int e^{(s \cdot Y_{ij})} f(y_{ij}) dy_{ij} & \text{(variabel random } \textit{continue}) \\ \sum e^{(s \cdot Y_{ij})} f(y_{ij}) & \text{(variabel random } \textit{discrete}) \end{cases}$$

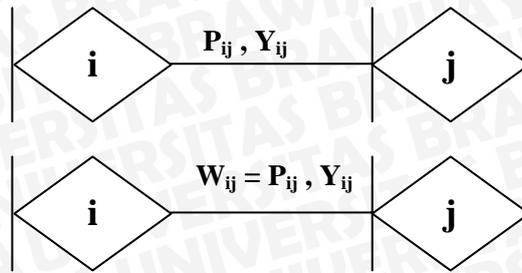
Pada beberapa kasus khusus  $y_{ij} = a = \text{konstanta}$ . Untuk kasus yang akan dibahas,  $M_{ij}(s) = E[e^{(sa)}] = e^{(sa)}$ , dan jika  $a = 0$ , maka  $M_{ij}(s) = 1$ .

$p_{ij}$  adalah probabilitas dimana aktivitas (i,j) akan dijalankan jika simpul  $i$  dapat direalisasikan. Definisikan fungsi  $W$  dari variabel random  $y_{ij}$  sebagai:

$$W_{ij}(s) = p_{ij} M_{ij}(s) \quad \dots(1)$$

Dengan menggunakan transformasi pada persamaan (1) dapat didefinisikan bahwa sebuah jaringan kerja  $G'$  yang memiliki busur tunggal dengan parameter  $W_{ij}$ , memiliki susunan yang sama dengan jaringan kerja  $G$  yang memiliki dua parameter yaitu  $p_{ij}$  dan  $y_{ij}$ .

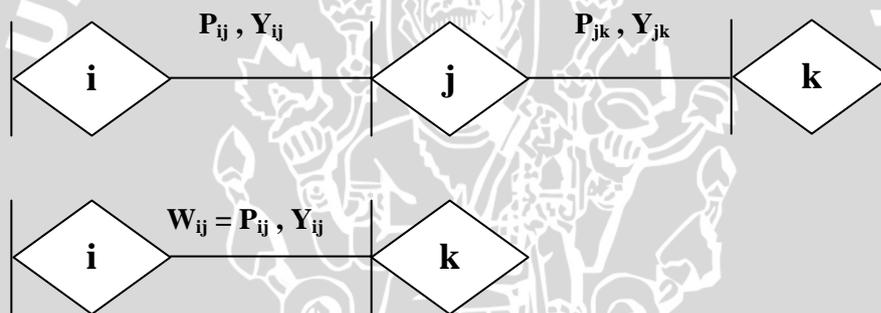




Gambar 2.1

Jaringan kerja  $G'$  pada gambar di atas memiliki beberapa karakteristik perhitungan yang unik dibawah asumsi bahwa durasi aktivitas dari jaringan kerja  $G$  adalah berupa variabel acak yang independen. Untuk menunjukkan sifat-sifat ini, dipertimbangkan tiga keadaan khusus, yaitu:

- a. Jaringan kerja  $G'$  mengandung dua busur yang memiliki hubungan seri.  
 Jaringan kerja berikut ini mengandung dua busur seri. Kedua busur ini dapat di gantikan oleh satu busur yang ekuivalen. (lihat Gambar 2)



Gambar 2.2

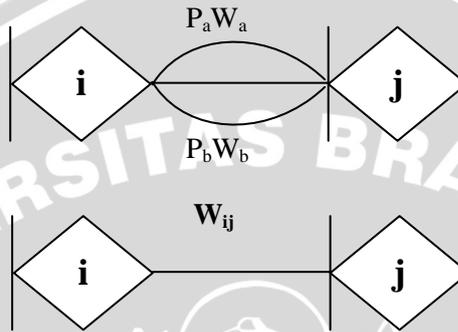
Dengan  $W_{ij}(s) = p_{ij}M_{ij}(s)$  dan  $W_{jk}(s) = p_{jk}M_{jk}(s)$  maka

$W_{ik}(s) = p_{ik}M_{ik}(s)$ . Selanjutnya, apabila  $p_{ik} = p_{ij}p_{jk}$  dan

$M_{ik} = [M_{ij}(s)] \cdot [M_{jk}(s)]$ , sehingga

$$W_{ik}(s) = [P_{ij}M_{ij}(s)] \cdot [p_{jk}M_{jk}(s)] = W_{ij}(s)W_{jk}(s) \dots \dots \dots (2)$$

- b. Jaringan kerja G' mengandung dua busur yang memiliki hubungan paralel. Jaringan kerja berikut ini mengandung dua busur paralel. Kedua busur ini dapat di gantikan oleh satu busur yang ekuivalen. (lihat Gambar 2.3)



Gambar 2.3

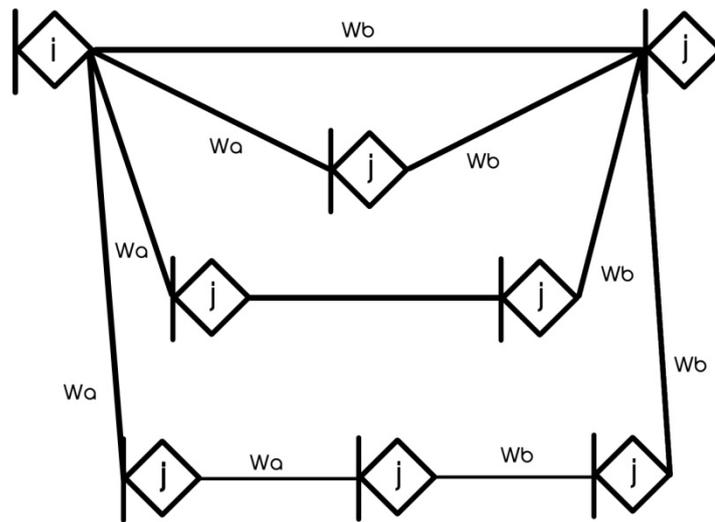
Dengan  $W_{ij} = p_{ij}M_{ij}(s)$  dan  $p_{ij} = P_a + P_b$ , sehingga

$M_{ij}(s) = [P_a M_a(s) + P_b M_b(s)] / [P_a + P_b]$ . Dengan kata lain :

$$W_{ij}(s) = [P_a + P_b] [P_a M_a(s) + P_b M_b(s)] / [P_a + P_b] = W_a(s) + W_b(s) \dots \dots \dots (3)$$

- c. Jaringan kerja G' mengandung satu busur, dan satu *self-loop*. Jaringan kerja berikut ini mengandung satu busur dan satu *self-loop* paralel. Kedua busur ini dapat di gantikan oleh satu busur yang ekuivalen. (lihat Gambar 2.4)





Gambar 2.4

Diandaikan (i,j) adalah percabangan ekivalen untuk jaringan kerja paralel-seri yang ada pada gambar diatas. Dengan menggunakan persamaan (2) dan (3), maka persamaan untuk jaringan kerja gabungan ini menjadi:

$$W_{ij} = W_b + W_a W_b + W_a^2 W_b + \dots = W_b (1 + \sum W_a^n)$$

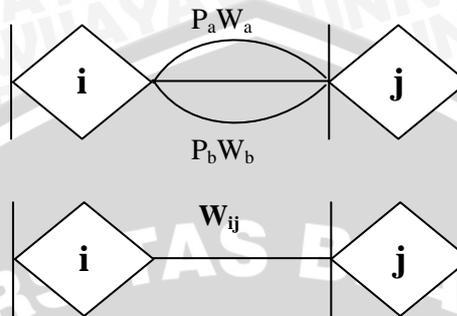
Persamaan akhir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$W_{ij}(s) = W_b(s) [I - W_a(s)]^{-1} = W_b(s) / [I - W_a(s)] \dots \dots \dots (4)$$



### 2.3 Peraturan Mason untuk Jaringan Tertutup

Untuk menerapkan metode *GERT* pada jaringan kerja yang terbuka, maka perlu ditambahkan busur dengan fungsi  $W_A(s)$  untuk menghubungkan simpul akhir  $t$  dengan simpul sumber  $s$ . Tujuan penggunaan  $W_A(s)$  adalah untuk memperoleh sebuah persamaan untuk fungsi  $W$  yang ekuivalen dari jaringan kerja aslinya. dengan jaringan kerja yang asli adalah yang terdapat dalam kotak dengan fungsi  $W$  yaitu  $W_E(s)$ .



Gambar 2.5

Perpindahan yang ekuivalen untuk *loop* yang memiliki  $n$  peringkat adalah sama dengan hasil dari perpindahan sejumlah  $n$  *loops* peringkat pertama yang terputus-putus, sehingga :

$$T(L_n) = \prod_{k=1}^n T_k \dots (5)$$

Persamaan untuk jaringan tertutup, yang juga dikenal dengan peraturan *Mason* adalah sebagai berikut :

$$H = 1 - \sum T(L_1) + \sum T(L_2) - \sum T(L_3) + \dots + (-1)^m \sum T(L_m) + \dots = 0 \dots (6)$$

dengan  $\sum T(L_i)$  mewakili jumlah proses perpindahan yang ekuivalen untuk semua *loop* peringkat  $i$  yang mungkin terbentuk.

