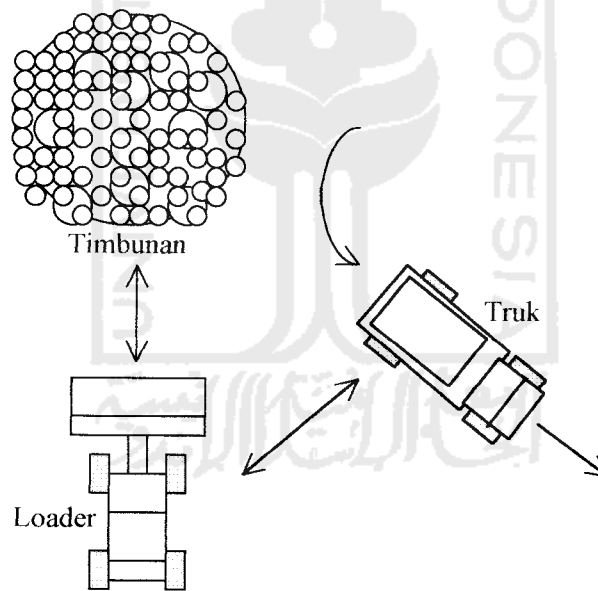


## BAB IV

### MODEL SIMULASI OPERASI ANTARA LOADER DENGAN TRUK

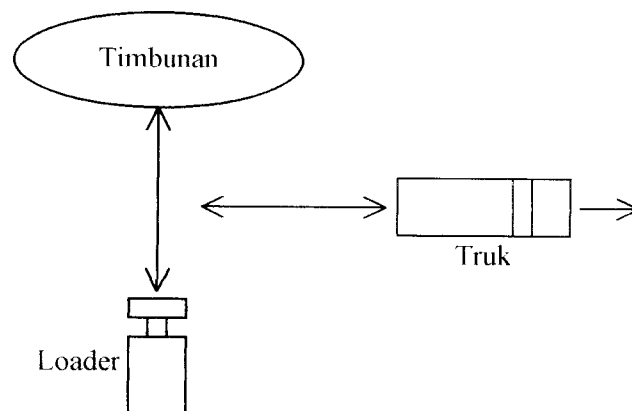
#### 4.1 Karakteristik Operasi

Pada operasi antara loader dengan truk dilakukan dengan loader bergerak mengikuti bentuk huruf V seperti terlihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Skema operasi pemuatan loader ke truk bentuk huruf V

Cara pemuatan bentuk V ini lebih efisien dibanding cara pemuatan melintang (gambar 4.2), karena pada cara pemuatan melintang loader perlu membelok untuk memuati truk sehingga waktu tetapnya lebih besar daripada cara pemuatan bentuk V.

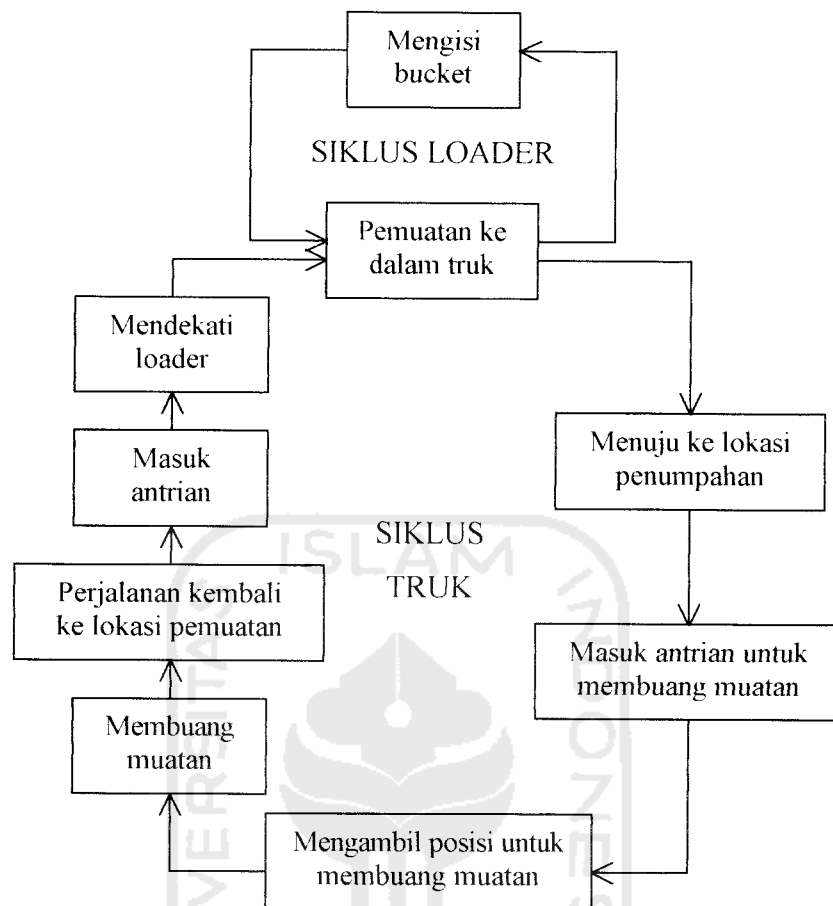


Gambar 4.2 Skema operasi pemuatan loader ke truk bentuk melintang

Siklus loader terdiri dari: menuju timbunan, mengisi bucket, mundur dan mendekati truk, menumpahkan muatan, dan mundur menjauhi truk. Sedangkan siklus truk dapat dibagi dalam 8 bagian, yaitu: saat dimuati, mengangkat muatan ke lokasi penumpahan, menunggu giliran melakukan penumpahan, mengambil posisi untuk melakukan penumpahan, melakukan penumpahan, perjalanan kembali ke lokasi pemuatan, menunggu giliran untuk dimuati, dan mendekati loader.

Model sistem operasi antara loader dengan truk dalam pekerjaan pemindahan tanah dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.





Gambar 4.3 Skema model sistem operasi antara loader dengan truk

Loader melakukan beberapa kali siklus pemuatan untuk dapat memuat truk sampai penuh. Waktu yang diperlukan untuk itu disebut waktu pelayanan. Hubungan antara loader dengan truk terjadi pada saat pemuatan, dimana waktu pelayanan loader sama dengan waktu pemuatan truk. Untuk mempelajari perilaku loader, ditinjau waktu pelayanan dan waktu untuk menunggu truk yang akan dilayani.

Karena masing-masing waktu siklus bervariasi, maka dapat terjadi pada suatu saat loader menunggu truk yang dimuat atau truk menunggu giliran loader

yang sedang melayani truk terdahulu. Bila terjadi keadaan di atas berarti sebagian waktu operasi alat-alat tersebut terbuang untuk menunggu alat yang lain.

#### **4.2 Batasan Suatu Operasi**

Simulasi dilakukan sesuai dengan keadaan operasi yang sebenarnya dengan mengikuti pergerakan tanah yang dipindahkan. Proses dimulai dengan menganggap seluruh alat berada pada lokasi pemuatan pada awal simulasi. Tanah dimuat oleh loader ke truk dan kemudian diangkut ke lokasi penumpahan.

Bila dilakukan lebih dari satu loader, maka loader-loader akan mulai beroperasi pada saat bersamaan dan masing-masing melayani sebuah truk. Operasi dimulai saat loader mulai melakukan pemuatan ke dalam truk. Keadaan yang terjadi diuraikan sebagai berikut:

##### **a. Lokasi pemuatan**

Loader melayani truk dengan melakukan beberapa kali siklus pengisian bucketnya. Waktu pelayanan diasumsikan mengikuti distribusi berbentuk eksponensial (Peurifoy, 1988). Waktu pelayanan loader dihitung mulai dari loader melakukan pengisian bucket pertama kali hingga truk bergerak meninggalkan loader.

Bila pemuatan dilakukan beberapa loader pada saat bersamaan, maka truk meninggalkan lokasi pemuatan dapat tidak sesuai dengan urutan dalam antrian. Setelah truk meninggalkan loader, maka truk berikut dalam antrian bergerak mendekati loader dengan waktu tertentu yang diasumsikan berdistribusi seragam (Peurifoy, 1988). Bila tidak ada truk berikutnya, maka loader harus menunggu kedatangan truk.

### **b. Perjalanan menuju lokasi penumpahan**

Truk menuju lokasi penumpahan dengan urutan sesuai dengan selesainya dimuati oleh loader. Waktu tempuh dihitung mulai dari truk bergerak meninggalkan loader sampai memasuki titik tertentu di lokasi penumpahan. Waktu tempuh diasumsikan mengikuti distribusi eksponensial (Peurifoy, 1988).

Selama perjalanan menuju lokasi penumpahan, truk tidak boleh saling mendahului.

### **c. Lokasi penumpahan**

Pada lokasi penumpahan, kapasitas *dump site* menentukan jumlah truk yang dapat melakukan penumpahan muatan dalam waktu yang bersamaan. Bila kapasitas *dump site* masih dapat menampung, maka truk dapat langsung melakukan penumpahan. Bila kapasitas *dump site* tidak mencukupi, maka truk menunggu giliran antrian.

Waktu mengambil posisi untuk menumpahkan muatan, dihitung mulai truk keluar dari antrian sampai truk siap untuk menumpahkan muatan. Waktu mengambil posisi diasumsikan mengikuti distribusi seragam (Peurifoy, 1988). Waktu penumpahan dihitung dari saat truk siap untuk menumpahkan muatan sampai truk bergerak meninggalkan timbunan. Waktu penumpahan diasumsikan mengikuti distribusi eksponensial (Peurifoy, 1988).

### **d. Perjalanan kembali ke lokasi pemuatan**

Truk meninggalkan lokasi penumpahan sesuai dengan urutan selesainya menumpahkan muatan. Waktu tempuh perjalanan kembali ditentukan mulai truk

bergerak meninggalkan timbunan sampai pada titik tertentu di lokasi pemuatan. Waktu tempuh ini diasumsikan mengikuti bentuk distribusi eksponensial (Peurifoy, 1988).

Setibanya di lokasi pemuatan, bila terdapat loader yang menunggu, maka truk langsung mendekati loader untuk mendapatkan pelayanan. Bila seluruh loader sedang bekerja melayani truk terdahulu, maka truk yang baru tiba menunggu giliran dalam antrian.

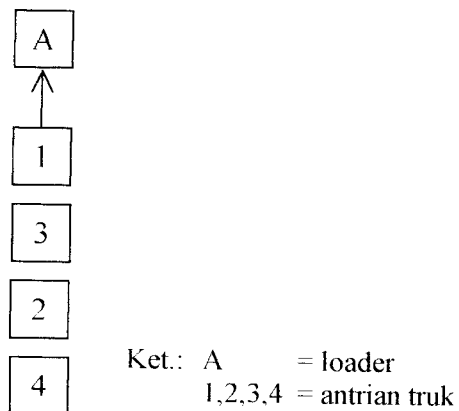
#### **e. Muatan**

Setiap truk yang meninggalkan lokasi pemuatan dilakukan penimbangan, sehingga berat muatannya diketahui. Atau dari kapasitas baknya yang terisi penuh, dapat diketahui volume muatannya. Muatan ini merupakan produksi kombinasi alat untuk satu siklus. Muatan diasumsikan dapat diwakili dengan bentuk distribusi normal (Peurifoy, 1988).

#### **f. Antrian**

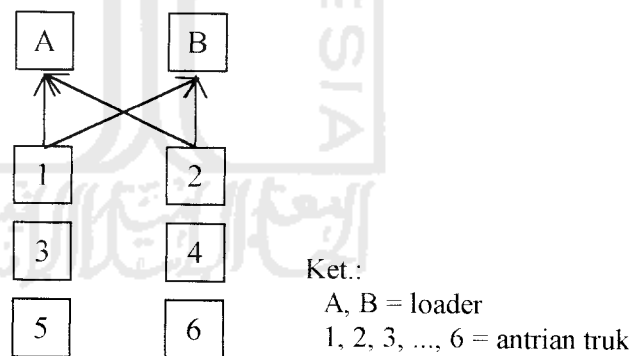
Truk yang mengantri mendapat nomor urut berdasarkan kedatangannya. Agar metode pelayanan loader dapat mengikuti prinsip “pertama datang, pertama dilayani”, maka truk yang paling lama menunggu mendapat giliran terlebih dahulu.

Bila loader yang digunakan untuk melayani sejumlah truk hanya 1 (satu), maka bentuk antrian truk berupa antrian satu baris seperti terlihat pada gambar 4.4 berikut:



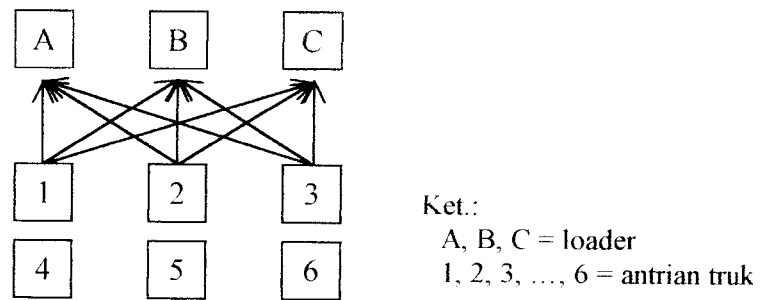
Gambar 4.4 Bagan antrian truk satu baris

Bila 2 unit loader yang digunakan untuk melayani sejumlah truk, maka bentuk antrian truk berupa antrian 2 baris seperti terlihat pada gambar 4.5 di bawah ini.



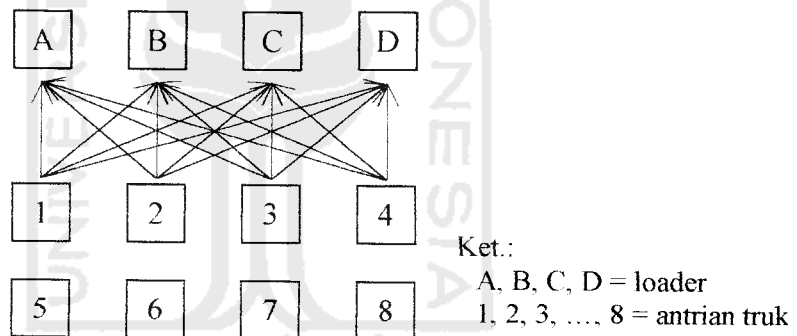
Gambar 4.5 Bagan antrian truk 2 baris

Bila 3 unit loader yang digunakan untuk melayani sejumlah truk, maka bentuk antrian truk berupa antrian 3 baris seperti terlihat pada gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6 Bagan antrian truk 3 baris

Bila 4 unit loader yang digunakan untuk melayani sejumlah truk, maka bentuk antrian truk berupa antrian 4 baris seperti terlihat pada gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 Bagan antrian truk 4 baris

### 4.3 Model Operasi

Operasi kombinasi antara loader dan truk ini merupakan operasi yang berulang untuk periode tertentu dan terlebih dahulu dinyatakan ke dalam sebuah model untuk memudahkan penerjemahannya ke bahasa pemrograman. Model yang digunakan adalah model matematika/symbolik, yaitu model yang menggunakan simbol, huruf dan angka untuk menggambarkan komponen-



komponen sistemnya, dan hubungan antara komponen-komponen sistemnya dinyatakan dengan persamaan atau ketidaksamaan (Pilcher, 1976).

Persamaan-persamaan model matematika yang menyatakan hubungan antara bagian-bagian waktu siklus loader dengan truk di bawah ini dibuat berdasarkan rumus-rumus pada bab III melalui pendekatan logika, dan notasi-notasinya dibuat berdasarkan singkatan Bahasa Inggrisnya.