Jaringan kerja tertutup yang terdapat pada gambar diatas memiliki satu *loop* peringkat pertama, dengan proses perpindahan ekuivalen yang sama dengan  $W_A(s)W_E(s)$ . Dengan menggunakan peraturan *Mason* akan diperoleh :

dengan  $\sum T(L_i)$  mewakili jumlah proses perpindahan yang ekuivalen untuk semua *loop* peringkat *i* yang mungkin terbentuk.

Jaringan kerja tertutup yang terdapat pada gambar diatas memiliki satu *loop* peringkat pertama, dengan proses perpindahan ekuivalen yang sama dengan  $W_A(s)W_E(s)$ . Dengan menggunakan peraturan *Mason* akan diperoleh :

$$1 - W_A(s)W_E(s) = 0 \text{ atau } W_A(s) = 1 / W_E(s) \dots\dots (7)$$

#### 2.4 Perhitungan Mean dan Varian

Dengan menggunakan persamaan (6), maka akan diperoleh sebuah persamaan untuk fungsi *W* dari jaringan kerja yang ekuivalen,  $W_E(s)$ . Ketika  $s = 0$ ,  $M_E(s) = 1$ , maka  $W_E(s) = p_E M_E(s)$  akan diperoleh persamaan  $p_E = W_E(0)$ , dimana:

$$M_E(s) = W_E(s) / P_E = W_E(s) / W_E(0) \dots\dots (8)$$

Pada bagian ini diperoleh persamaan untuk  $W_E(s)$  dalam batas-batas untuk semua atau beberapa fungsi *W* dari percabangan yang terdapat pada jaringan kerja yang belum dimodifikasi. Untuk memperoleh nilai  $W_E(0)$  maka nilai *s* diubah menjadi 0 ( $s=0$ ) pada persamaan  $W_E(s)$  yang terdapat pada persamaan (9).

Dengan mencari turunan ke *j* dari  $M_E(s)$  yang diturunkan terhadap *s*, dan dengan mengubah  $s = 0$ , maka momen ke *j* dari  $\mu_j E$  dapat dicari. Persamaannya adalah :

$$\mu_j E = (\partial^j / \partial s^j) [M_E(s)] |_{s=0} \dots (9)$$

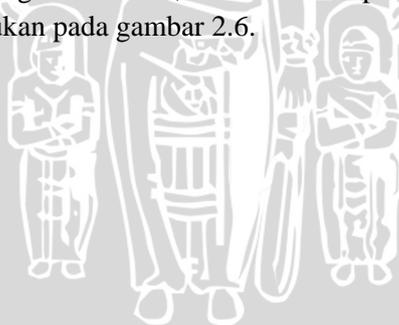
Momen pertama dari  $\mu_1 E$ , memberikan nilai *mean* dari waktu jaringan kerja yang terrealisasi, sedangkan harian dari waktu jaringan kerja yang terealisasi diperoleh dengan menghitung  $\mu_2 E$ , kemudian  $\mu_2 E$  dikurangkan dengan kuadrat dari  $\mu_1 E$ , persamaannya yaitu :

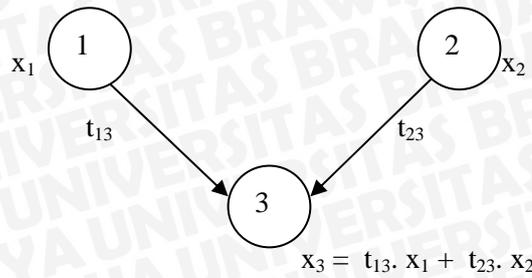
$$\sigma^2 = \mu_2 E - (\mu_1 E)^2 \dots (10)$$

### 2.5 Graf Alir (*Flowgraphs*)

Sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan elemen aktif dan interaktif yang melakukan fungsi. Dalam materi kali ini akan mempertimbangkan sistem yang unsur-unsurnya dan hubungan antar elemen dapat diwakili oleh satu set persamaan linier. Salah satu representasi diagram paling populer dari sistem tersebut adalah *flowgraphs*. Dalam sebuah *flowgraph*, unsur-unsur dari sistem yang diwakili oleh simpul dan hubungan atau fungsi transfer dengan busur.

Elemen dasar *flowgraph* adalah diarahkan dari simpul  $i$  ke simpul  $j$  dengan parameter  $T_{ij}$ . Arah cabang menunjukkan hubungan input / output antara dua variabel diwakili oleh simpul cabang. Simpul  $i$  sesuai dengan  $x_1$  variabel independen dan simpul  $j$  sesuai dengan  $x_1$  variabel independen. Parameter  $T_{ij}$  menunjukkan faktor untuk mengubah nilai  $x_1$  sebelum dianggap sebagai bagian dari nilai  $x_1$ . Properti dasar *flowgraphs* menetapkan bahwa nilai dari sebuah simpul adalah sama dengan jumlah nilai dari insiden simpul ke simpul yang sedang dipertimbangkan. Sebagai ilustrasi, mari kita perhatikan grafik *flowgraph* yang ditunjukkan pada gambar 2.6.





Gambar 2.6

Sifat-sifat dasar *flowgraphs* dapat digunakan untuk metode pengembangan yang memungkinkan manipulasi langsung dari elemen grafik untuk mengubahnya menjadi sebuah grafik setara dengan struktur sederhana, dan karenanya lebih mudah untuk memecahkan dari grafik asli. Persamaan topologi dikembangkan oleh mason adalah kontribusi terbaik di daerah ini. Dapat digunakan untuk memecahkan *flowgraph* struktur kompleks. Sebelum membahas persamaan mason, diperlukan beberapa definisi.

Definisi :

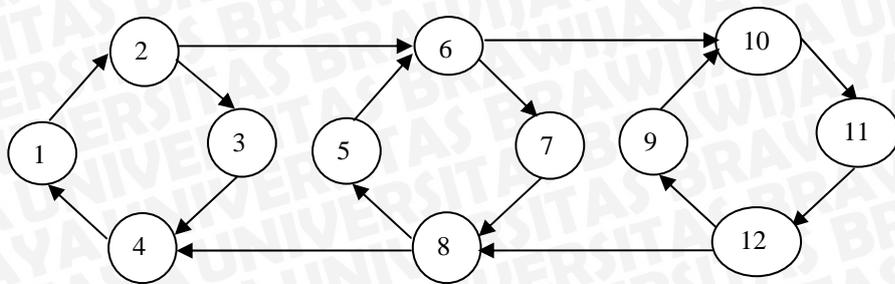
*Loop* : Urutan cabang terhubung diarahkan dengan setiap simpul yang umum untuk tepat dua cabang. Lingkaran yang biasa digunakan sebagai simpul urutan pertama untuk menunjukkan bahwa tidak mengandung loop lain, dan bahwa setiap simpul dapat dicapai dari setiap simpul lain. *Self-loop* dapat dilihat sebagai urutan pertama *loop*.

*urutan dari loop n* : Satu set dari n menguraikan urutan pertama loop.

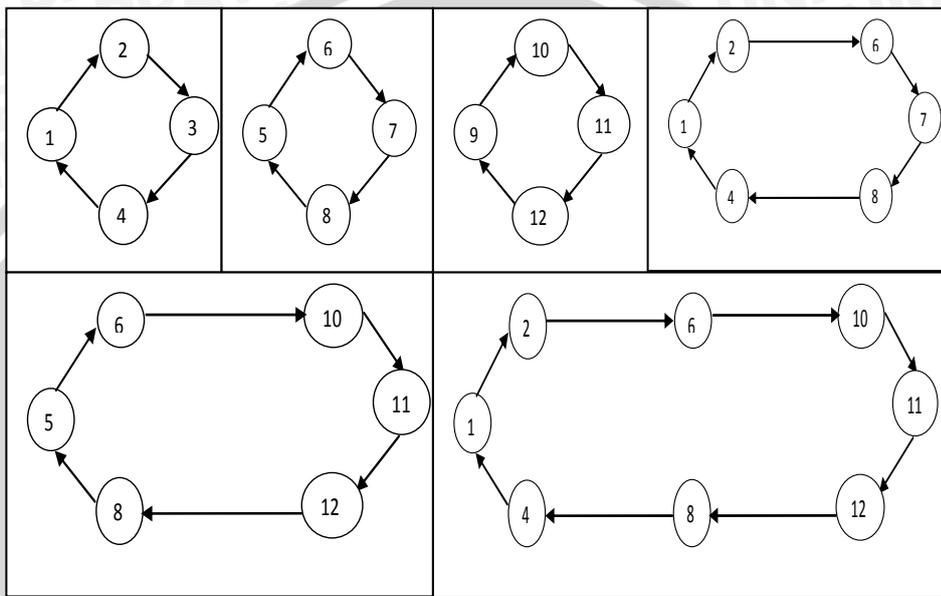
*flowgraph tertutup* : grafik dimana setiap branch memiliki setidaknya satu loop.

Sebagai gambaran, flowgraph yang ditunjukkan pada gambar 2.7 akan diperiksa untuk mengidentifikasi semua loop dan mengklasifikasikan mereka sesuai dengan urutan mereka.

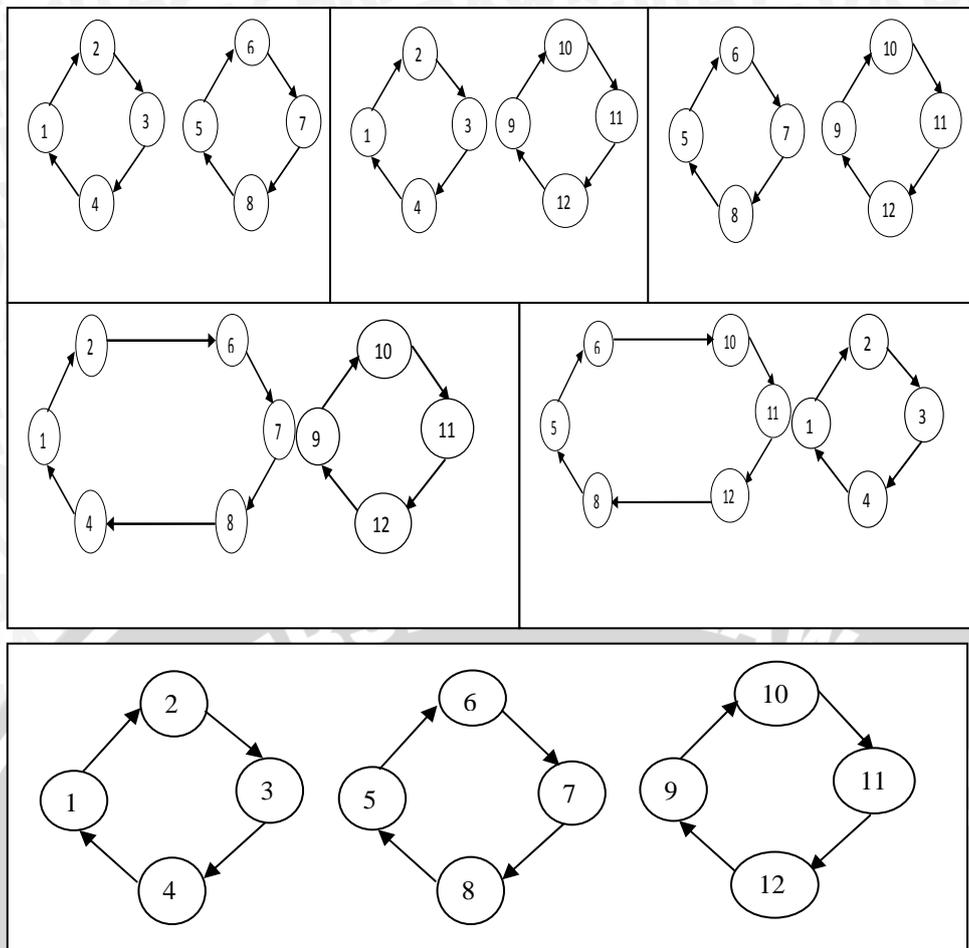




Gambar 2.7



Gambar 2.8 Loop orde pertama



**Gambar 2.10 Loop orde ketiga**

karena itu, transmitansi dari grafik alir setara sama dengan produk dari transmitansi dari cabang individu

Menurut definisi, sebuah loop rangka  $n$  terdiri dari  $n$  orde pertama loop berurutan. jika masing-masing orde pertama loop berkurang ke grafik aliran satu-cabang setara, loop asli rangka  $n$  dapat

dilihat sebagai urutan terhubung mengisap satu cabang flowgraphs. akibat langsung adalah bahwa transmitansi loop order  $n$  adalah sama dengan produk dari transmitansi  $n$  nya orde pertama loop.

Pada umumnya, mari kita lihat  $L_{11}, L_{21}, L_{31}, \dots, L_{N1}$  menjadi  $n$  disjoint orde pertama loop loop diberikan  $n$  pesanan. itu sebelumnya menyatakan bahwa transmitansi setara,  $T_k$ , dari setiap disjoint orde pertama lingkaran  $L_{k1}$  sama dengan produk dari transmittances cabang milik loop. ide ini dapat dinyatakan dengan :

$$T_k = \prod_{(i,j) \in L_{k1}} t_{ij} \quad \dots\dots(11)$$

karenanya, transmitansi setara,  $T(L_n)$ , untuk loop rangka  $n$  diberikan oleh

$$T(L_n) = \prod_{k=1}^n T_k = \prod_{k=1}^n [\prod_{(i,j) \in L_{k1}} t_{ij}] \quad \dots\dots(12)$$

hasil fundamental dari Persamaan (12) akan digunakan untuk mengkarakterisasi perilaku sistem yang dapat direpresentasikan sebagai jaringan *GERT*.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan mempunyai beberapa jenis, yaitu :

1. Penelitian deskriptif

Metode penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang menggambarkan ataupun menjelaskan karakteristik dari peristiwa yang terjadi ketika penelitian diadakan.

2. Studi analisis

Metode penelitian dengan melakukan studi analisis merupakan suatu metode dalam memecahkan permasalahan yang ada selama penelitian berlangsung dan digunakan untuk dasar mengolah data yang diperoleh dari perusahaan.

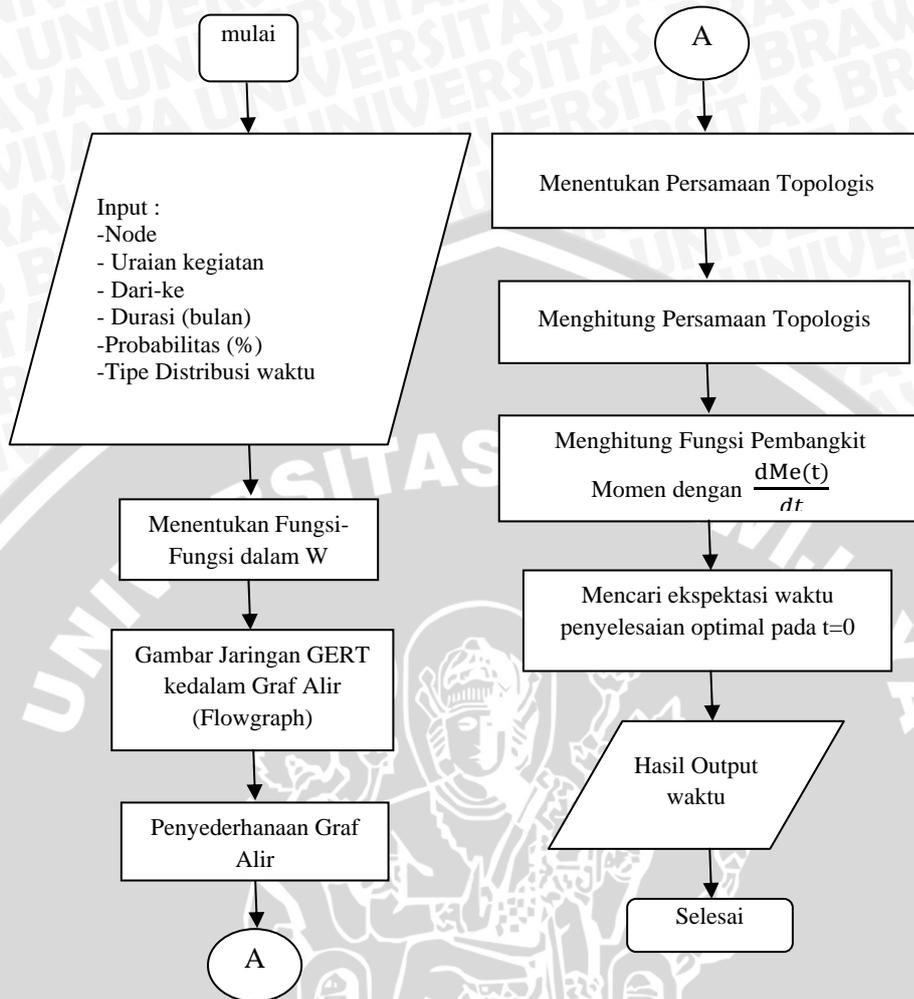
### 3.2 Sumber Data

Data yang digunakan adalah data sekunder yang didapat dari arsip-arsip perusahaan yang sesuai dengan obyek penelitian. Data yang dibutuhkan dalam analisis data adalah Uraian kegiatan, Durasi kegiatan, probabilitas kegiatan, dan tipe distribusi waktunya.



### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dengan diagram alir berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir proses pengolahan data

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Diagram Jaringan Kerja

#### 4.1.1 Perencanaan Jaringan Kerja

Langkah pertama dalam menghitung waktu penyelesaian proyek adalah dengan dibuatnya perencanaan jaringan kerja. Perencanaan jaringan kerja ini terdiri dari rangkaian aktivitas-aktivitas yang mempunyai saat awal pelaksanaan dan diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu perlu diperinci lagi informasi mengenai kegiatan, durasi, tipe distribusi, peluang dan hubungan antara tiap aktivitas dalam proyek tersebut.