#### a. Truk

Waktu satu siklus operasi truk dari persamaan 3.15 dapat dijabarkan dengan persamaan model matematika sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu satu siklus} = & WLT_{ij} + ST_{ij} + LT_{ij} + HT_i + \\ & WDT_{ik} + PT_i + DT_i + RT_i \end{aligned} \quad (4.1)$$

dimana:  $i$  = nomor truk = 1, ...,  $m$

$m$  = jumlah truk yang beroperasi

$j$  = nomor loader = 1, ...,  $n$

$n$  = jumlah loader yang beroperasi

$k$  = nomor lokasi penumpahan = 1, ...,  $h$

$h$  = jumlah lokasi penumpahan

$WLT_{ij}$  = *Wait Load Time* = waktu truk nomor  $i$  menunggu pelayanan loader nomor  $j$  di lokasi pemuatan

$ST_{ij}$  = *Spot Time* = waktu truk nomor  $i$  untuk mendekati loader nomor  $j$

$LT_{ij}$  = *Load Time* = waktu pemuatan truk nomor  $i$  oleh loader nomor  $j$

$HT_i$  = *Haul Time* = waktu angkut truk nomor  $i$  menuju lokasi penumpahan

$WDT_{ik}$  = *Wait Dump Time* = waktu truk nomor  $i$  menunggu giliran melakukan penumpahan di lokasi penumpahan  $k$

$PT_i$  = *Position Time* = waktu truk nomor  $i$  mengambil posisi untuk menumpahkan muatan

$DT_i$  = *Dump Time* = waktu truk nomor  $i$  menumpahkan muatan

$RT_i$  = *Return Time* = waktu truk nomor  $i$  kembali ke lokasi pemuatan

Saat dimana truk selesai melakukan segmen-segmen operasinya dihitung sebagai berikut ini.

1. Saat truk selesai dimuati loader

$$TFL_{i,f} = TAL_{i,f-1} + WLT_{ij} + LT_{ij} \quad (4.2)$$

dimana:  $f$  = siklus operasi ke- $f$  dari truk

$TFL_{i,f}$  = *Time Finish Loading* = jam truk nomor  $i$  selesai dimuati loader pada siklus operasi ke- $f$

$TAL_{i,f-1}$  = *Time Arrive Loadsite* = jam truk nomor  $i$  tiba kembali di lokasi pemuatan pada siklus ke- $f-1$

2. Saat truk tiba di lokasi penumpahan

$$TAD_{i,f} = TFL_{i,f} + HT_i \quad (4.3)$$

dimana:  $TAD_{i,f}$  = *Time Arrive Dumpsite* = jam truk nomor  $i$  tiba di lokasi penumpahan pada siklus operasi ke- $f$

3. Saat truk selesai menumpahkan muatan

$$TFD_{i,f} = TAD_{i,f} + WDT_{ik} + PT_i + DT_i \quad (4.4)$$

dimana:  $TFD_{i,f}$  = *Time Finish Dumping* = jam truk nomor  $i$  selesai menumpahkan muatan pada siklus operasi ke- $f$

4. Saat truk tiba kembali di lokasi pemuatan

$$TAL_{i,f} = TFD_{i,f} + RT_i \quad (4.5)$$

dimana:  $TAL_{i,f}$  = *Time Arrive Loadsite* = jam truk nomor  $i$  tiba kembali di lokasi pemuatan pada siklus operasi ke- $f$

### b. Loader

Dengan menggunakan rumus 3.13 yang merupakan persamaan waktu siklus loader untuk cara pemuatan bentuk V, persamaan model matematika saat dimana loader selesai melakukan siklus operasinya dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$TL_{j,g} = TL_{j,g-1} + LST_{ji} + Il_{ji} \quad (4.6)$$

dimana:  $j$  = nomor loader =  $1, \dots, n$

$n$  = jumlah loader yang beroperasi

$g$  = siklus operasi ke- $g$  dari loader

$TL_{j,g}$  = *Time Loader* = jam operasi loader nomor  $j$  selesai melakukan siklus operasinya yang ke- $g$

$TL_{j,g-1}$  = *Time Loader* = jam operasi loader nomor  $j$  selesai melakukan siklus operasinya yang ke- $g-1$

$LST_{ji}$  = *Loader Service Time* = waktu pelayanan loader nomor  $j$  kepada truk nomor  $i$

$Il_{ji}$  = *Idle Loader* = waktu loader nomor  $j$  menunggu truk nomor  $i$

### c. Model sistem operasi kombinasi antara loader dengan truk

Persamaan-persamaan model sistem operasi kombinasi antara loader dengan truk berikut ini dibuat dengan menganggap bahwa pada awal proses operasi seluruh alat berada pada lokasi pemuatan dan jam simulasi ( $T = Time = 0$ ).

Bila dilakukan lebih dari satu loader, maka loader-loader akan mulai beroperasi pada saat bersamaan dan masing-masing melayani sebuah truk, sehingga:

$$\begin{aligned}
 TAL_{i,f} &= 0; & TFL_{i,f} &= 0; & TAD_{i,f} &= 0; \\
 TFD_{i,f} &= 0; & TL_{j,g} &= 0; & IL_{ji} &= 0; \\
 NSA_k &= 0; & WLT_{ij} &= 0; & WDT_{ik} &= 0; \\
 TWLT_i &= 0; & TWDT_i &= 0; & TQM_i &= 0
 \end{aligned}$$

dimana:  $NSA_k$  = *Number Site Available* = jam lokasi penumpahan ke- $k$  dapat digunakan oleh truk berikutnya

$TWLT_i$  = *Total Wait Load Time* = jumlah waktu tunggu truk nomor  $i$  di lokasi pemuatan untuk mendapatkan pelayanan loader =  $\sum_{j=1}^n WLT_{ij}$

$TWDT_i$  = *Total Wait Dump Time* = jumlah waktu tunggu truk nomor  $i$  di lokasi penumpahan =  $\sum_{j=1}^n WDT_{ik}$

$TQM_i$  = *Total Quantity Material* = jumlah tanah yang dipindahkan oleh truk nomor  $i$  pada akhir operasi =  $\sum_{f=1}^f QM_{i,f}$

$QM_{i,f}$  = *Quantity Material* = jumlah tanah yang dipindahkan oleh truk nomor  $i$  pada siklus operasi ke- $f$

Pada operasi pertama,  $f=1$ ,  $g=1$ ,  $i=j$ .

$$TFL_{i,f} = LT_{ij}, \quad i = 1, \dots, m \quad (4.7)$$

$$TL_{j,g} = LST_{ji}, \quad j = 1, \dots, n \quad (4.8)$$

$$LT_{ij} = LST_{ji}$$

Selama kapasitas untuk penumpahan masih mencukupi, maka beberapa truk dapat melakukan penumpahan secara bersamaan, dan sisa truk menunggu dalam antrian. Truk selesai menumpahkan muatan dihitung dengan persamaan (4.4) sebagai berikut:

$$TFD_{i,f(L)} = TAD_{i,f(L)} + PT_{i(L)} + DT_{i(L)} + WDT_{ik(L)}$$

$$TFD_{i,f(L+1)} = TAD_{i,f(L+1)} + PT_{i(L+1)} + DT_{i(L+1)} + WDT_{ik(L+1)}$$

dimana:  $i$  = nomor truk =  $1, \dots, n$

$L$  = nomor urut antrian truk =  $1, \dots, n$

Truk meninggalkan lokasi penumpahan berdasarkan waktu selesai penumpahan terkecil,  $TFD_{i,f(L)}$ , dan tiba kembali di lokasi pemuatan dihitung dengan persamaan (4.5) sebagai berikut:

$$TAL_{i,f(L)} = TFL_{i,f(L)} + RT_{i(L)}$$

$$TAL_{i,f(L+1)} = TFL_{i,f(L+1)} + RT_{i(L+1)}$$

dimana:  $i$  = nomor truk =  $1, \dots, n$

$L$  = nomor urut antrian truk =  $1, \dots, n$

Jumlah trip yang telah dilakukan, jumlah muatan, dan jumlah waktu tunggu truk dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$TRIP_{i,f(L)} = TRIP_{i,f-1} + 1 \quad (4.13)$$

$$TQM_{i,f(L)} = TQM_{i,f-1} + QM_i \quad (4.14)$$

dimana:  $TRIP = Trip$  = satu kali perjalanan truk pulang pergi dari lokasi pemuatan ke lokasi penumpahan

Syarat yang harus dipenuhi, yaitu:

$$TAL_{i,f(L+1)} > TAL_{i,f(L)} \quad (4.15)$$

Operasi selanjutnya, yaitu saat terdapat loader yang telah selesai melayani truk pada operasi sebelumnya dan siap untuk melayani truk berikutnya. Truk yang paling lama menunggu mendapat pelayanan pertama. Bila tidak terdapat truk yang menunggu untuk dilayani, maka loader berhenti beroperasi dan menunggu sampai truk tiba kembali.

Selisih waktu antara jam kedatangan truk di lokasi pemuatan ( $TAL_{i,f}$ ) dengan jam loader siap untuk melayani ( $TL_{j,g}$ ), yaitu:

$$DIF_{2ij} = TAL_{i,f} - TL_{j,g} \quad (4.16)$$

dimana:  $i = \text{nomor truk} = 1, \dots, m$

$j = \text{nomor loader} = 1, \dots, n$

Bila  $DIF_{2ij} > 0$ , berarti loader nomor  $j$  menunggu truk nomor  $i$  selama  $DIF_{2ij}$

$$IL_{ji} = DIF_{2ij} \quad (4.17)$$

$$TIL_{j,g} = TIL_{j,g-1} + IL_{ji} \quad (4.18)$$

Bila  $DIF_{2ij} < 0$ , berarti truk nomor  $i$  menunggu loader nomor  $j$  selama  $-DIF_{2ij}$

$$WLT_{ij} = -DIF_{2ij} \quad (4.19)$$

$$TWLT_{i,f} = TWLT_{i,f-1} + WLT_{ij} \quad (4.20)$$

Bila  $DIF_{2ij} = 0$ , berarti truk dan loader tidak saling menunggu.

Saat truk selesai dimuati loader, dihitung dengan rumus (4.2) sebagai berikut:

$$TFL_{i,f} = TAL_{i,f-1} + WLT_{ij} + ST_{ij} + LT_{ij}$$

Sedangkan jam operasi loader dihitung dengan persamaan (4.6) sebagai berikut:

$$TL_{j,g} = TL_{j,g-1} + H_{ji} + LST_{ji}$$

Jam-jam segmen operasi truk yang lain dihitung dengan rumus yang sama seperti pada operasi pertama. Operasi berakhir bila jam operasi loader ( $TL_{j,g}$ ) dan jam operasi truk tiba kembali ke lokasi pemuatan ( $TAD_{i,f}$ ) telah lebih besar dari lama operasi alat ( $OT = Operation Time$ ).

$$TL_{j,g} > OT \text{ dan } TAD_{i,f} > OT \quad (4.21)$$

Kemudian dapat dihitung harga-harga keluaran, yaitu:

- Waktu tunggu truk nomor  $i$  selama operasi ( $TWT_i = Total Wait Time$ )

$$TWT_i = TWLT_{i,f} + TWDI_{i,f} \quad (4.22)$$

- Efisiensi operasi truk nomor  $i$  ( $ET_i = Effisiensi Truck$ )

$$ET_i = (OT - TAL_{i,f} + TWT_i) / OT \quad (4.23)$$

- Efisiensi operasi loader nomor  $j$  ( $EL_j = Effisiensi Loader$ )

$$EL_j = (OT - TL_{j,g} + TIL_{j,g}) / OT \quad (4.24)$$

- Waktu tunggu truk rata-rata ( $TWT_{AV} = Total Wait Time Average$ )

$$TWT_{AV} = \left( \sum_{i=1}^m TWT_i \right) / m \quad (4.25)$$

- Waktu tunggu loader rata-rata ( $TIL_{AV} = Total Idle Loader Average$ )

$$TIL_{AV} = \left( \sum_{j=1}^n TIL_j \right) / n \quad (4.26)$$

- Jumlah trip yang dilakukan oleh semua truk ( $TTRIP = Total Trip$ )

$$TTRIP = \sum_{i=1}^m TRIP_i \quad (4.27)$$

- Jumlah total tanah yang dipindahkan selama waktu operasi alat ( $TTQM = Total\ Total\ Quantity\ Material$ )

$$TTQM = \sum_{i=1}^m TQM_i \quad (4.28)$$

- Efisiensi rata-rata truk ( $EFT_{AV} = Efficiency\ Truck\ Average$ )

$$EFT_{AV} = \left( \sum_{i=1}^m ET_i \right) / m \quad (4.29)$$

- Efisiensi rata-rata loader ( $EFL_{AV} = Efficiency\ Loader\ Average$ )

$$EFL_{AV} = \left( \sum_{j=1}^n EL_j \right) / n \quad (4.30)$$

- Biaya satuan pekerjaan ( $UCOST = Unit\ Cost$ )

$$UCOST = \frac{(OT \times (m \times COT + n \times COL))}{TTQM} \quad (4.31)$$

dimana:  $COT = Cost\ of\ Truck =$  biaya sewa dan operasi 1 truk tiap jam

$COL = Cost\ of\ Loader =$  biaya sewa dan operasi 1 loader tiap jam

#### 4.4 Algoritma Simulasi

Untuk memudahkan penerjemahan model simulasi operasi antara loader dengan truk tersebut di atas ke dalam bahasa pemrograman, maka sebelumnya dibuat urutan langkah-langkah logis penyelesaiannya yang disusun secara sistematis terlebih dahulu. Urutan langkah-langkah ini disebut dengan algoritma simulasi (Munir, 2000).



Awal simulasi adalah dengan mengoperasikan seluruh loader pada saat bersamaan, dan didapat jam loader selesai melayani truk, jam truk tiba di lokasi penumpahan, jam truk selesai melakukan penumpahan, jam truk tiba kembali di lokasi pemuatan, dan jam dimana lokasi penumpahan selesai digunakan.

Perubahan waktu selama simulasi berdasarkan perubahan kejadian, jam loader selesai melayani truk ( $TL_{j,g} = FinishLoading$ ) dan jam truk tiba kembali di lokasi pemuatan ( $TAL_{i,f} = ArrATLoadSite$ ) digunakan untuk menggerakkan jam simulasi.

Setiap alat mempunyai jam simulasi sebagai penunjuk waktu, dimana alat tersebut selesai melakukan suatu bagian operasinya. Jam simulasi alat bergerak, bila alat tersebut beroperasi, dan berhenti bergerak bila alat sedang menunggu.

Jam simulasi ( $OT = Clock$ ) bergerak ke jam terkecil antara jam operasi loader ( $TL_{j,g} = ClockLoader$ ) dengan jam truk tiba kembali di lokasi pemuatan ( $TAL_{i,f} = ArrATLoadSite$ ), dan kejadian yang timbul saat itu diketahui dengan membandingkan jam simulasi ( $OT = Clock$ ) dengan jam simulasi setiap alat. Kejadian yang mungkin timbul, yaitu:

**a. Loader ada yang selesai melakukan pemuatan**

Bila ada truk dalam antrian, maka loader langsung melayani truk berikut dalam antrian. Waktu tunggu truk selama dalam antrian dihitung. Bila tidak terdapat truk yang sedang menunggu untuk dimuati, maka loader menunggu.

**b. Ada truk datang dari lokasi penumpahan**

Bila ada loader yang menunggu atau telah selesai memuati truk yang terdahulu, maka truk ini langsung mendapatkan pelayanan. Loader yang paling lama menunggu mendapatkan giliran pertama. Waktu tunggu loader dihitung dari

saat truk terakhir meninggalkan loader tersebut hingga ada truk mendekat dan siap dilayani loader. Bila seluruh loader sedang beroperasi, maka truk menunggu dalam antrian.

Pada lokasi penumpahan, waktu tunggu truk dihitung mulai truk masuk dalam antrian sampai saat bergerak meninggalkan antrian untuk mengambil posisi, yang dianggap bersamaan dengan saat truk terdahulu bergerak meninggalkan timbunan.

Proses di atas berjalan sampai akhir operasi, yaitu lama operasi sama dengan jam simulasi ( $OT = Clock$ ). Bila dalam suatu operasi jam operasi alat, yaitu jam loader selesai melayani truk atau jam truk tiba kembali di lokasi pemuatan melewati lama simulasi, maka alat tersebut tidak jadi dioperasikan.

Algoritma model simulasi operasi antara loader dan truk dalam pekerjaan pemindahan tanah yang berjarak tetap sebagai berikut ini, sedangkan bagan alir program SIM.EXE-nya dapat dilihat pada gambar 4.8.