Disini data diambil dari data skripsi saudara yekti asmoro khanti, dengan studi kasus pada proyek relokasi PLTG Gilitimur ke Teluk Lembu dengan data sebagai berikut pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Data Proyek Relokasi PLTG Gilitimur ke Teluk Lembu**

No	Cab.	Uraian Kegiatan dan Kode	Dari-Ke	Durasi (bulan)	Prob. (%)	Tipe Distribusi Waktu
<b>Proyek Pembangunan</b>						
1	w1	Survey Gilitimur dan Teluk Lembu	1-2	5	100	Konstan
2	w2	Pengukuran lahan	2-3	4	100	Konstan
3	w3	Pengambilan data dan sampel tanah	3-4	$m=7$ $var=3$	90	Normal
4	w4	Kegagalan pengambilan data	3-3	3	10	Konstan
5	w5	Perhitungan konstruksi	4-5	4	95	Konstan
6	w6	Kegagalan perhitungan konstruksi	4-4	2	5	Konstan
7	w7	Penggambaran	5-6	18	100	Konstan
8	w8	Penyusunan harga	6-7	12	100	Konstan

Lanjutan Tabel 4.1

No	Cab.	Uraian Kegiatan dan Kode	Dari-Ke	Durasi (bulan)	Prob. (%)	Tipe Distribusi Waktu
<b>Penandatanganan Perjanjian</b>						
1	w9	Tender sipil	7-8	1	90	Konstan
2	w10	Kegagalan tender sipil	7-7	0,5	10	Konstan
3	w11	Tender transportasi	8-9	32	100	Konstan
4	w12	Kontrak penunjukan	9-10	4	100	Konstan
<b>Pekerjaan Konstruksi</b>						
1	w13	Pembongkaran	10-12	m=28 var=8	92	Normal
2	w14	Kegagalan pembongkaran	10-11	10	8	Konstan
3	w15	Perbaikan pembongkaran I	11-12	m =38 var=10	85	Normal
4	w16	Perbaikan pembongkaran II	11-12	m=40 var=12	10	Normal
5	w17	Perbaikan pembongkaran III	11-12	m=45 var=16	5	Normal
6	w18	Transportasi dan pengepakan	12-13	47	100	Konstan
5	w19	Pemasangan	13-14	57	96	Konstan
6	w20	Pergantian alat	13-14	10	4	Konstan
<b>Pekerjaan Sipil</b>						
1	w21	Pembuatan kontrak penunjukan	14-15	57	100	Konstan
2	w22	Mobilisasi dan persiapan peralatan pancang	15-16	8	100	konstan
3	w23	Pemancangan dan tes muatan	16-17	17	94	konstan
4	w24	Perbaikan pemancangan dan tes muatan	16-17	5	6	Konstan
5	w25	Galian dan pecah kepala tiang pang	17-18	13	100	konstan

Lanjutan Tabel 4.1

No	Cab.	Uraian Kegiatan dan Kode	Dari-Ke	Durasi (bulan)	Prob. (%)	Tipe Distribusi Waktu
6	w26	Pasang penutup gundukan	18-20	1	98	konstan
7	w27	Kegagalan pemasangan penutup gundukan	18-19	1	2	konstan
8	w28	Pasang penutup gundukan I	19-20	2	80	Konstan
9	w29	Pasang penutup gundukan II	19-20	3	20	Konstan
8	w30	Pekerjaan urug pasir	20-21	1	100	konstan
9	w31	Lantai kerja	21-22	1	100	konstan
10	w32	Begisting batako	22-23	5	100	konstan
11	w33	Pekerjaan pembesian sipil	23-24	12	100	konstan
12	w34	Begisting multiplek bagian atas	24-25	1	100	konstan
13	w35	Pembersihan dan inspeksi sebelum pengecoran	25-26	1	100	konstan
14	w36	Pengecoran	26-27	$m=2$ $var=1$	98	Normal
15	w37	Perbaikan pengecoran	26-27	0,5	2	Konstan
16	w38	Pengeringan	27-29	$m=18$ $var=4$	95	Normal
17	w39	Kegagalan pengeringan	27-28	2	5	Konstan
18	w40	Pengeringan I	28-29	$m=30$ $var=8$	80	Normal
19	w41	Pengeringan II	28-29	$m=20$ $var=6$	20	Normal
20	w42	Pekerjaan pengepakan	29-30	8	100	Konstan
21	w43	Cek tingkat akhir	30-31	1	100	Konstan

Lanjutan Tabel 4.1

No	Cab.	Uraian Kegiatan dan Kode	Dari-Ke	Durasi (bulan)	Prob. (%)	Tipe Distribusi Waktu
<b>Pekerjaan Persiapan</b>						
1	w44	Pemasangan koneksi	31-32	8	100	Konstan
	w45	Tes fungsi loop, baterai, peralatan elektronik lain	32-34	10	95	Konstan
2	w46	Kegagalan Pemasangan koneksi dan tes fungsi loop, baterai, peralatan elektronik lain	32-33	7	5	Konstan
3	w47	Pergantian komponen I	33-31	10	80	Konstan
4	w48	Pergantian komponen II	33-31	8	20	Konstan
5	w49	Pemasangan koneksi dan sistem kontrol	34-35	15	100	Konstan
6	w50	Pemasangan koneksi dan sistem proteksi	35-36	13	100	Konstan
7	w51	Pembersihan dan pelumasan minyak	36-37	8	100	Konstan
8	w52	Pembersihan dan transformasi alat bantu	37-38	6	100	Konstan
8	w53	Tes sistem fungsi pemadam	38-39	3	95	Konstan
9	w54	Perbaikan sistem fungsi pemadam	38-39	1	5	Konstan
10	w55	Tes sistem fungsi bahan bakar minyak	39-40	1	95	Konstan
11	w56	Perbaikan sistem dan bahan bakar	39-40	1,5	5	Konstan

Lanjutan Tabel 4.1

No	Cab.	Uraian Kegiatan dan Kode	Dari-Ke	Durasi (bulan)	Prob. (%)	Tipe Distribusi Waktu
11	w57	Tes sistem fungsi bahan bakar gas	40-41	1	92	Konstan
	W58	Perbaikan sistem fungsi bahan bakar gas	40-41	2	8	Konstan
12	w59	Test 1 (sistem getaran) dengan BBG dan tes 2 (sistem darurat) BBM	41-42	1	98	Konstan
13	w60	Perbaikan test 1 dan tes 2	41-42	1,5	2	Konstan
14	w61	Tes 3 (lintasan terbuka dan tes daerah pengisian)	42-43	1	95	Konstan
15	w62	Perbaikan tes 3	42-43	1,5	5	Konstan
16	w63	Tes 4 (sinkronisasi dan muatan)	43-44	1	96	Konstan
17	w64	Perbaikan tes 4	43-44	2	4	Konstan
18	w65	Tes lintasan terbuka dengan pembangkit generator dan trafo	44-45	1	100	Konstan
19	w66	Tes stabilitas 150K V	45-46	m=2 var =1	100	Normal
20	w67	Sinkronisasi muatan 25% dan muatan 50%	46-47	1	100	Konstan
21	w68	Muatan total, tes tekanan dan tes penolakan	47-48	1	100	Konstan
22	w69	Tes rehabilitas	48-50	1	98	Konstan
23	w70	Kegagalan tes rehabilitas	48-49	0,5	2	Konstan
24	w71	Perbaikan I	49-50	2	80	Konstan

**Lanjutan Tabel 4.1**

25	w72	Perbaikan II	49-50	1,5	20	Konstan
----	-----	--------------	-------	-----	----	---------

**4.2 Analisis GERT Pada Proyek**

**4.2.1 Penentuan Fungsi Dari Setiap Aktivitas**

Dari Tabel 4.1 Data Proyek Relokasi PLTG Gilitimur ke Teluk Lembu dapat ditentukan fungsi -fungsi dengan  $M_{ij}(t) = e^{(sa)}$  untuk waktu konstan dan untuk waktu normal menggunakan rumus

$M_{ij}(t) = e^{\left(mt + \frac{1}{2}\sigma^2 t^2\right)}$ . Kemudian dihitung nilai W(t) dengan menggunakan rumus  $W_{ij}(t) = p_{ij}M_{ij}(t)$ .

$W_1(t) = 1,00 e^{5t}$

$W_2(t) = 1,00 e^{4t}$

$W_3(t) = 0,9 e^{7t + 1,5 t^2}$

$W_4(t) = 0,1 e^{3t}$

$W_5(t) = 0,95 e^{4t}$

$W_6(t) = 0,05 e^{2t}$

$W_7(t) = 1,00 e^{18t}$

$W_8(t) = 1,00 e^{12t}$

$W_9(t) = 0,9 e^t$

$W_{10}(t) = 0,1 e^{0,5t}$

$W_{11}(t) = 1,00 e^{32t}$

$W_{12}(t) = 1,00 e^{4t}$



$$W_{13}(t) = 0,92 e^{28t + 4t^2}$$

$$W_{14}(t) = 0,08 e^{10t}$$

$$W_{15}(t) = 0,85 e^{38t + 5t^2}$$

$$W_{16}(t) = 0,1 e^{40t + 6t^2}$$

$$W_{17}(t) = 0,05 e^{45t + 8t^2}$$

$$W_{18}(t) = 1,00 e^{47t}$$

$$W_{19}(t) = 0,96 e^{57t}$$

$$W_{20}(t) = 0,04 e^{10t}$$

$$W_{21}(t) = 1,00 e^{57t}$$

$$W_{22}(t) = 1,00 e^{8t}$$

$$W_{23}(t) = 0,94 e^{17t}$$

$$W_{24}(t) = 0,06 e^{5t}$$

$$W_{25}(t) = 1,00 e^{13t}$$

$$W_{26}(t) = 0,98 e^t$$

$$W_{27}(t) = 0,02 e^t$$

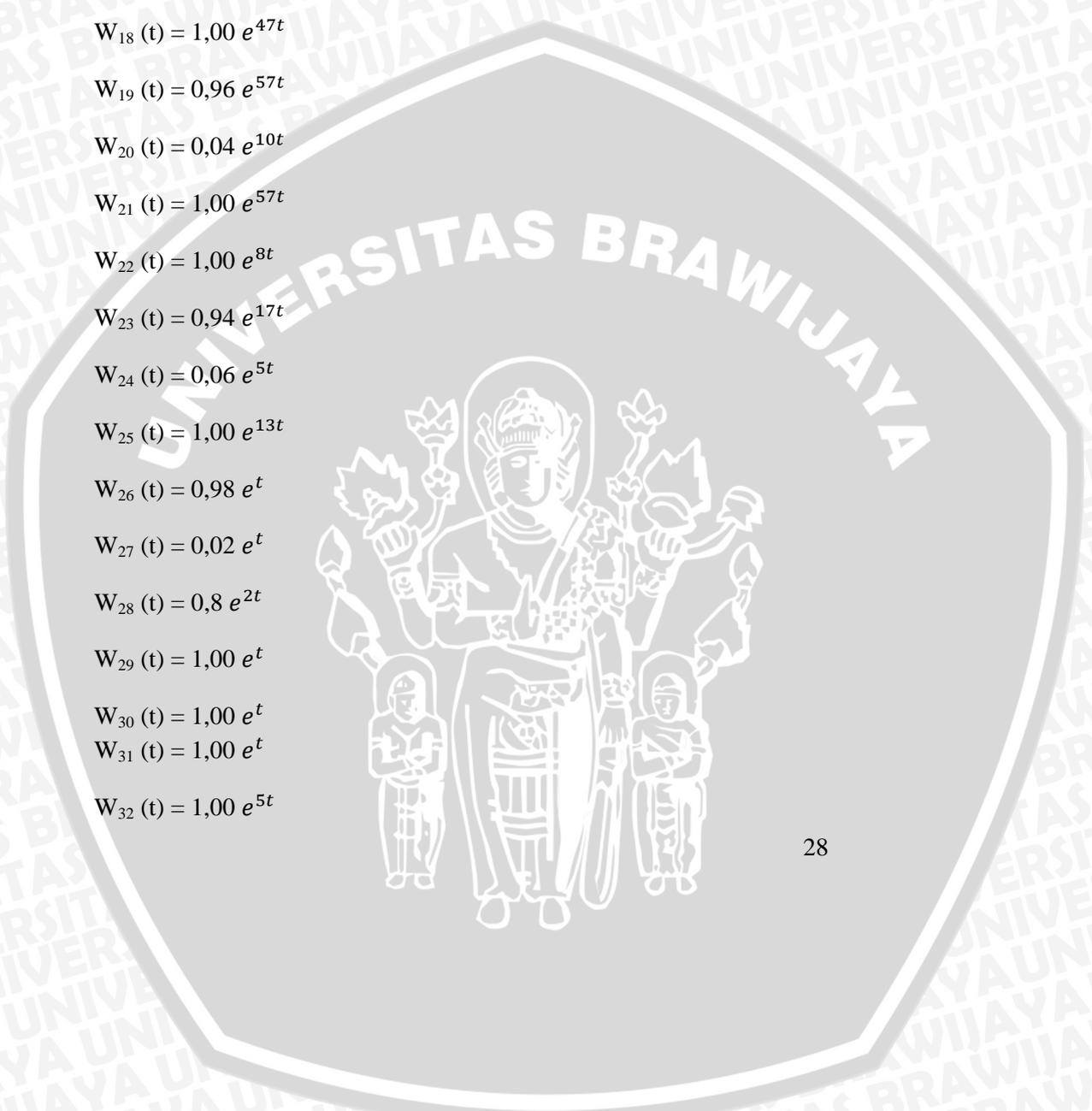
$$W_{28}(t) = 0,8 e^{2t}$$

$$W_{29}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{30}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{31}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{32}(t) = 1,00 e^{5t}$$



$$W_{33}(t) = 1,00 e^{12t}$$

$$W_{34}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{35}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{36}(t) = 0,98 e^{2t + 0,5 t^2}$$

$$W_{37}(t) = 0,02 e^{0,5t}$$

$$W_{38}(t) = 0,95 e^{18t + 2t^2}$$

$$W_{39}(t) = 0,05 e^{2t}$$

$$W_{40}(t) = 0,8 e^{30t + 4t^2}$$

$$W_{41}(t) = 0,2 e^{20t + 3t^2}$$

$$W_{42}(t) = 1,00 e^{8t}$$

$$W_{43}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{44}(t) = 1,00 e^{8t}$$