#### **Algoritma MODEL\_SIMULASI\_OPERASI\_LOADER\_DAN\_TRUK**

Prosedur Exponensial( $A, Ex, XE$ ) {untuk membangkitkan distribusi eksponensial}  
 $XE = A - Ex * \ln(Random)$  { $XE$  = waktu alat hasil dari proses pembangkitan variabel  $A$  dan  $Ex$  yang berdistribusi eksponensial;  
 $A$  = waktu alat terlama;  $Ex$  = waktu alat tercepat}

EndProsedur

Prosedur Uniform( $A, B, XU$ ) {untuk membangkitkan distribusi seragam}  
 $XU = A + (B - A) * Random$  { $XU$  = waktu alat hasil dari proses pembangkitan variabel  $A$  dan  $B$  yang berdistribusi seragam;  
 $A$  = waktu alat tercepat;  $B$  = waktu alat terlama}

EndProsedur

Prosedur Normal( $Ex, Std, XN$ ) {untuk membangkitkan distribusi normal}  
 $Sum = 0$  {jumlah awal bilangan acak}

untuk  $I = 1$  sampai 12 lakukan

$Sum = Sum + Random$

enduntuk

$XN = StdX * (Sum - 6) + Ex$       { $XN =$  muatan alat hasil dari proses pembangkitan variabel  $Ex$  dan  $StdX$  yang berdistribusi normal;  
 $Ex =$  muatan truk ketika meninggalkan lok. pemuatan;  
 $StdX =$  faktor muatan}

EndProsedur

Prosedur *Ranking*( $Temp$ ,  $Counter$ )      {untuk menentukan prioritas truk yang beroperasi}

Untuk  $I = 1$  sampai  $Counter$  lakukan      { $Counter =$  penampung penghitung jam simulasi}

untuk  $J = 1$  sampai  $Counter$  lakukan

jika  $Temp[I] > Temp[J]$  maka      { $Temp =$  penampung penampung-sementara}

$Temporary = Temp[I]$

$Temp[I] = Temp[J]$

$Temp[J] = Temporary$

endjika

enduntuk

endUntuk

EndProsedur

Prosedur *Rearrange*( $Temp$ ,  $Counter$ )      {untuk mengatur kembali prioritas truk yang beroperasi}

Jika  $Counter \geq 2$  maka

untuk  $I = 2$  sampai  $Counter$  lakukan

$Temp[I-1] = Temp[I]$

enduntuk

$Temp[Counter] = 0$

endJika

Kalau tidak

Jika  $Counter = 1$  maka

$Temp[1] = Temp[2]$

$Temp[2] = 0$

endJika

EndProsedur

{\*\*Program Utama\*\*}

Baca masukan *Truck*      {jumlah truk}

Baca masukan *Loader*      {jumlah loader}

Baca masukan *KapDumpSite*      {jumlah kapasitas penumpahan}

Baca masukan *CostOfTruck*      {biaya sewa dan operasi 1 truk}

Baca masukan *CostOfLoader*      {biaya sewa dan operasi 1 loader}

Baca masukan *Durasi*      {lama operasi}

$SumEffTruckAv = 0$       {jumlah efisiensi truk rata-rata}

$SumEffLoaderAv = 0$       {jumlah efisiensi loader rata-rata}

$SumTQuantityHaul = 0$       {jumlah total produksi alat}

$SumUnitCost = 0$       {jumlah biaya satuan produksi alat}

$Iterasi = 100$       {banyaknya iterasi}

Untuk  $K = 1$  sampai Iterasi lakukan

Tulis Simulasi ke =  $K$

{\*\*Kondisi awal sebelum operasi simulasi dilakukan\*\*}

Untuk  $J = 1$  sampai Truck lakukan

$TurnForLoading[J] = 0$  {giliran truk no.  $J$  dimuati loader}  
 $TurnForHauling[J] = 0$  {giliran truk no.  $J$  mengangkut muatan}  
 $TurnForReturning[J] = 0$  {giliran truk no.  $J$  kembali ke lok. pemuatan}  
 $UnitCost = 0$  {biaya satuan produksi alat}  
 $IdleLoading[J] = 0$  {waktu tunggu truk no.  $J$  untuk dimuati loader}  
 $IdleDumping[J] = 0$  {waktu tunggu truk no.  $J$  untuk melakukan penumpahan}  
 $TIdleLoading[J] = 0$  {total waktu tunggu truk no.  $J$  untuk dimuati loader}  
 $TIdleDumping[J] = 0$  {total waktu tunggu truk no.  $J$  untuk melakukan penumpahan}  
 $IdleTruck[J] = 0$  {total waktu tunggu truk no.  $J$ }  
 $TripTruck[J] = 0$  {jumlah perjalanan truk no.  $J$ }  
 $FinishLoading[J] = 0$  {jam simulasi dimana truk no.  $J$  selesai dimuati loader}  
 $FinishDumping[J] = 0$  {jam simulasi dimana truk no.  $J$  selesai melakukan penumpahan}  
 $ArrAtLoadSite[J] = 0$  {jam simulasi dimana truk no.  $J$  kembali ke lok. pemuatan}  
 $ArrAtDumpSite[J] = 0$  {jam simulasi dimana truk no.  $J$  sampai di lok. penumpahan}  
 $QuantityHaul[J] = 0$  {jumlah muatan yang diangkut truk no.  $J$ }  
 $TQuantityHaul[J] = 0$  {total jumlah muatan yang diangkut truk no.  $J$ }  
 $EffTruck[J] = 0$  {efisiensi truk no.  $J$ }  
 $NextSiteAv[J] = 0$  {lokasi penumpahan yang kosong yang dijumpai truk no.  $J$ }  
 $Temp1[J] = 0$  {penampung sementara waktu truk no.  $J$  selama melakukan kegiatan di lokasi pemuatan}  
 $Temp2[J] = 0$  {penampung sementara waktu truk no.  $J$  selama melakukan kegiatan di lokasi penumpahan}  
 $Temp3[J] = 0$  {penampung sementara waktu truk no.  $J$  memasuki antrian di lokasi pemuatan}

EndUntuk

Untuk  $L = 1$  sampai Loader lakukan

$IdleLoader[L] = 0$  {waktu tunggu loader no.  $L$ }  
 $TIdleLoader[L] = 0$  {total waktu tunggu loader no.  $L$ }  
 $EffLoader[L] = 0$  {efisiensi loader no.  $L$ }  
 $TurnOffLoader[L] = 0$  {giliran loader no.  $L$  melakukan pelayanan terhadap truk}

EndUntuk

$SiteAvailable = 0$  {lokasi penumpahan yang tersedia}  
 $TEffLoader = 0$  {total efisiensi loader}  
 $TEffTruck = 0$  {total efisiensi truk}  
 $EffLoaderAv = 0$  {efisiensi loader rata-rata}  
 $EffTruckAv = 0$  {efisiensi truk rata-rata}  
 $NoQueueLoad = 0$  {nomor antrian truk untuk mendapatkan pelayanan loader}  
 $Clock = 0$  {jam simulasi}  
 $TClock = 0$  {sisa jam simulasi}  
 $Count1 = 0$  {penghitung jam simulasi di lokasi pemuatan}  
 $Count2 = 0$  {penghitung jam simulasi di lokasi penumpahan}  
 $Count3 = 0$  {penghitung jam simulasi antrian truk di lokasi pemuatan}

```

PrevHaulTime = 0      {waktu angkut truk ke lok. penumpahan sebelumnya}
PrevReturnTime = 0   {waktu kembali truk ke lok. pemuatan sebelumnya}

{**Mengoperasikan seluruh loader pada awal simulasi**}
Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
  Exponensial(A, Ex, XLoad)      {XLoad = waktu pelayanan loader}
  ClockLoader[I] = XLoad        {ClockLoader = jam simulasi loader no. I}
  Temp1[I] = XLoad
  FinishLoading[I] = XLoad
  Count1 = Count1 + 1
EndUntuk
Ranking(Temp1, Count1)
RemTruck = Truck - Loader      {RemTruck = truk yang tersisa dalam antrian}
Jika RemTruck < 0 maka RemTruck = 0
RemLoader = Loader - Loader    {RemLoader = loader yang tersisa}

{**Memberi nomor urut selesainya loading dan digunakan untuk identifikasi
  truk dan loader yang selesai, serta urutan pengangkutan**}
Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
  untuk J = 1 sampai Loader lakukan
    jika (FinishLoading[J] = Temp1[I]) dan (TurnForHauling[J] = 0) maka
      TurnForHauling[J] = I
      J = Loader
    endifika
  enduntuk
EndUntuk

Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
  untuk J = 1 sampai Loader lakukan
    jika TurnForHauling[J] = I maka
      Exponensial(A, Ex, XHaul)      {XHaul = waktu angkut truk dari lok. pemuatan
                                      ke lok. penumpahan}
      Uniform(A, B, FPosition)      {FPosition = waktu truk mengambil posisi untuk
                                      melakukan penumpahan}
      Exponensial(A, Ex, XDump)     {XDump = waktu truk melakukan penumpahan}
      ArrAtDumpSite[J] = FinishLoading[J] + XHaul
      jika PrevHaulTime = 0 maka PrevHaulTime = ArrAtDumpSite[J]
      kalau tidak
      jika ArrAtDumpSite[J] > PrevHaulTime maka PrevHaulTime = ArrAtDumpSite[J]
      kalau tidak
      PrevHaulTime = PrevHaulTime + 0,15
      ArrAtDumpSite[J] = PrevHaulTime
    endkalau tidak
  jika KapDumpSite > 1 maka      {KapDumpSite = jumlah lokasi penumpahan}
    untuk L = 1 sampai KapDumpSite lakukan
      untuk M = L+1 sampai KapDumpSite lakukan
        jika NextSiteAv[L] > NextSiteAv[M] maka
          SiteAvailable = NextSiteAv[L]
          NextSiteAv[L] = NextSiteAv[M]

```

```

        NextSiteAv[M] = SiteAvailable
    endjika
enduntuk
enduntuk
endjika
SiteAvailable = NextSiteAv[1]
TimeDiffer2 = SiteAvailable - ArrAtDumpSite[J]    {TimeDiffer2 = selisih jam simulasi}
{**Proses penghitungan waktu tunggu truk di lokasi penumpahan (IdleDumping)**}
jika TimeDiffer2 > 0 maka
    IdleDumping[J] = TimeDiffer2
endjika
kalau tidak
    IdleDumping[J] = 0
endkalau tidak

FinishDumping[J] = ArrAtDumpSite[J] + FPosition + XDump + IdleDumping[J]
TIdleDumping[J] = TIdleDumping[J] + IdleDumping[J]
jika (IdleDumping[J] > Durasi) atau (TIdleDumping[J] > Durasi)
atau (IdleDumping[J] < 0) atau (TIdleDumping[J] < 0) maka
    halt    {halt = berhenti}

NextSiteAv[1] = FinishDumping[J]
TurnForHauling[J] = 0
Count2 = Count2 + 1
Temp2[Count2] = FinishDumping[J]
endjika
enduntuk
EndUntuk
Ranking(Temp2, Count2)

Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
    untuk J = 1 sampai Loader lakukan
        jika (FinishDumping[J] = Temp2[J]) dan (TurnForReturning[J] = 0) maka
            TurnForReturning[J] = 1
            J = Loader
        endjika
    enduntuk
endUntuk

Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
    untuk J = 1 sampai Loader lakukan
        jika (FinishDumping[J] = FinisDumping[J]) maka
            jika (ArrAtDumpSite[I] > ArrAtDumpSite[J]) maka
                Turn = TurnForReturning[J]
                TurnForReturning[I] = TurnForReturning[J]
                TurnForReturning[J] = Turn
            endjika
        endjika
    enduntuk
EndUntuk

```

```

Untuk  $J = 1$  sampai Loader lakukan
  untuk  $J = 1$  sampai Loader lakukan
    jika TurnForReturning[ $J$ ] =  $J$  maka
      Exponensial( $A, Ex, XReturn$ )      { $XReturn$  = waktu kembali truk ke lokasi pemuatan}
      ArrAtLoadSite[ $J$ ] = FinishDumping[ $J$ ] +  $XReturn$ 
      jika PrevReturnTime = 0 maka PrevReturnTime = ArrAtLoadSite[ $J$ ]
      kalau tidak
      jika PrevReturnTime < ArrAtLoadSite[ $J$ ] maka PrevReturnTime = ArrAtLoadSite[ $J$ ]
      kalau tidak
      ArrAtLoadSite[ $J$ ] = PrevReturnTime + 0,15
      PrevReturnTime = ArrAtLoadSite[ $J$ ]
    endkalau tidak
    Count3 = Count3 + 1
    Temp3[Count3] = PrevReturnTime
    TurnForReturning[ $J$ ] = 0
  endjika
enduntuk
EndUntuk
Ranking(Temp3, Count3)

{**Menyusun giliran truk yang terdapat dalam antrian untuk loading berikutnya**}
Jika RemTruck > 0 maka
  untuk  $I = (Loader + 1)$  sampai Truck lakukan
    TurnForLoading[ $I$ ] =  $I - Loader$ 
  enduntuk
EndJika
NoQueueLoad = Truck - Loader
Jika NoQueueLoad < 0 maka NoQueueLoad = 0
Ranking(Temp2, Count2)
Ranking(Temp3, Count3)

{**Membandingkan waktu terkecil untuk menggerakkan jam simulasi**}
Selama Clock < Durasi lakukan {***CLOCK***}
  jika (Temp1[1] = Temp3[1]) dan (Temp1[1] > 0) maka
    Rearrange(Temp3, Count3)
    Count3 = Count3 - 1
  endjika
  jika ((Temp1[1] < Temp3[1]) dan (Count1 > 0) dan (Count3 > 0)) atau
    ((Count1 > 0) dan (Count3 = 0)) maka
    TClock = Temp1[1]
    Rearrange(Temp1, Count1)
    Count1 = Count1 - 1
  endjika
  kalau tidak
  jika ((Temp1[1] > Temp3[1]) dan (Count1 > 0) dan (Count3 > 0)) atau
    ((Count1 = 0) dan (Count3 > 0)) maka
    TClock = Temp3[1]
    Rearrange(Temp3, Count3)
    Count3 = Count3 - 1

```

```

endjika
kalau tidak
jika ((Count1 = 0) dan (Count3 = 0)) maka goto QUIT
jika TClock > Clock maka Clock = TClock
kalau tidak
jika TClock < Clock maka Exit
kalau tidak halt

{**Operasi selanjutnya dengan jam simulasi (Clock), digerakkan berdasarkan
kejadian yang paling kecil**}
Untuk I = 1 sampai Loader lakukan {**LOADER**}
jika (ClockLoader[I] = Clock) dan (TurnOfLoader[I] = 0) dan (NoQueueLoad > 0) maka
untuk J = 1 sampai Truck lakukan
jika TurnForLoading[J] = 1 maka
Uniform(A, B, FSpot) {FSpot = waktu truk untuk mendekati loader}
Exponensial(A, Ex, XLoad)
Exponensial(A, Ex, XHaul)
NextLoaderFree = FSpot + ClockLoader[I] + XLoad
{NextLoaderFree = loader berikutnya yang menganggur}
jika NextLoaderFree < Durasi maka
NextArrAtDumpSite = NextLoaderFree + XHaul
jika NextArrAtDumpSite > PrevHaulTime maka
TPrevHaulTime = NextArrAtDumpSite
kalau tidak
jika NextArrAtDumpSite ≤ PrevHaulTime maka
NextArrAtDumpSite = PrevHaulTime + 0,15
TPrevHaulTime = NextArrAtDumpSite
endjika
jika NextArrAtDumpSite < Durasi maka
Uniform(A, B, FPosition)
Exponensial(A, Ex, XDump)
jika KapDumpSite > 1 maka
untuk L = 1 sampai KapDumpSite lakukan
untuk M = L+1 sampai KapDumpSite lakukan
jika NextSiteAv[L] > NextSiteAv[M] maka
SiteAvailable = NextSiteAv[L]
NextSiteAv[L] = NextSiteAv[M]
NextSiteAv[M] = SiteAvailable
endjika
enduntuk
enduntuk
endjika
jika NextArrAtDumpSite < NextSiteAv[1] maka
NextFinishDumping = NextSiteAv[1] + FPosition + XDump
kalau tidak
NextFinishDumping = NextArrAtDumpSite + FPosition + XDump
jika NextFinishDumping < Durasi maka