$$W_{45}(t) = 0,95 e^{10t}$$

$$W_{46}(t) = 0,05 e^{7t}$$

$$W_{47}(t) = 0,8 e^t$$

$$W_{48}(t) = 0,2 e^{8t}$$

$$W_{49}(t) = 1,00 e^{15t}$$

$$W_{50}(t) = 1,00 e^{13t}$$

$$W_{51}(t) = 1,00 e^{8t}$$



$$W_{52}(t) = 1,00 e^{6t}$$

$$W_{53}(t) = 0,95 e^{3t}$$

$$W_{54}(t) = 0,05 e^t$$

$$W_{55}(t) = 0,95 e^t$$

$$W_{56}(t) = 0,05 e^{1,5t}$$

$$W_{57}(t) = 0,92 e^t$$

$$W_{58}(t) = 0,08 e^{2t}$$

$$W_{59}(t) = 0,98 e^t$$

$$W_{60}(t) = 0,02 e^{1,5t}$$

$$W_{61}(t) = 0,95 e^t$$

$$W_{62}(t) = 0,05 e^{1,5t}$$

$$W_{63}(t) = 0,96 e^t$$

$$W_{64}(t) = 0,04 e^{2t}$$

$$W_{65}(t) = 1,00 e^t$$

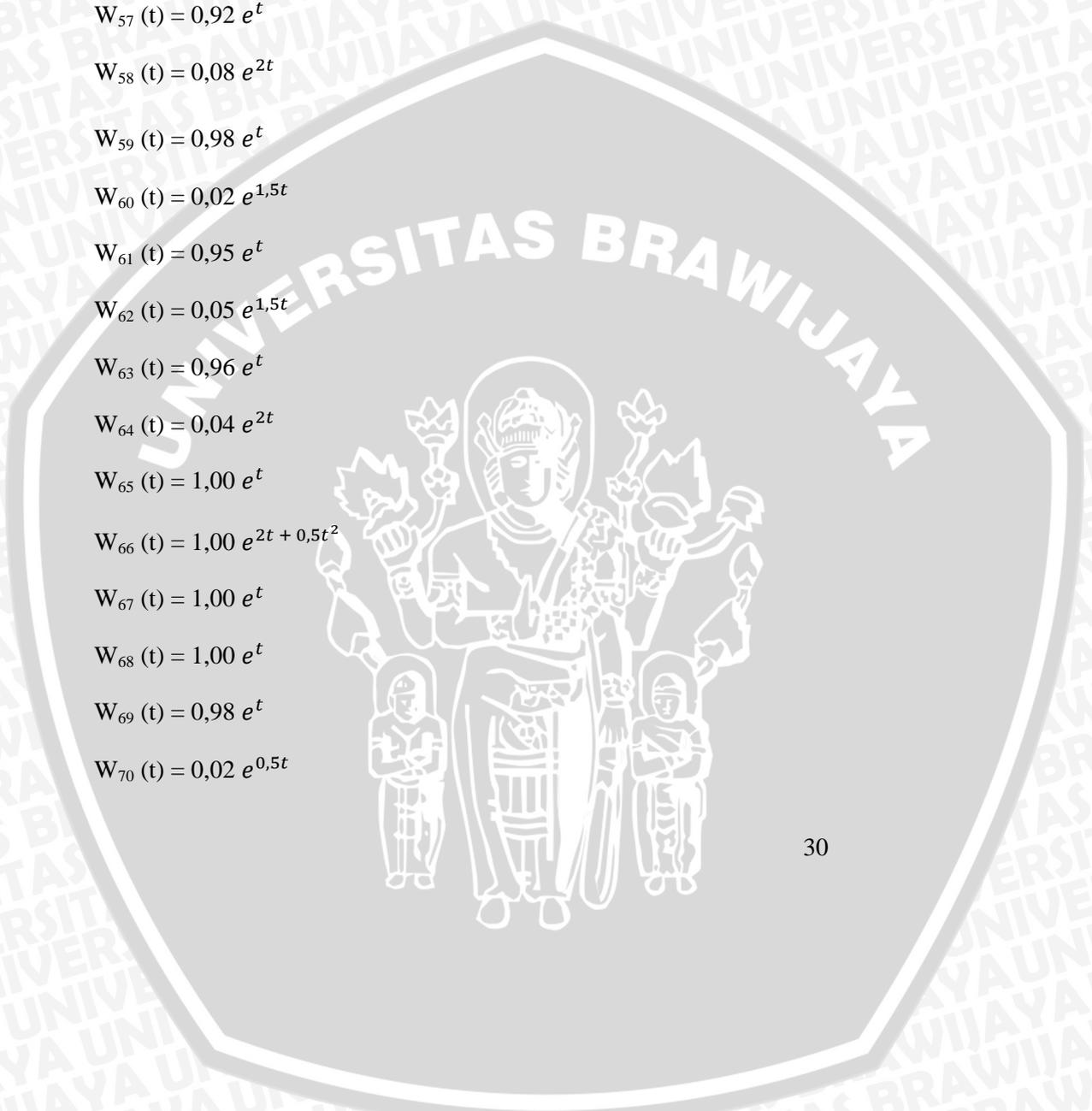
$$W_{66}(t) = 1,00 e^{2t + 0,5t^2}$$

$$W_{67}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{68}(t) = 1,00 e^t$$

$$W_{69}(t) = 0,98 e^t$$

$$W_{70}(t) = 0,02 e^{0,5t}$$



$$W_{71}(t) = 0,8 e^{2t}$$

$$W_{72}(t) = 0,2 e^{1,5t}$$

#### 4.2.2 Penggambaran Jaringan GERT Ke dalam Graf Alir

Setelah didapatkan nilai  $W(t)$  disetiap verteknya lalu digambar jaringan GERT untuk masalah diatas :

Gambar GERT Network



### 4.2.3 Penentuan Loop-loop dari Graf Alir

Dari graf alir yang telah disederhanakan diatas didapatkan loop-loop order sebagai berikut :

Loop order 1 ( $H_1$ ) :

$$W_4, W_6, W_{10}, W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48}), W_1 W_2 W_3 W_5 W_7 W_8 W_9 W_{11} W_{12} \\ (W_{13} + W_{14} (W_{15} + W_{16} + W_{17})) W_{18} (W_{19} + W_{20}) W_{21} W_{22} (W_{23+} W_{24}) \\ W_{25}(W_{26+} W_{27}(W_{28+} W_{29})) W_{30} W_{31} W_{32} W_{33} W_{34} W_{35}(W_{36+} W_{37}) \\ (W_{38+} W_{39}(W_{40+} W_{41})) W_{42} W_{43} W_{44} W_{45} W_{49} W_{50} W_{51} W_{52}(W_{53+} W_{54})( \\ W_{55+} W_{56}) (W_{57+} W_{58})( W_{59+} W_{60})( W_{61+} W_{62})( W_{63+} W_{64}) W_{65} W_{66} \\ W_{67} W_{68} (W_{69+} W_{70}(W_{71+} W_{72})) 1/W_e$$

Loop order 2 ( $H_2$ ) :

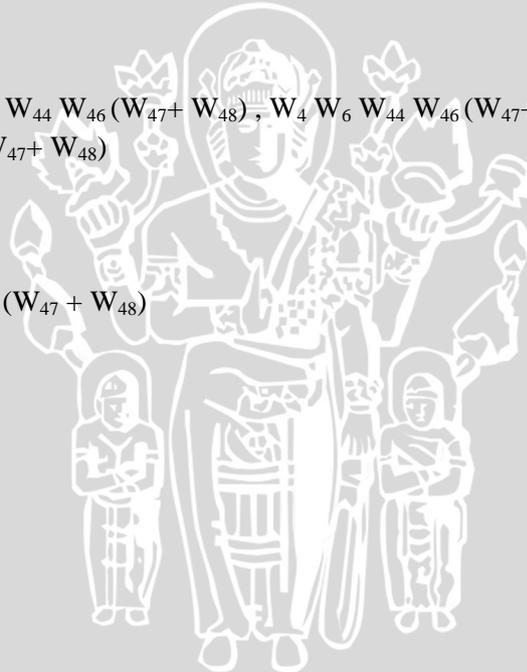
$$W_4 W_6, W_4 W_{10}, W_4 W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48}), W_6 W_{10}, W_6 W_{44} W_{46} (W_{47+} \\ W_{48}), W_{10} W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48})$$

Loop order 3 ( $H_3$ ) :

$$W_4 W_6 W_{10}, W_6 W_{10} W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48}), W_4 W_6 W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48}) \\ , W_4 W_{10} W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48})$$

Loop order 4 ( $H_4$ ) :

$$W_4 W_6 W_{10} W_{44} W_{46} (W_{47+} W_{48})$$



Kemudian nilai fungsi dimasukan kedalam persamaan loop diatas menjadi :

Loop order 1 ( $H_1$ ) :

$$\begin{aligned}
 & (0,1e^{3t}) + (0,05e^{2t}) + (0,1e^{0,5t}) + (1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^{8t})) + \\
 & (1,0e^{5t})(1,0e^{4t}) \\
 & (0,9e^{7t+1,5t^2})(0,95e^{4t})(1,0e^{18t})(1,0e^{12t})(0,9e^t)(1,0e^{32t})(1,0e^{4t})(0,92 \\
 & e^{28t+4t^2} + \\
 & 0,8e^{10t}(0,85e^{38t+5t^2} + 0,1e^{40t+6t^2} + 0,05e^{45t+8t^2}))(1,0e^{47t})(0,96e^{57t} + 0 \\
 & ,04e^{10t})(1,0e^{57t})(1,0e^{8t})(0,94e^{17t} + 0,06e^{5t})(1,0e^{13t})(0,98e^t + 0,02e^t(0 \\
 & ,8e^{2t} + 1,0e^t))(1,0e^t)(1,0e^t)(1,0e^{5t})(1,0e^{12t})(1,0e^t)(1,0e^t)(0,98 \\
 & e^{2t+0,5t^2} + 0,02e^{0,5t})(0,95e^{18t+2t^2} + 0,05e^{2t}(0,8e^{30t+4t^2} + 0,2e^{20t+3t^2}))( \\
 & 1,0e^{8t})(1,0e^t)(1,0e^{8t})(0,95e^{10t})(1,0e^{15t})(1,0e^{13t})(1,0e^{8t})(1,0e^{6t})(0,9 \\
 & 5e^{3t} + 0,05e^t)(0,95e^t + 0,05e^{1,5t})(0,92e^t + 0,08e^{2t})(0,98e^t + 0,02e^{1,5t})(0, \\
 & 95e^t + 0,05e^{1,5t})(0,96e^t + 0,04e^{2t})(1,0e^t)(1,0e^t)(0,98e^t + 0,02e^{0,5t}(0,8 \\
 & e^{2t} + 0,2e^{1,5t}))1/We
 \end{aligned}$$

Loop order 2 ( $H_2$ ) :

$$\begin{aligned}
 & (0,2e^{3t} \cdot 0,05e^{2t}) + (0,1e^{3t} \cdot 0,1e^{5t}) + (0,1e^{3t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + \\
 & 0,2e^{8t}) + (0,05e^{2t} \cdot 0,1e^{0,5t}) + (0,05e^{2t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^{8t})) + \\
 & (0,1e^{0,5t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^{8t}))
 \end{aligned}$$

Loop order 3 ( $H_3$ ) :

$$\begin{aligned}
 & (0,1e^{3t} \cdot 0,05e^{2t} \cdot 0,1e^{0,5t}) + \\
 & (0,05e^{2t} \cdot 0,1e^{0,5t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^{8t})) + \\
 & (0,1e^{3t} \cdot 0,05e^{2t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^{8t})) + \\
 & (0,2e^{3t} \cdot 0,1e^{0,5t} \cdot 1,0e^{8t} \cdot 0,05e^{7t} (0,8e^t + 0,2e^t))
 \end{aligned}$$

Loop order 4 ( $H_4$ ) :

$$0,1e^{3t}.0,05e^{2t}.0,1e^{5t}.1,0e^{8t}.0,05e^{7t} (0,8e^t+0,2e^{8t})$$

Kemudian loop-loop tersebut disederhanakan menjadi :