```



$Exponensial(A, Ex, XReturn)$   
 $NextArrAtLoadSite = NextFinishDumping + XReturn$   
jika  $NextArrAtLoadSite > PrevReturnTime$  maka  
 $TPrevReturnTime = NextArrAtLoadSite$   
 kalau tidak  
jika  $NextArrAtLoadSite \leq PrevReturnTime$  maka  
 $NextArrAtLoadSite = PrevReturnTime + 0,15$   
 $TPrevReturnTime = NextArrAtLoadSite$   
endjika  
jika  $NextArrAtLoadSite < Durasi$  maka  
 $TurnForLoading[J] = 0$   
 $TimeDiffer1 = ClockLoader[I] - ArrAtLoadSite[J]$   
jika  $TimeDiffer1 > 0$  maka  
 $IdleLoading[J] = TimeDiffer1$   
 $IdleLoader[I] = 0$   
endjika  
 kalau tidak  
jika  $TimeDiffer1 = 0$  maka  
 $IdleLoading[J] = 0$   
 $IdleLoader[I] = 0$   
endjika  
 kalau tidak  
jika  $TimeDiffer1 < 0$  maka  
 $IdleLoader[I] = -TimeDiffer1$   
 $IdleLoading[J] = 0$   
endjika  
 $TIdleLoading[J] = TIdleLoading[J] + IdleLoading[J]$   
 $TIdleLoader[I] = TIdleLoader[I] + IdleLoader[I]$   
jika  $(IdleLoading[J] > Durasi)$  atau  $(IdleLoader[I] > Durasi)$  atau  
 $(TIdleLoading[J] > Durasi)$  atau  $(TIdleLoader[I] > Durasi)$  maka  
halt  
 $ArrAtDumpSite[J] = NextArrAtDumpSite$   
 $TimeDiffer2 = NextSiteAv[1] - ArrAtDumpSite[J]$   
jika  $TimeDiffer2 > 0$  maka  $IdleDumping[J] = TimeDiffer2$   
 kalau tidak  $IdleDumping[J] = 0$   
 $TIdleDumping[J] = TIdleDumping[J] + IdleDumping[J]$   
jika  $(IdleDumping[J] > Durasi)$  atau  $(TIdleDumping[J] > Durasi)$  atau  
 $(IdleDumping[J] < 0)$  atau  $(TIdleDumping[J] < 0)$  maka  
halt  
 $FinishLoading[J] = NextLoaderFree$   
 $Count1 = Count1 + 1$   
 $Count2 = Count2 + 1$   
 $Count3 = Count3 + 1$   
 $ClockLoader[I] = NextLoaderFree$   
 $Temp1[Count1] = NextLoaderFree$   
 $Temp2[Count2] = NextFinishDumping$   
 $Temp3[Count3] = NextArrAtLoadSite$

```

FinishDumping[J] = NextFinishDumping
ArrAtLoadSite[J] = NextArrAtLoadSite
NextSiteAv[1] = FinishDumping[J]
PrevReturnTime = TPrevReturnTime
PrevHaulTime = TPrevHaulTime
jika NoQueueLoad  $\geq$  2 maka
  untuk L = 1 sampai Truck lakukan
    jika TurnForLoading[L] > 0 maka
      TurnForLoading[L] = TurnForLoading[L] - 1
    enduntuk
  endjika
  NoQueueLoad = NoQueueLoad - 1
  J = Truck
endjika {**NextArrAtLoadSite < Durasi**}

kalau tidak
jika NextArrAtLoadSite  $\geq$  Durasi maka
  QUEUELOADER:
  RemLoader = RemLoader + 1
  TurnOfLoader[I] = RemLoader
  J = Truck
endjika
endjika {**NextFinishDumping < Durasi**}
kalau tidak goto QUEUELOADER
endjika {**NextArrAtDumpSite < Durasi**}
kalau tidak goto QUEUELOADER
endjika {**NextLoaderFree < Durasi**}
kalau tidak goto QUEUELOADER
endjika {**TurnForLoading[J] = 1**}
enduntuk {**J = 1 sampai Truck**}
endjika {**(ClockLoader[I] = Clock) dan (TurnOfLoader[I] = 0) dan (NoQueueLoad > 0)**}

kalau tidak
jika (ClockLoader[I] = Clock) dan (TurnOfLoader[I] = 0) dan (NoQueueLoad = 0) maka
  RemLoader = RemLoader + 1
  TurnOfLoader[I] = RemLoader
  jika (RemLoader > Loader) maka Exit
endjika
EndUntuk {***LOADER***}

Ranking(Temp1, Count1)
Ranking(Temp3, Count3)

Untuk I = 1 sampai Truck lakukan {***TRUCK***}
  Jika ArrAtLoadSite[I] = Clock maka
    Normal(Ex, Std, QHaul) {QHaul = muatan yang diangkut truk}
    QuantityHaul[I] = QuantityHaul[I] + QHaul
    TripTruck[I] = TripTruck[I] + 1
    IdleTruck[I] = IdleTruck[I] + IdleDumping[I] + IdleLoading[I]
    jika (NoQueueLoad = 0) dan (RemLoader > 0) maka

```

*Exponensial(A, Ex, XLoad)*  
*Exponensial(A, Ex, XHaul)*  
*Uniform(A, B, FSpot)*  
 $NextLoaderFree = FSpot + ArrAtLoadSite[I] + XLoad$   
jika  $NextLoaderFree < Durasi$  maka  
 $NextArrAtDumpSite = NextLoaderFree + XHaul$   
jika  $NextArrAtDumpSite > PrevHaulTime$  maka  
 $TPrevHaulTime = NextArrAtDumpSite$   
 kalau tidak  
 $NextArrAtDumpSite = PrevHaulTime + 0,15$   
 $TPrevHaulTime = NextArrAtDumpSite$   
endkalau tidak  
jika  $NextArrAtDumpSite < Durasi$  maka  
*Uniform(A, B, FPosition)*  
*Exponensial(A, Ex, XDump)*  
jika  $KapDumpSite > 1$  maka  
 untuk  $L = 1$  sampai  $KapDumpSite$  lakukan  
 untuk  $M = L + 1$  sampai  $KapDumpSite$  lakukan  
jika  $NextSiteAv[L] > NextSiteAv[M]$  maka  
 $SiteAvailable = NextSiteAv[L]$   
 $NextSiteAv[L] = NextSiteAv[M]$   
 $NextSiteAv[M] = SiteAvailable$   
endjika  
enduntuk  
enduntuk  
endjika  
jika  $NextArrAtDumpSite < NextSiteAv[1]$  maka  
 $NextFinishDumping = NextSiteAv[1] + FPosition + XDump$   
 kalau tidak  
 $NextFinishDumping = NextArrAtDumpSite + FPosition + XDump$   
jika  $NextFinishDumping < Durasi$  maka  
*Exponensial(A, Ex, XReturn)*  
 $NextArrAtLoadSite = NextFinishDumping + XReturn$   
jika  $NextArrAtLoadSite > PrevReturnTime$  maka  
 $TPrevReturnTime = NextArrAtLoadSite$   
 kalau tidak  
jika  $NextArrAtLoadSite \leq PrevReturnTime$  maka  
 $NextArrAtLoadSite = PrevReturnTime + 0,15$   
 $TPrevReturnTime = NextArrAtLoadSite$   
endjika  
jika  $NextArrAtLoadSite < Durasi$  maka  
 $TurnForLoading[I] = 0$   
 untuk  $I = 1$  sampai  $Loader$  lakukan  
jika  $TurnOfLoader[L] = 1$  maka  
 $TimeDiffer1 = ClockLoader[L] - ArrAtLoadSite[I]$   
jika  $TimeDiffer1 > 1$  maka  
 $IdleLoading[I] = TimeDiffer1$

```

    IdleLoader[L] = 0
  endjika
  kalau tidak
  jika TimeDiffer1 = 0 maka
    IdleLoading[I] = 0
    IdleLoader[L] = 0
  endjika
  kalau tidak
  jika TimeDiffer1 < 0 maka
    IdleLoader[L] = -TimeDiffer1
    IdleLoading[I] = 0
  endjika
  TIdleLoader[L] = TIdleLoader[L] + IdleLoader[L]
  TIdleLoading[I] = TIdleLoading[I] + IdleLoading[I]
  jika (IdleLoading[I] > Durasi) atau (IdleLoader[L] > Durasi) atau
    (TIdleLoading[I] > Durasi) atau (TIdleLoader[L] > Durasi) maka
    halt
    ClockLoader[L] = NextLoaderFree
    TurnOffLoader[L] = 0
    L = Loader
  endjika  {** TurnOffLoader[L] = 1 **}
  endjika  {** L = 1 sampai Loader **}
  RemLoader = RemLoader - 1
  untuk L = 1 sampai Loader lakukan
    jika TurnOffLoader[L] > 0 maka TurnOffLoader[L] = TurnOffLoader[L] - 1
  enduntuk
  TimeDiffer2 = NextSiteAv[1] - NextArrAtDumpSite
  jika TimeDiffer2 > 0 maka IdleDumping[I] = TimeDiffer2
  kalau tidak IdleDumping[I] = 0
  TIdleDumping[I] = TIdleDumping[I] + IdleDumping[I]
  jika (IdleDumping[I] > Durasi) atau (TIdleDumping[I] > Durasi) atau
    (IdleDumping[I] < 0) atau (TIdleDumping[I] < 0) maka
    halt
    FinishLoading[I] = NextLoaderFree
    ArrAtDumpSite[I] = NextArrAtDumpSite
    Count1 = Count1 + 1
    Count3 = Count3 + 1
    Temp3[Count3] = NextArrAtLoadSite
    Temp1[Count1] = FinishLoading[I]
    FinishDumping[I] = NextFinishDumping
    ArrAtLoadSite[I] = NextArrAtLoadSite
    NextSiteAv[1] = FinishDumping[I]
    PrevReturnTime = TPrevReturnTime
    PrevHaulTime = TPrevHaulTime
  endjika  {** NextArrAtLoadSite < Durasi **}
  kalau tidak

```

```

    jika  $NextArrAtLoadSite \geq Durasi$  maka
      QUEUETRUCK:
       $NoQueueLoad = NoQueueLoad + 1$ 
       $TurnForLoading[I] = NoQueueLoad$ 
    endifika
    endifika {**NextFinishDumping < Durasi**}
    kalau tidak goto QUEUETRUCK
    endifika {**NextArrAtLoadSite < Durasi**}
    kalau tidak goto QUEUETRUCK
    endifika {**NextLoaderFree < Durasi**}
    kalau tidak goto QUEUETRUCK
    endifika {**(NoQueueLoad = 0) dan (RemLoader > 0)**}
    kalau tidak
    jika  $(NoQueueLoad > 0)$  atau  $(RemLoader = 0)$  maka
       $NoQueueLoad = NoQueueLoad + 1$ 
       $TurnForLoading[I] = NoQueueLoad$ 
    endifika
    endifika {**ArrAtLoadSite[I] = Clock**}
  EndUntuk {***TRUCK***}
  Ranking(Temp1, Count1)
  Ranking(Temp3, Count3)
EndSelama {***'LOCK'***}

QUIT:
Jika  $(RemLoader \neq Loader)$  atau  $(NoQueueLoad \neq Truck)$  maka
  goto STOP

WorkingHour =  $Trunc(Durasi / 60)$  {WorkingHour = jam kerja kombinasi alat}
Untuk I = 1 sampai Loader lakukan
   $TIdleLoader[I] = TIdleLoader[I] + Durasi - ClockLoader[I]$ 
   $EffLoader[I] = ((Durasi - TIdleLoader[I]) / Durasi) * 100$ 
   $TEffLoader = TEffLoader + EffLoader[I]$ 
EndUntuk

Untuk I = 1 sampai Truck lakukan
   $IdleTruck[I] = TIdleLoading[I] + TIdleDumping[I]$ 
   $IdleTruck[I] = IdleTruck[I] + Durasi - ArrAtLoadSite[I]$ 
   $EffTruck[I] = ((Durasi - IdleTruck[I]) / Durasi) * 100$ 
   $TEffTruck = TEffTruck + EffTruck[I]$ 
   $TotalTripTruck = TotalTripTruck + TripTruck[I]$ 
   $TQuantityHaul = TQuantityHaul + QuantityHaul[I]$ 
   $TTIdleLoading = TTIdleLoading + IdleLoading[I]$ 
   $TTIdleDumping = TTIdleDumping + IdleDumping[I]$ 
EndUntuk

IdleLoadingAv =  $TTIdleLoading / Truck$ 
IdleDumpingAv =  $TTIdleDumping / Truck$ 
EffLoaderAv =  $TEffLoader / Loader$ 
EffTruckAv =  $TEffTruck / Truck$ 

```

$$\text{UnitCost} = (\text{WorkingHour} * (\text{Loader} * \text{CostOfLoader} + \text{Truck} * \text{CostOfTruck})) / \text{TQuantityHaul}$$

$$\text{SumIdleLoadingAv} = \text{SumIdleLoadingAv} + \text{IdleLoadingAv}$$

$$\text{SumIdleDumpingAv} = \text{SumIdleDumpingAv} + \text{IdleDumpingAv}$$

$$\text{SumTotalTripTruck} = \text{SumTotalTripTruck} + \text{TotalTripTruck}$$

$$\text{SumEffTruckAv} = \text{SumEffTruckAv} + \text{EffTruckAv}$$

$$\text{SumEffLoaderAv} = \text{SumEffLoaderAv} + \text{EffLoaderAv}$$

$$\text{SumTQuantityHaul} = \text{SumTQuantityHaul} + \text{TQuantityHaul}$$

$$\text{SumUnitCost} = \text{SumUnitCost} + \text{UnitCost}$$

STOP:

End

$$\text{EffLoaderAv} = \text{SumEffLoaderAv} / \text{Iterasi}$$

$$\text{EffTruckAv} = \text{SumEffTruckAv} / \text{Iterasi}$$

$$\text{TQuantityHaul} = \text{SumTQuantityHaul} / \text{Iterasi}$$

$$\text{UnitCost} = \text{SumUnitCost} / \text{Iterasi}$$

Tulis CostOfTruck {biaya sewa dan operasi 1 truk (Rp/jam)}

Tulis CostOfLoader {biaya sewa dan operasi 1 loader (Rp/jam)}

Tulis Durasi {lama operasi alat (menit)}

Tulis Truck {jumlah truk}

Tulis Loader {jumlah loader}

Tulis KapDumpSite {jumlah lokasi penumpahan}

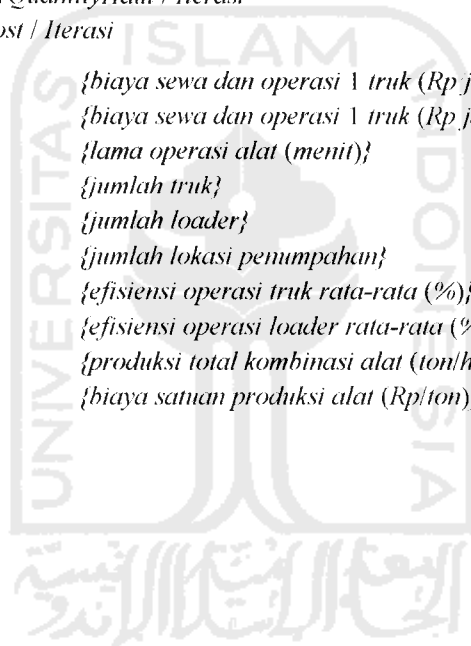
Tulis EffTruckAv {efisiensi operasi truk rata-rata (%)}