Loop order 1 ( $H_1$ ) :

$$0,1e^{3t}+0,05e^{2t}+0,1e^{0,5t}+0,04e^{16t}+0,1e^{23t}+(1,0e^{9t})(0,9e^{7t+1,5t^2})(0,855e^{71t})(0,92e^{28t+4t^2}+0,08e^{10t}(0,85e^{38t+5t^2}+0,1e^{40t+6t^2}+0,05e^{45t+8t^2}))(0,96e^{57t}+0,04e^{10t})(1,0e^{112t})(0,94e^{17t}+0,06e^{5t})(0,98e^t+0,02e^t(0,8e^{2t}+1,0e^t))(1,0e^{34t})(0,98e^{2t+0,5t^2}+0,02e^{0,5t})(0,95e^{18t+2t^2}+0,05e^{2t}(0,8e^{30t+4t^2}+0,2e^{20t+3t^2}))(0,95e^{79t})(0,95e^{3t}+0,05e^t)(0,95e^t+0,05e^{1,5t})(0,92e^t+0,08e^{2t})(0,98e^t+0,02e^{1,5t})(0,95e^t+0,05e^{1,5t})(0,96e^t+0,04e^{2t})(1,0e^{2t+0,5}) (1,0e^{3t})(0,98e^t+0,02e^{0,5t}(0,8e^{2t}+0,2e^{1,5t}))1/We$$

Loop order 2 ( $H_2$ ):

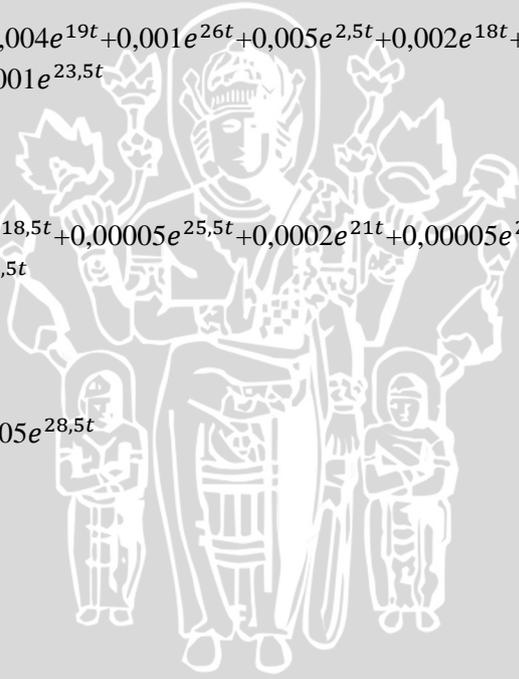
$$0,005e^{5t}+0,01e^{3,5t}+0,004e^{19t}+0,001e^{26t}+0,005e^{2,5t}+0,002e^{18t}+0,0005e^{25t}+0,004e^{16,5t}+0,001e^{23,5t}$$

Loop order 3 ( $H_3$ ) :

$$0,0005e^{5,5t}+0,00025e^{18,5t}+0,00005e^{25,5t}+0,0002e^{21t}+0,00005e^{28t}+0,0004e^{19,5t}+0,0001e^{26,5t}$$

Loop order 4 ( $H_4$ ) :

$$0,00002e^{21,5t}+0,000005e^{28,5t}$$



Karena masih bisa disederhanakan lagi maka menjadi :

Loop order 1 ( $H_1$ ) :

$$\begin{aligned}
 &0,1e^{3t}+0,05e^{2t}+0,1e^{0,5t}+0,04e^{16t}+0,1e^{23t}+(0,06561e^{385t+2t^2} \\
 &+0,00269e^{339t+2t^2} +0,00419e^{373t+2t^2} \\
 &+0,0001e^{326t+2t^2})(0,0245e^{6t+0,5t^2} +0,04655e^{6,5t+0,5t^2} \\
 &+0,04655e^{4t+0,5t^2} +0,00245e^{4,5t+0,5t^2} +0,01805e^{4,5t} +0,00095e^{5t} \\
 &+0,00095e^{2,5t} +0,0005e^{3t})(0,8222e^{4t} +0,03426e^{5t} +0,0360e^{4,5t} \\
 &+0,0018032e^{5,5t} +0,0167e^{4,5t} +0,0006e^{5,5t} +0,00075e^{5t} +0,000368e^{6t} \\
 &+0,071e^{5t} +0,00297e^{6t} +0,003136e^{5,5t} +0,00015e^{6,5t} +0,00145e^{5,5t} \\
 &+0,00006e^{6,5t} +0,00064e^{6t} +0,0000032e^{7t})(0,98e^t +0,016e^{3t} \\
 &+0,02e^{2t})(0,931e^{19t+2t^2} +0,0392e^{33t+4t^2} +0,0098e^{23t+3t^2} \\
 &+0,0152e^{21t+2t^2} +0,00064e^{35t+4t^2} +0,00016e^{25t+3t^2} +0,019e^{20t+2t^2} \\
 &+0,0008e^{34t+4t^2} +0,0002e^{24t+3t^2})
 \end{aligned}$$

Loop order 2 ( $H_2$ ) :

$$\begin{aligned}
 &0,005e^{5t}+0,01e^{3,5t}+0,004e^{19t}+0,001e^{26t}+0,005e^{2,5t}+0,002e^{18t}+0,000 \\
 &5e^{25t}+0,004e^{16,5t}+0,001e^{23,5t}
 \end{aligned}$$

Loop order 3 ( $H_3$ ) :

$$\begin{aligned}
 &0,0005e^{5,5t}+0,00025e^{18,5t}+0,00005e^{25,5t}+0,0002e^{21t}+0,00005e^{28t}+0, \\
 &0004e^{19,5t}+0,0001e^{26,5t}
 \end{aligned}$$

Loop order 4 ( $H_4$ ) :

$$\begin{aligned}
 &0,00002e^{21,5t}+0,000005e^{28,5t}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4 Penentuan Persamaan Topologi

dengan persamaan topologinya adalah :

$$H(s) = 1 - H_1 + H_2 - H_3 + H_4$$

Maka nilai dari masing-masing loop order  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ , dan  $H_4$  dimasukan ke dalam persamaan  $H(s)$  menjadi :

$$\begin{aligned} H(s) = & 1 - (0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} + 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t} + [H^*] \cdot 1/W_e) \\ & + (0,005e^{5t} + 0,1e^{3,5t} + 0,004e^{19t} + 0,001e^{26t} + 0,005e^{2,5t} + 0,002e^{18t} \\ & + 0,0005e^{25t} + 0,004e^{16,5t} + 0,001e^{23,5t}) - (0,0005e^{18,5t} + 0,00005e^{25,5t} \\ & + 0,0002e^{21t} + 0,0005e^{28t} + 0,0004e^{19,5t} + 0,0001e^{26,5t}) \\ & + (0,00002e^{21,5t} + 0,000005e^{28,5t}) = 0 \end{aligned}$$

$$H(s) = 0 = 1 - (0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} + 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t} + [H^*] \cdot 1/W_e) + H_2 - H_3 + H_4$$

\*\*dimana  $H^*$  adalah :

$$\begin{aligned} & (0,06561e^{385t+2t^2} + 0,00269e^{339t+2t^2} + 0,00419e^{373t+2t^2} \\ & + 0,0001e^{326t+2t^2})(0,0245e^{6t+0,5t^2} + 0,04655e^{6,5t+0,5t^2} \\ & + 0,04655e^{4t+0,5t^2} + 0,00245e^{4,5t+0,5t^2} + 0,01805e^{4,5t} + 0,00095e^{5t} \\ & + 0,00095e^{2,5t} + 0,0005e^{3t})(0,8222e^{4t} + 0,03426e^{5t} + 0,0360e^{4,5t} \\ & + 0,0018032e^{5,5t} + 0,0167e^{4,5t} + 0,0006e^{5,5t} + 0,00075e^{5t} + 0,000368e^{6t} \\ & + 0,071e^{5t} + 0,00297e^{6t} + 0,003136e^{5,5t} + 0,00015e^{6,5t} + 0,00145e^{5,5t} \\ & + 0,00006e^{6,5t} + 0,00064e^{6t} + 0,0000032e^{7t})(0,98e^t + 0,016e^{3t} \\ & + 0,02e^{2t})(0,931e^{19t+2t^2} + 0,0392e^{33t+4t^2} + 0,0098e^{23t+3t^2} \\ & + 0,0152e^{21t+2t^2} + 0,00064e^{35t+4t^2} + 0,00016e^{25t+3t^2} + 0,019e^{20t+2t^2} \\ & + 0,0008e^{34t+4t^2} + 0,0002e^{24t+3t^2}) \end{aligned}$$