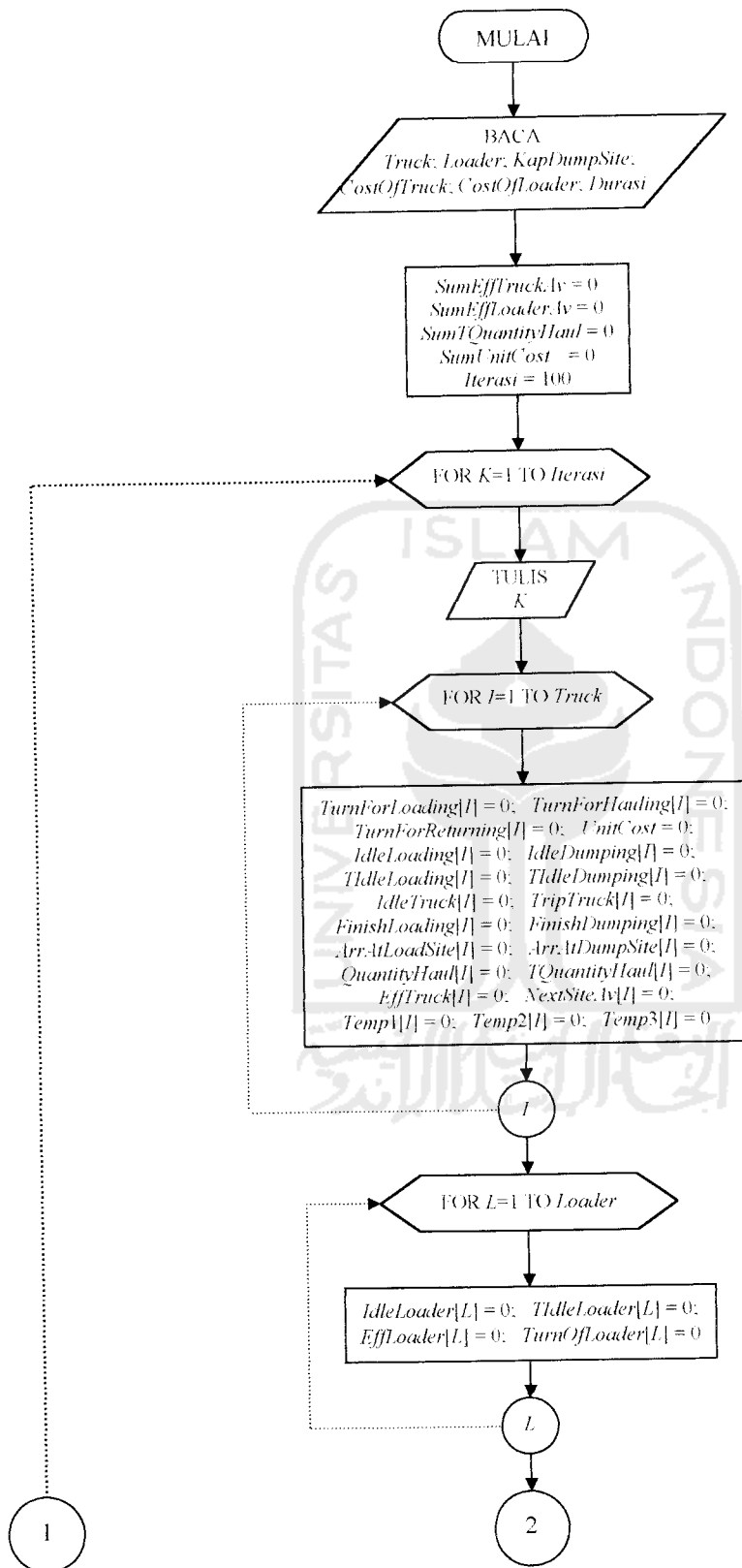
Tulis EffLoaderAv {efisiensi operasi loader rata-rata (%)}

Tulis TQuantityHaul {produksi total kombinasi alat (ton/hari)}

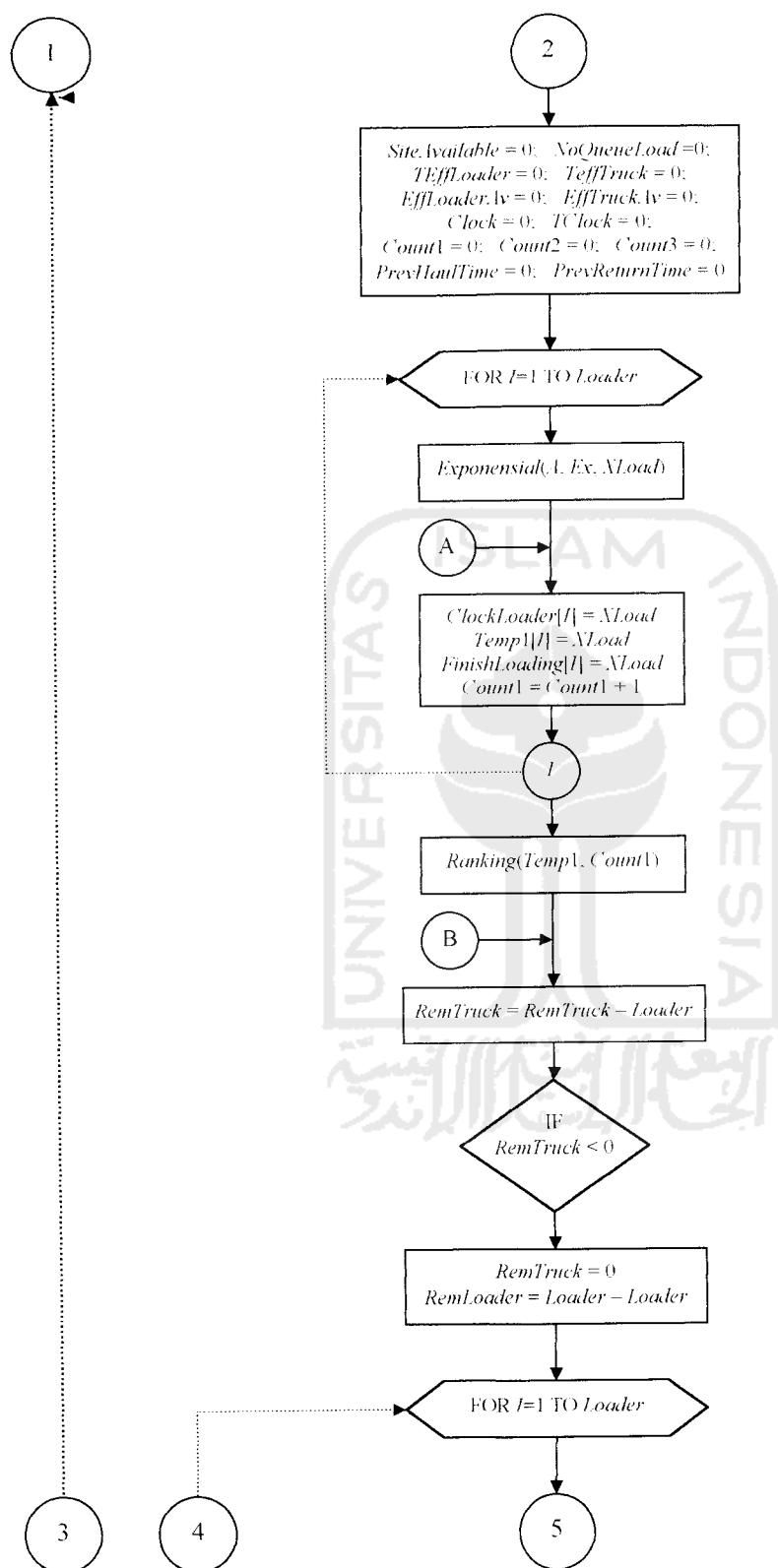
Tulis UnitCost {biaya satuan produksi alat (Rp/ton)}

EndProgram.