#### 4.2.5 Menentukan Nilai We

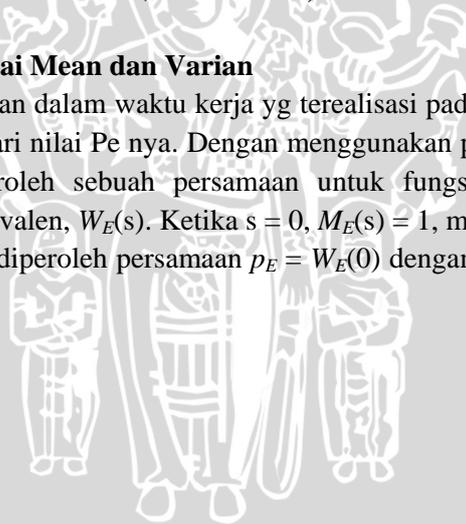
Untuk mencari nilai We maka :

$$\begin{aligned} \Rightarrow H^* \cdot 1/W_E &= 1 - (0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} + 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t}) \\ &+ H_2 - H_3 + H_4 = \\ \Rightarrow W_E &= H^* / 1 - (0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} + 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t}) \\ &+ H_2 - H_3 + H_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} We &= (0,06561e^{385t+2t^2} + 0,00269e^{339t+2t^2} + 0,00419e^{373t+2t^2} \\ &+ 0,0001e^{326t+2t^2})(0,0245e^{6t+0,5t^2} + 0,04655e^{6,5t+0,5t^2} \\ &+ 0,04655e^{4t+0,5t^2} + 0,00245e^{4,5t+0,5t^2} + 0,01805e^{4,5t} + 0,00095e^{5t} \\ &+ 0,00095e^{2,5t} + 0,0005e^{3t})(0,8222e^{4t} + 0,03426e^{5t} + 0,0360e^{4,5t} \\ &+ 0,0018032e^{5,5t} + 0,0167e^{4,5t} + 0,0006e^{5,5t} + 0,00075e^{5t} + 0,000368e^{6t} \\ &+ 0,071e^{5t} + 0,00297e^{6t} + 0,003136e^{5,5t} + 0,00015e^{6,5t} + 0,00145e^{5,5t} \\ &+ 0,00006e^{6,5t} + 0,00064e^{6t} + 0,0000032e^{7t})(0,98e^t + 0,016e^{3t} \\ &+ 0,02e^{2t})(0,931e^{19t+2t^2} + 0,0392e^{33t+4t^2} + 0,0098e^{23t+3t^2} \\ &+ 0,0152e^{21t+2t^2} + 0,00064e^{35t+4t^2} + 0,00016e^{25t+3t^2} + 0,019e^{20t+2t^2} \\ &+ 0,0008e^{34t+4t^2} + 0,0002e^{24t+3t^2}) / -(0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} \\ &+ 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t}) + (0,005e^{5t} + 0,1e^{3,5t} + 0,004e^{19t} + 0,001e^{26t} \\ &+ 0,005e^{2,5t} + 0,002e^{18t} + 0,0005e^{25t} + 0,004e^{16,5t} + 0,001e^{23,5t}) - \\ &(0,0005e^{18,5t} + 0,00005e^{25,5t} + 0,0002e^{21t} + 0,0005e^{28t} + 0,0004e^{19,5t} \\ &+ 0,0001e^{26,5t}) + (0,00002e^{21,5t} + 0,000005e^{28,5t}) \end{aligned}$$

#### 4.2.6 Menentukan Nilai Mean dan Varian

Untuk menentukan mean dalam waktu kerja yg terealisasi pada jaringan GERT maka perlu dicari nilai Pe nya. Dengan menggunakan persamaan (6), maka akan diperoleh sebuah persamaan untuk fungsi W dari jaringan kerja yang ekuivalen,  $W_E(s)$ . Ketika  $s = 0$ ,  $M_E(s) = 1$ , maka  $W_E(s) = p_E M_E(s)$  akan diperoleh persamaan  $p_E = W_E(0)$  dengan hitungan sebagai berikut :



$$\begin{aligned}
 W_e(0) = & (0,0656 + 0,00269 + 0,00419 + 0,0001)(0,0245 + 0,04655 \\
 & + 0,004655 + 0,00245 + 0,01805 + 0,00095 + 0,00095 + 0,0005)(0,8222 \\
 & + 0,03426 + 0,0360 + 0,0018032 + 0,0167 + 0,0006 + 0,0073 + 0,000368 \\
 & + 0,071 + 0,00297 + 0,003136 + 0,00015 + 0,00145 + 0,00006 \\
 & + 0,0000032)(0,98 + 0,01 + 0,02)(0,931 + 0,0392 + 0,0098 + 0,0152 \\
 & + 0,00016 + 0,019 + 0,0008 + 0,002) / 1 - 0,1 - 0,005 - 0,004 - 0,1 + 0,005 \\
 & + 0,001 + 0,005 + 0,002 + 0,0005 + 0,004 + 0,001 - 0,0005 - 0,0002 - \\
 & 0,00005 - 0,0002 - 0,00005 - 0,0004 - 0,0001 + 0,0002 + 0,000005
 \end{aligned}$$

$$W_E(0) = W_{E(t=0)} = P_e = 9,1327$$

$$M_E(t) = W_E(t) / P_E = W_E(t) / W_E(0)$$

Maka  $M_E(t)$  adalah :

$$\begin{aligned}
 M_E(t) = & (0,06561e^{385t+2t^2} + 0,00269e^{339t+2t^2} + 0,00419e^{373t+2t^2} \\
 & + 0,0001e^{326t+2t^2})(0,0245e^{6t+0,5t^2} + 0,04655e^{6,5t+0,5t^2} \\
 & + 0,04655e^{4t+0,5t^2} + 0,00245e^{4,5t+0,5t^2} + 0,01805e^{4,5t} + 0,00095e^{5t} \\
 & + 0,00095e^{2,5t} + 0,0005e^{3t})(0,8222e^{4t} + 0,03426e^{5t} + 0,0360e^{4,5t} \\
 & + 0,0018032e^{5,5t} + 0,0167e^{4,5t} + 0,0006e^{5,5t} + 0,00075e^{5t} + 0,000368e^{6t} \\
 & + 0,071e^{5t} + 0,00297e^{6t} + 0,003136e^{5,5t} + 0,00015e^{6,5t} + 0,00145e^{5,5t} \\
 & + 0,00006e^{6,5t} + 0,00064e^{6t} + 0,0000032e^{7t})(0,98e^t + 0,016e^{3t} \\
 & + 0,02e^{2t})(0,931e^{19t+2t^2} + 0,0392e^{33t+4t^2} + 0,0098e^{23t+3t^2} \\
 & + 0,0152e^{21t+2t^2} + 0,00064e^{35t+4t^2} + 0,00016e^{25t+3t^2} + 0,019e^{20t+2t^2} \\
 & + 0,0008e^{34t+4t^2} + 0,0002e^{24t+3t^2}) / (1 - (0,1e^{3t} + 0,05e^{2t} + 0,1e^{0,5t} \\
 & + 0,04e^{16t} + 0,1e^{23t}) + (0,005e^{5t} + 0,1e^{3,5t} + 0,004e^{19t} + 0,001e^{26t} \\
 & + 0,005e^{2,5t} + 0,002e^{18t} + 0,0005e^{25t} + 0,004e^{16,5t} + 0,001e^{23,5t}) - \\
 & (0,0005e^{18,5t} + 0,00005e^{25,5t} + 0,0002e^{21t} + 0,0005e^{28t} + 0,0004e^{19,5t} \\
 & + 0,0001e^{26,5t}) + (0,00002e^{21,5t} + 0,000005e^{28,5t}))(0,010896)
 \end{aligned}$$

Momen pertama dari  $\mu_1 E$ , memberikan nilai *mean* dari waktu jaringan kerja yang terrealisasi, dengan hitungan sebagai berikut :

$$\mu_1 E = (\partial / \partial_s) [M_E(t)] |_{t=0}$$

$$\mu_1 E = 103,4437 \quad (\text{adalah ekspektasi waktu penyelesaian})$$

sedangkan harian dari waktu jaringan kerja yang terealisasi diperoleh dengan menghitung  $\mu_2 E$ , kemudian  $\mu_2 E$  dikurangkan dengan kuadrat dari  $\mu_1 E$  (Varian), dengan hitungan sebagai berikut :

$$\mu_2 E = (\partial^2 / \partial_s^2) [M_E(t)] |_{t=0}$$

$$\mu_2 E = 28.519$$

$$\sigma^2 = \mu_2 E - (\mu_1 E)^2$$

$$\sigma^2 = 28.519 - (103,4437)^2 \quad (\text{Varian ekspektasi dari waktu penyelesaian})$$

$$\sigma^2 = 17.818,40093$$

$$\sigma = \sqrt{17.818,40093}$$

$$\sigma_{1,2} = \pm 133,4856$$

$$\sigma_{1,2} = \pm 133,49 \quad (\text{Pembulatan})$$

$$\sigma_1 = -133,49 \quad (\text{Tidak dipakai})$$

$$\sigma_2 = +133,49 \quad (\text{Dipakai})$$

Jadi secara keseluruhan ekspektasi waktu rata-rata penyelesaian yang digunakan untuk merelokasi proyek PLTG Gilitimur ke Teluk Lembu dengan menggunakan metode GERT (Graphical Evaluation Review Technique) adalah 103,44 hari dengan varian ekspektasi waktu penyelesaian 133,49 hari yang artinya penyelesaian proyek paling lama

adalah  $103,44 \pm 133,49$  hari atau 236,93 hari. Sedangkan berdasarkan perhitungan dengan metode PERT dengan estimasi new PERT approximation diketahui bahwa terdapat peluang 92,78% proyek dapat diselesaikan sebelum waktu yang dijadwalkan yaitu 224 hari dan terdapat peluang 7,22% proyek tersebut akan mengalami keterlambatan dari waktu yang telah dijadwalkan.