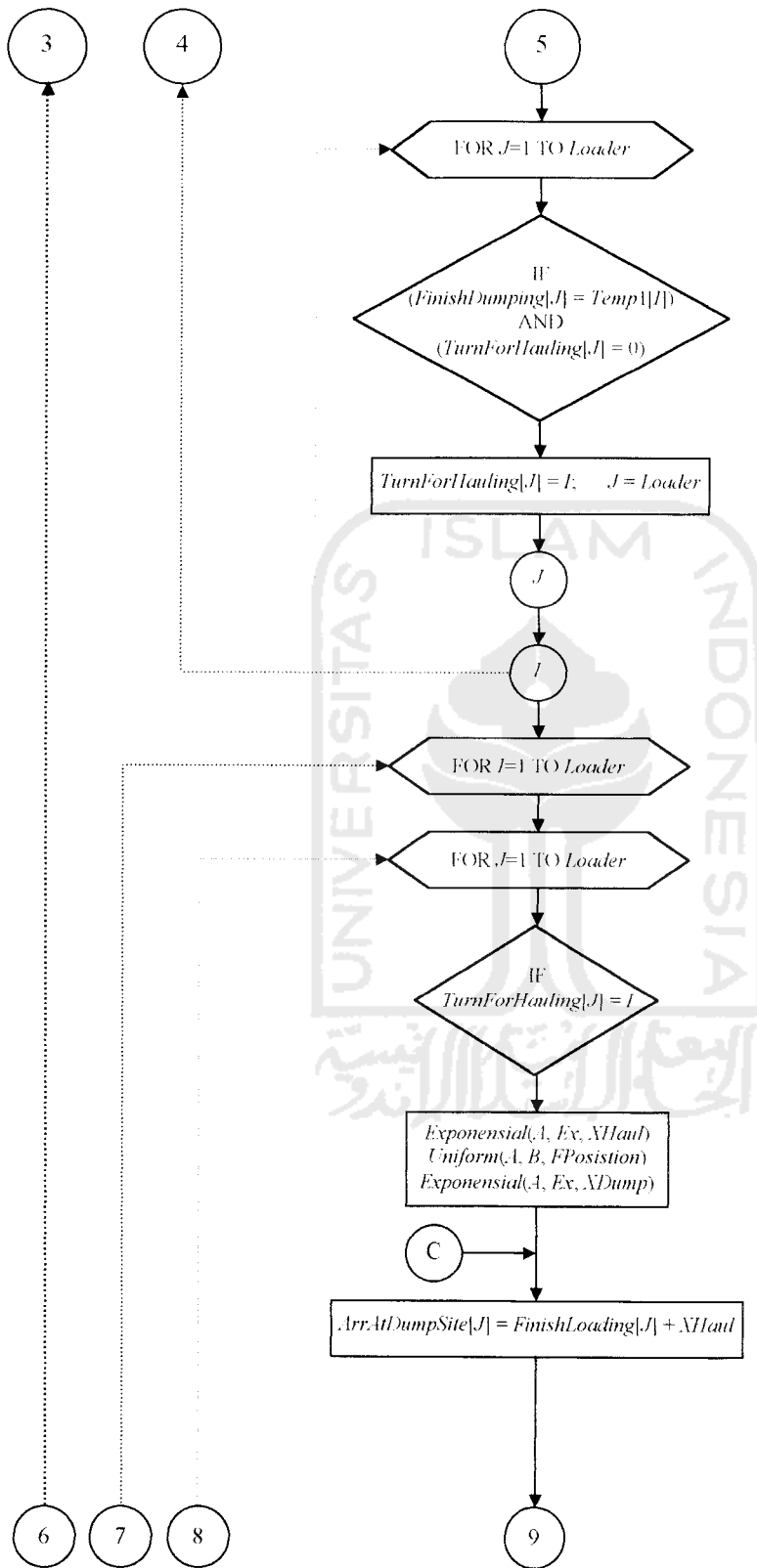


Gambar 4.8 Bagan alir program SIM.EXE

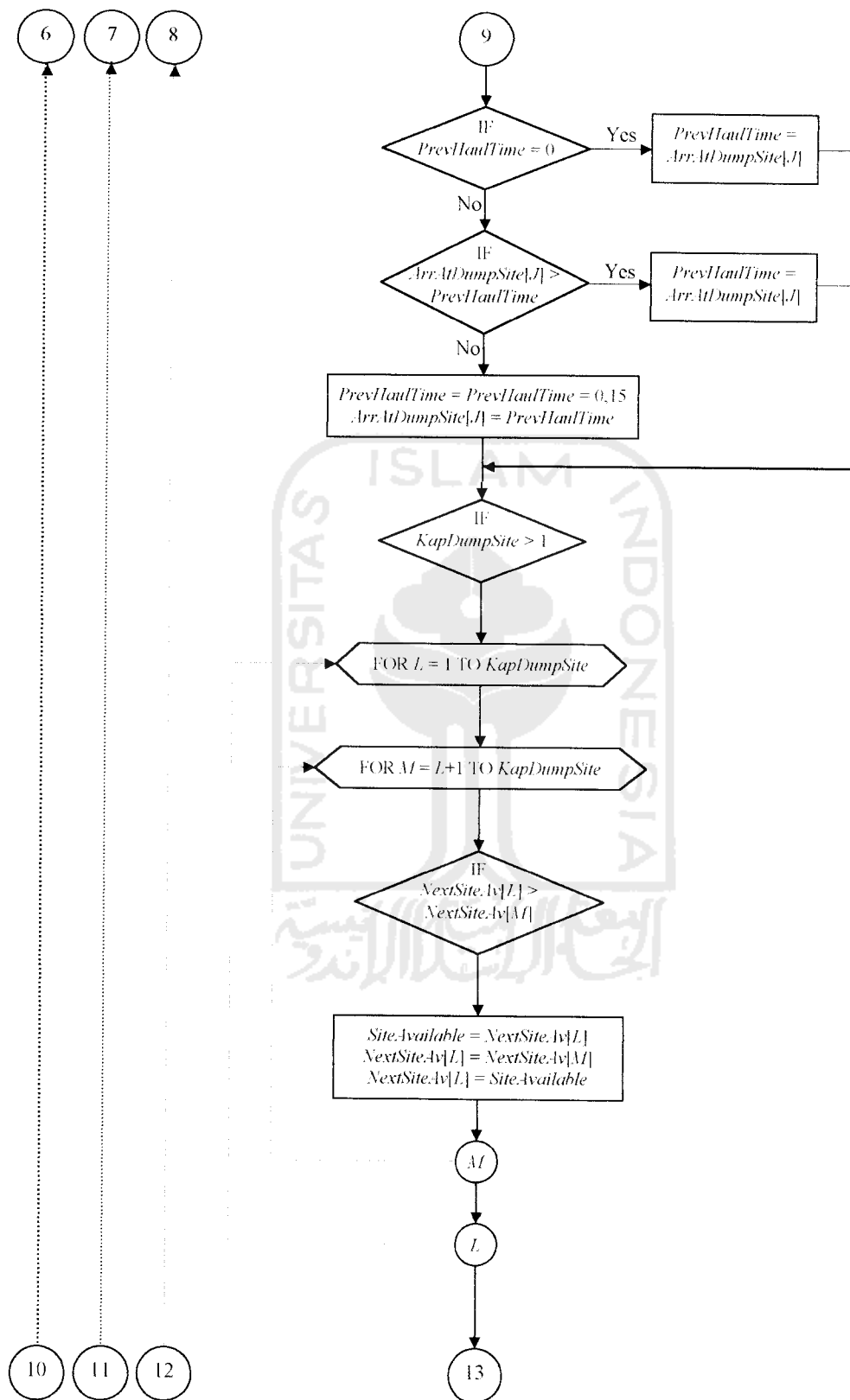


Lanjutan Gambar 4.8

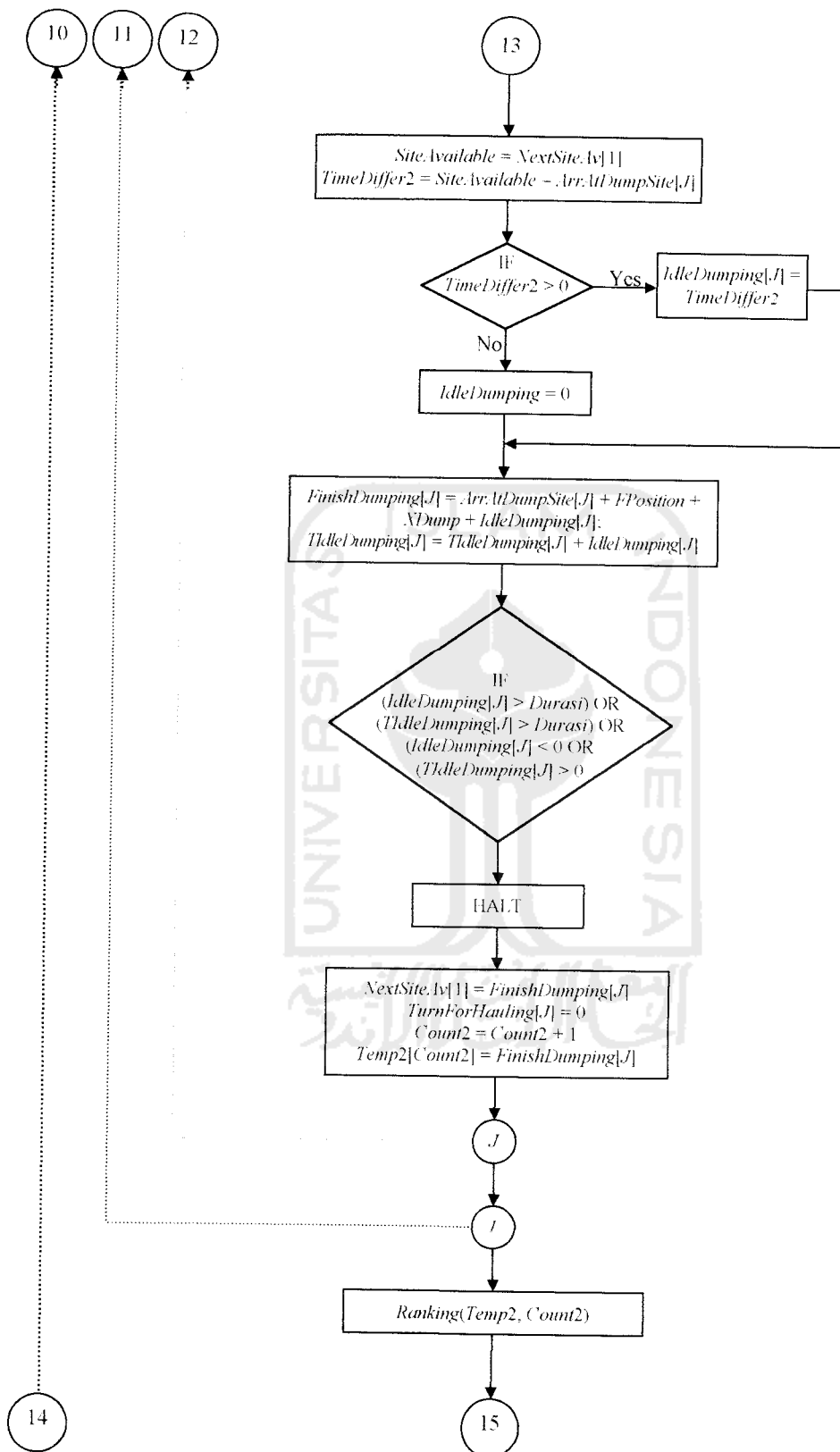




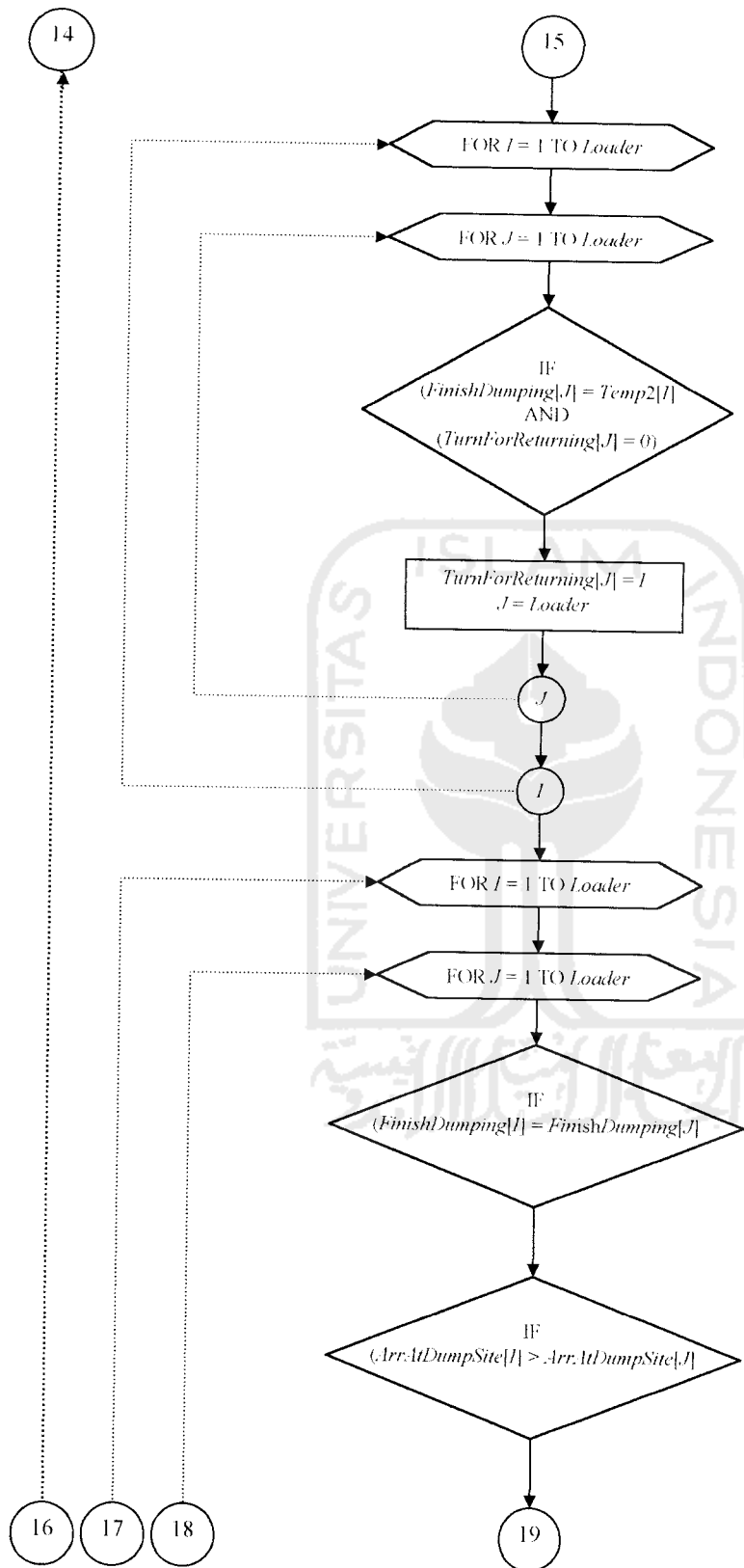
Lanjutan Gambar 4.8



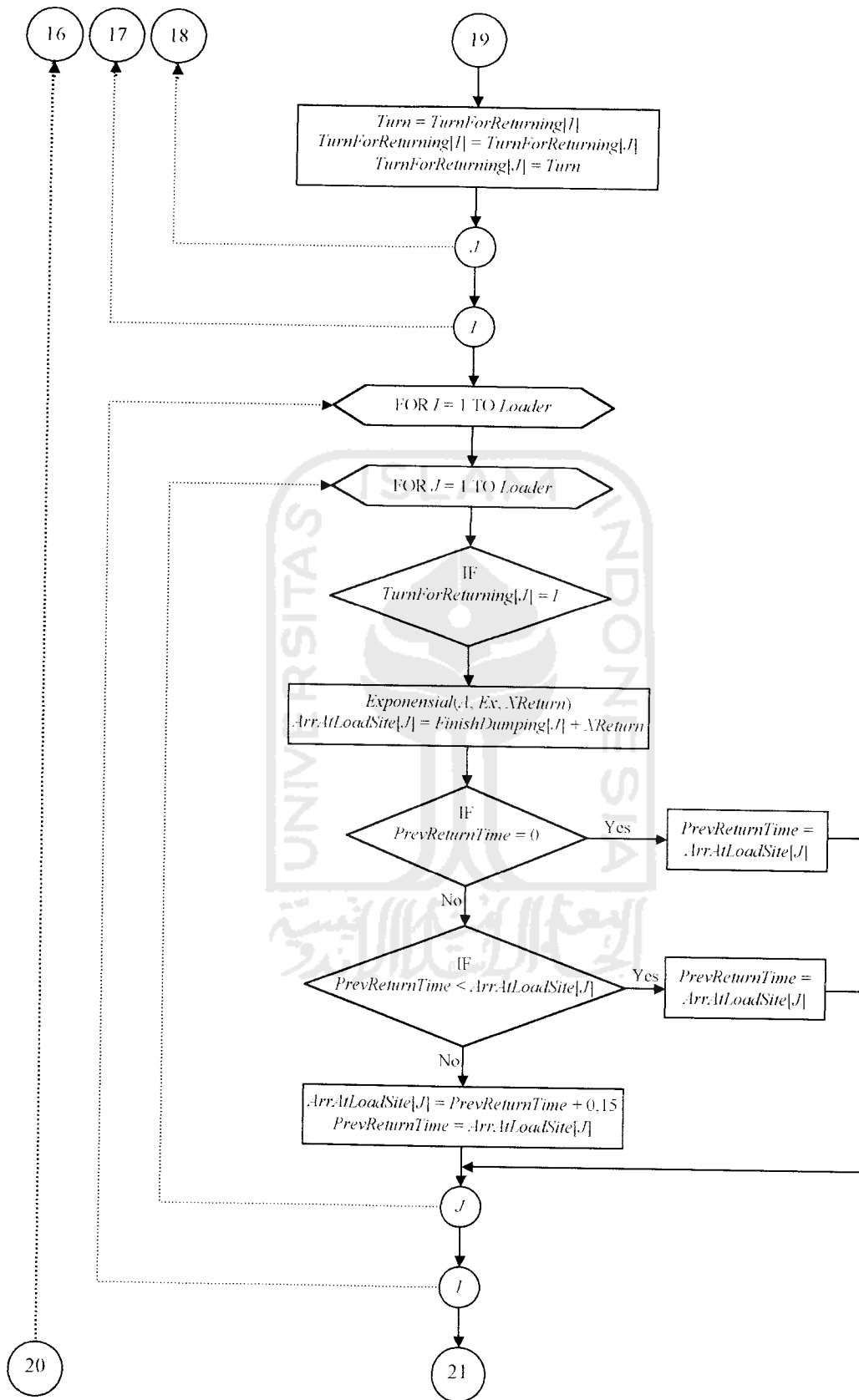
Lanjutan Gambar 4.8



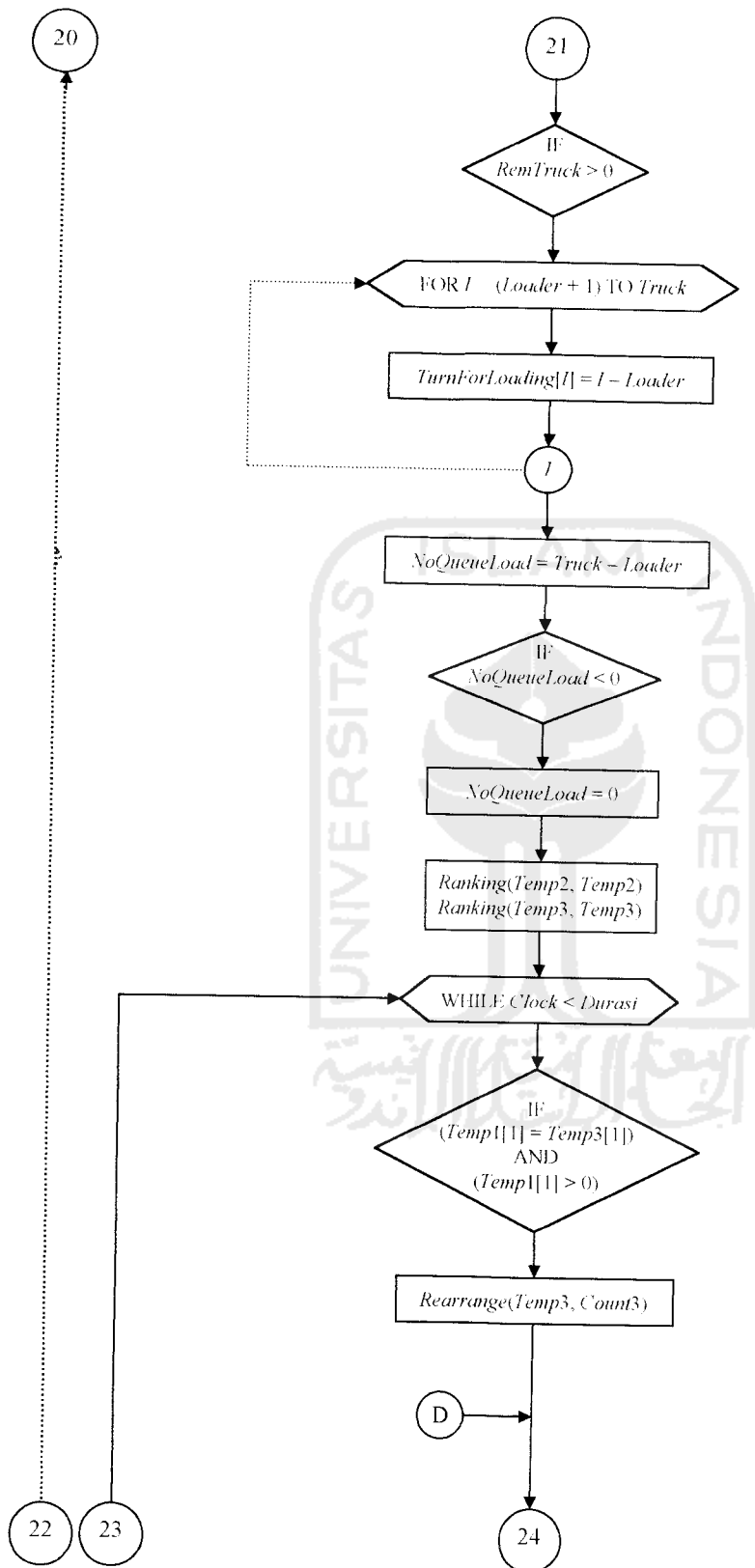
Lanjutan Gambar 4.8



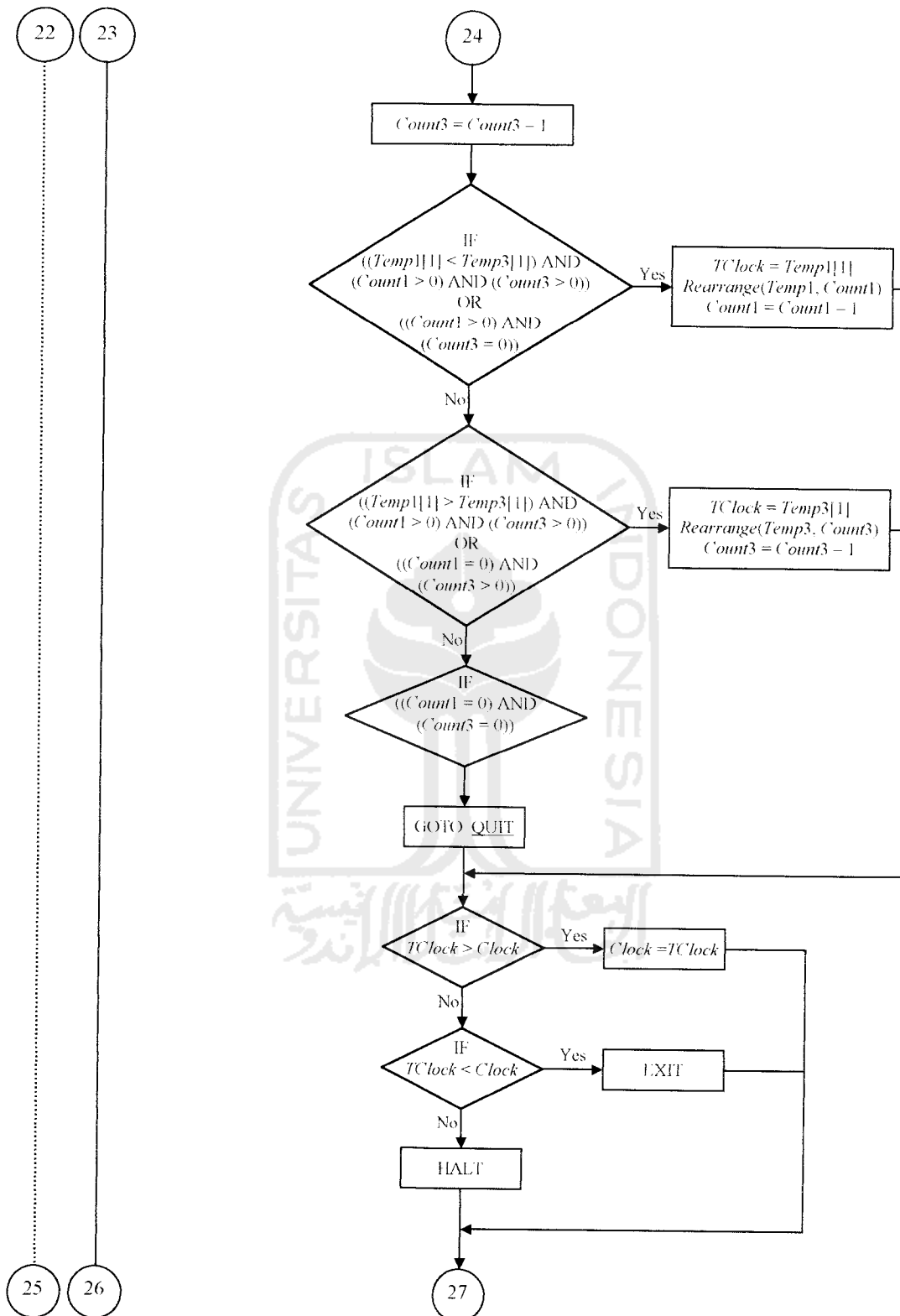
Lanjutan Gambar 4.8



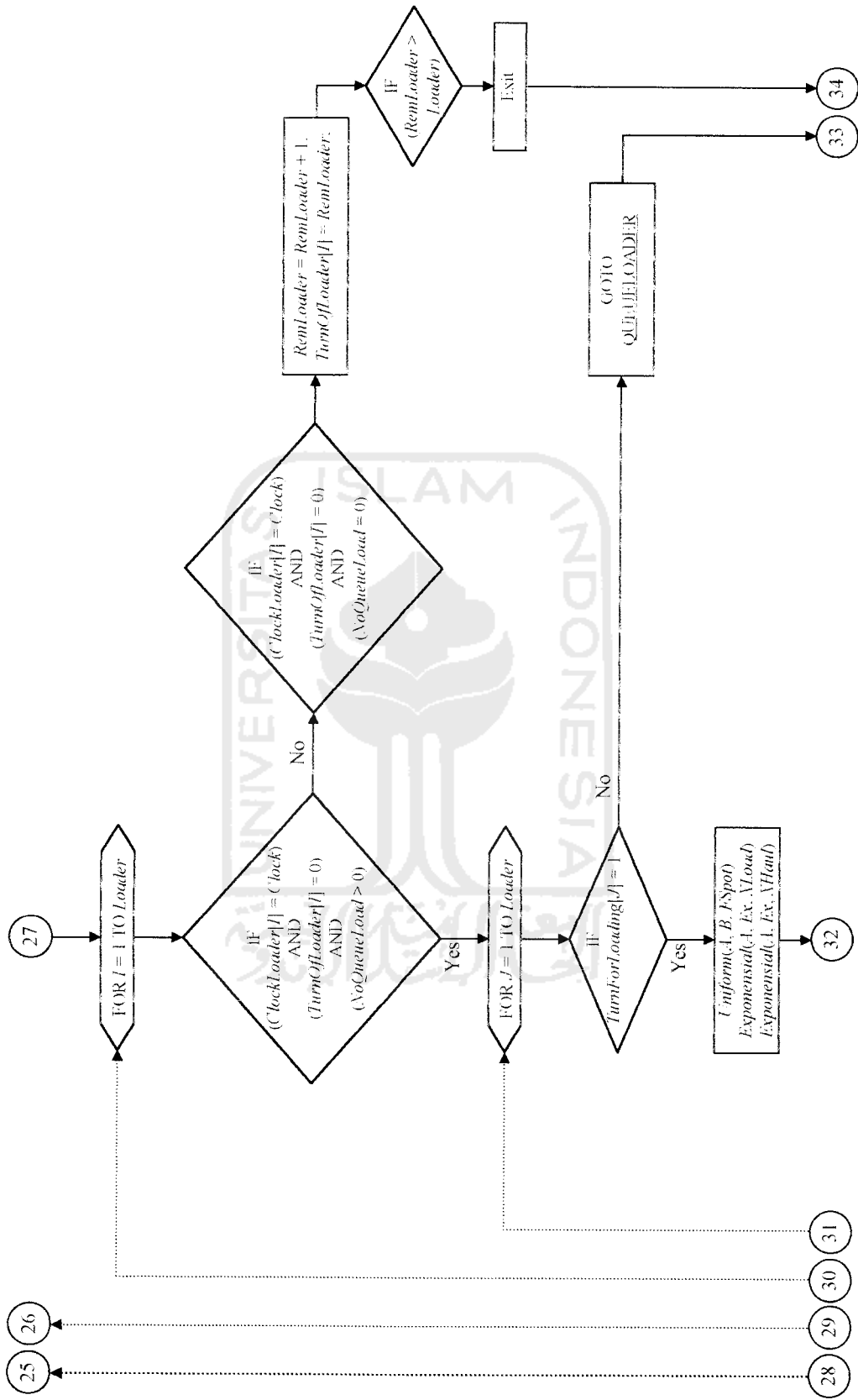
Lanjutan Gambar 4.8



Lanjutan Gambar 4.8

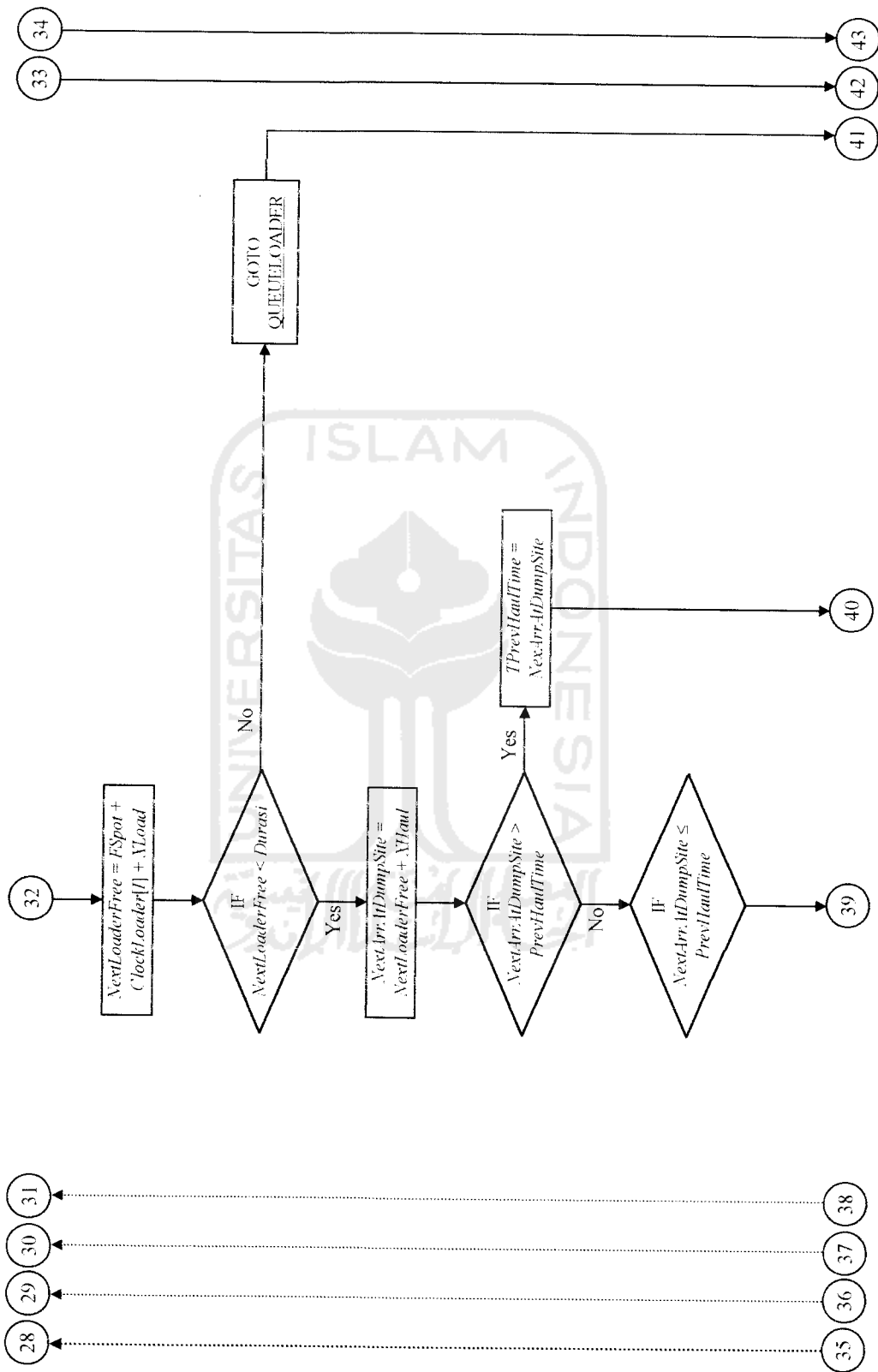


Lanjutan Gambar 4.8

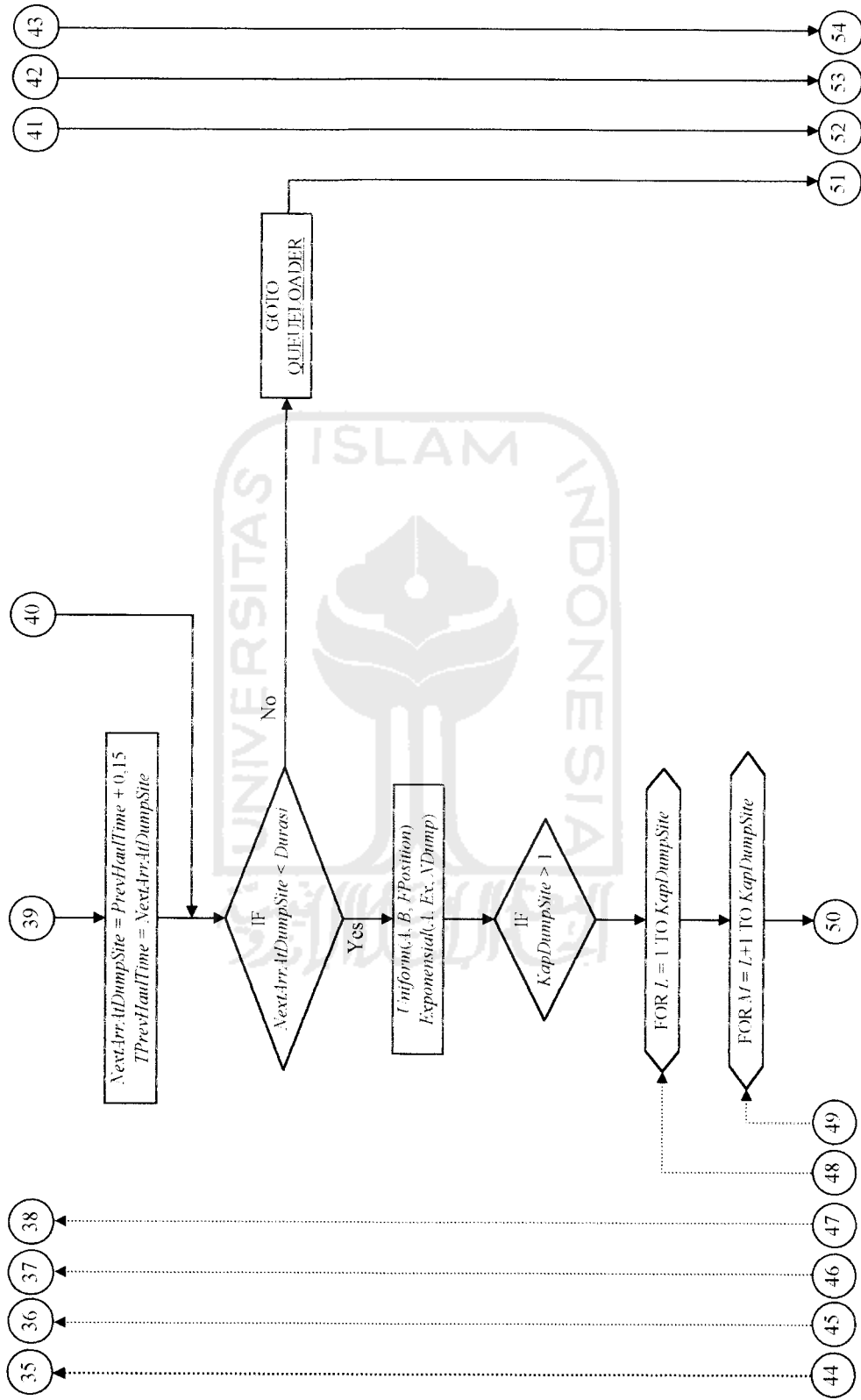


Lanjutan Gambar 4.8

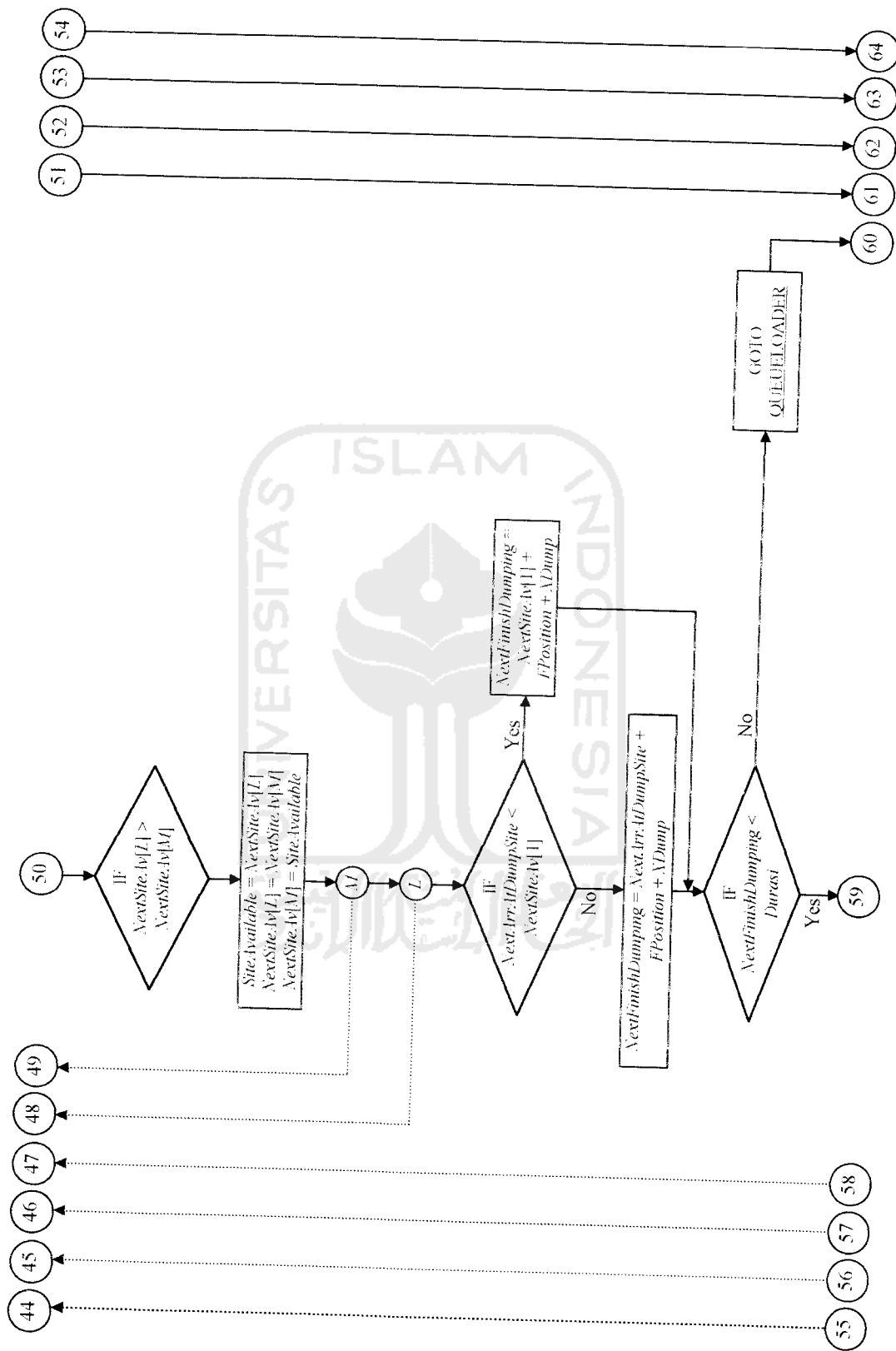




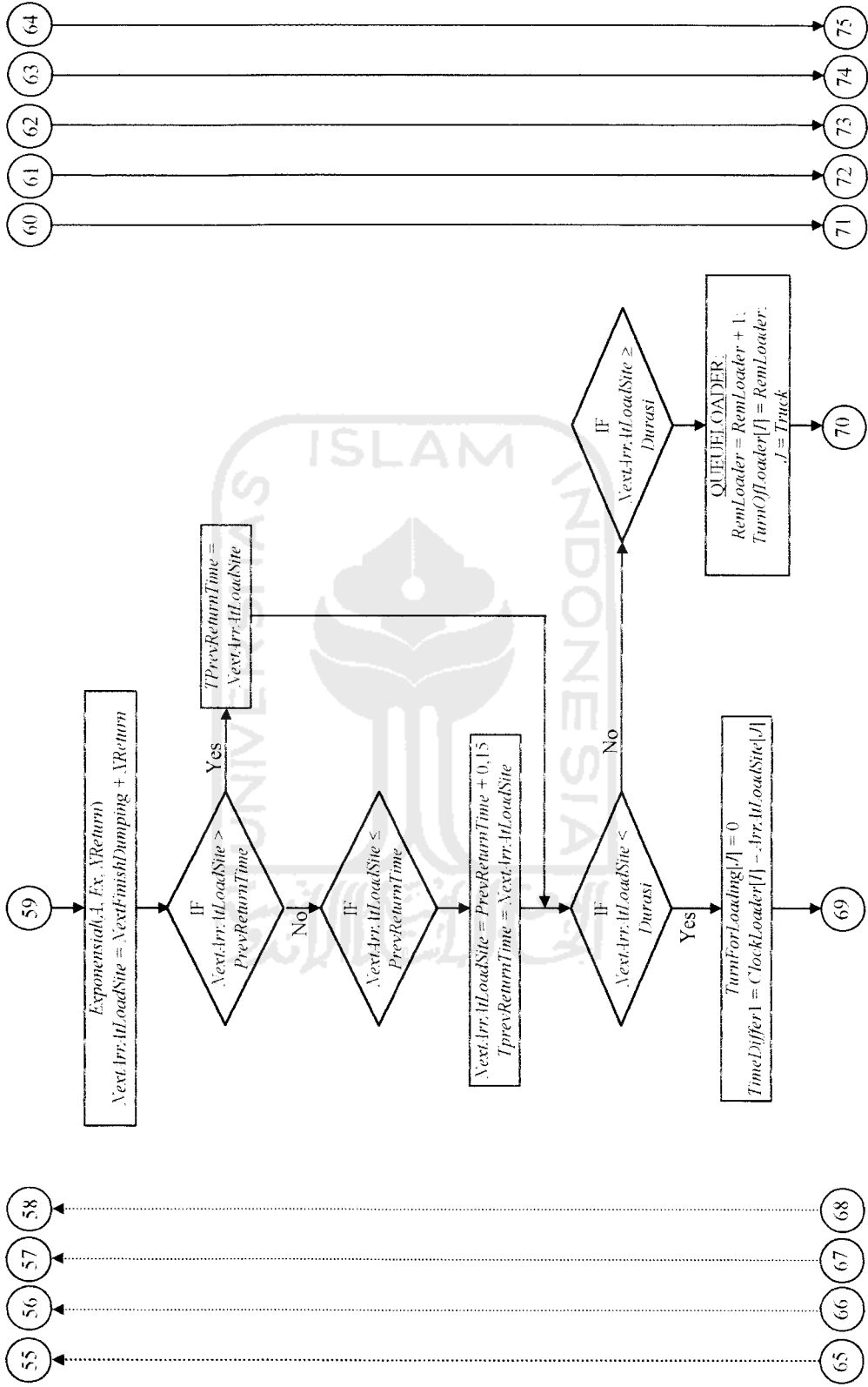
Lanjutan Gambar 4.8



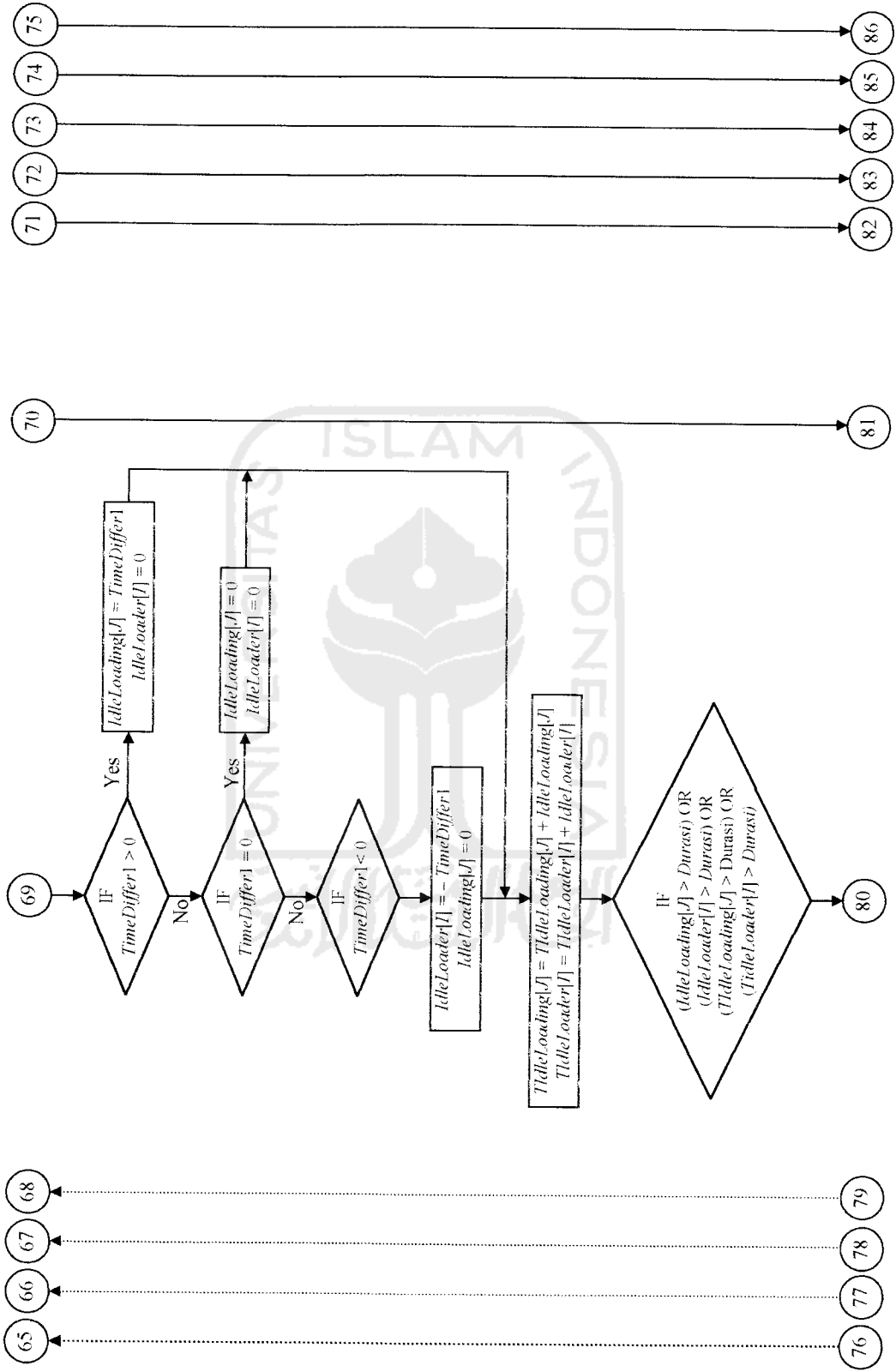
Lanjutan Gambar 4.8



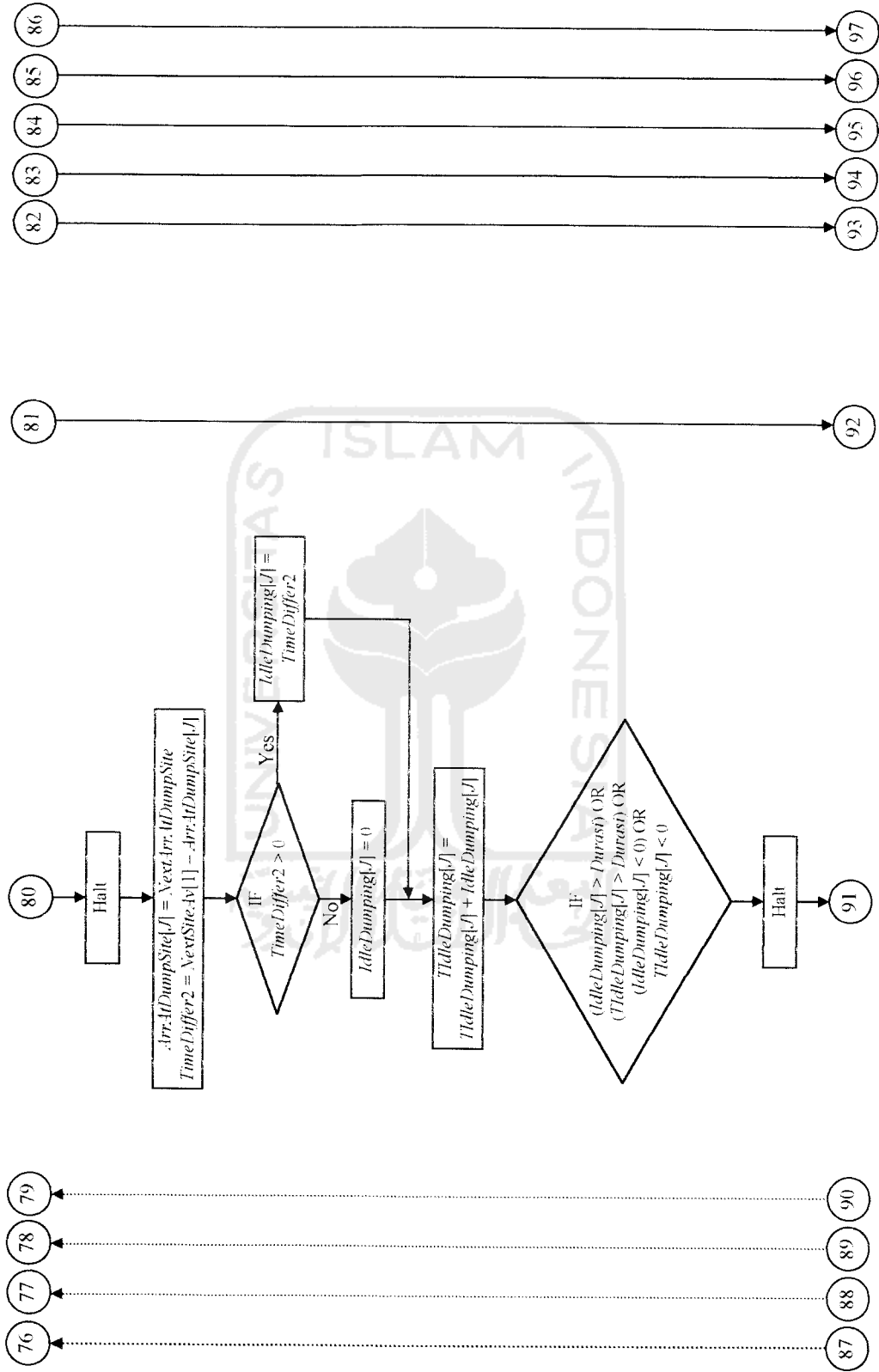
Lanjutan Gambar 4.8



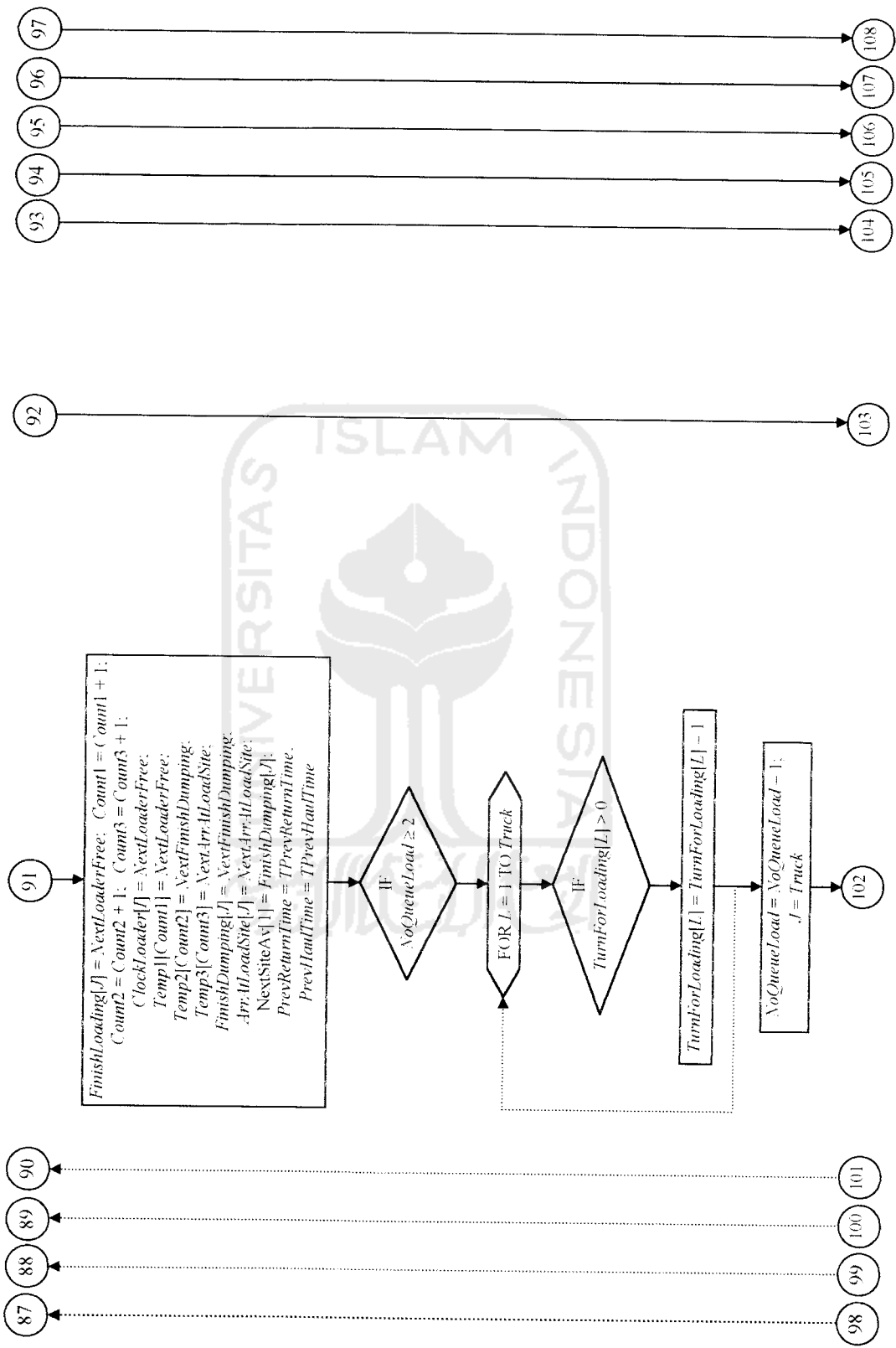
Lanjutan Gambar 4.8



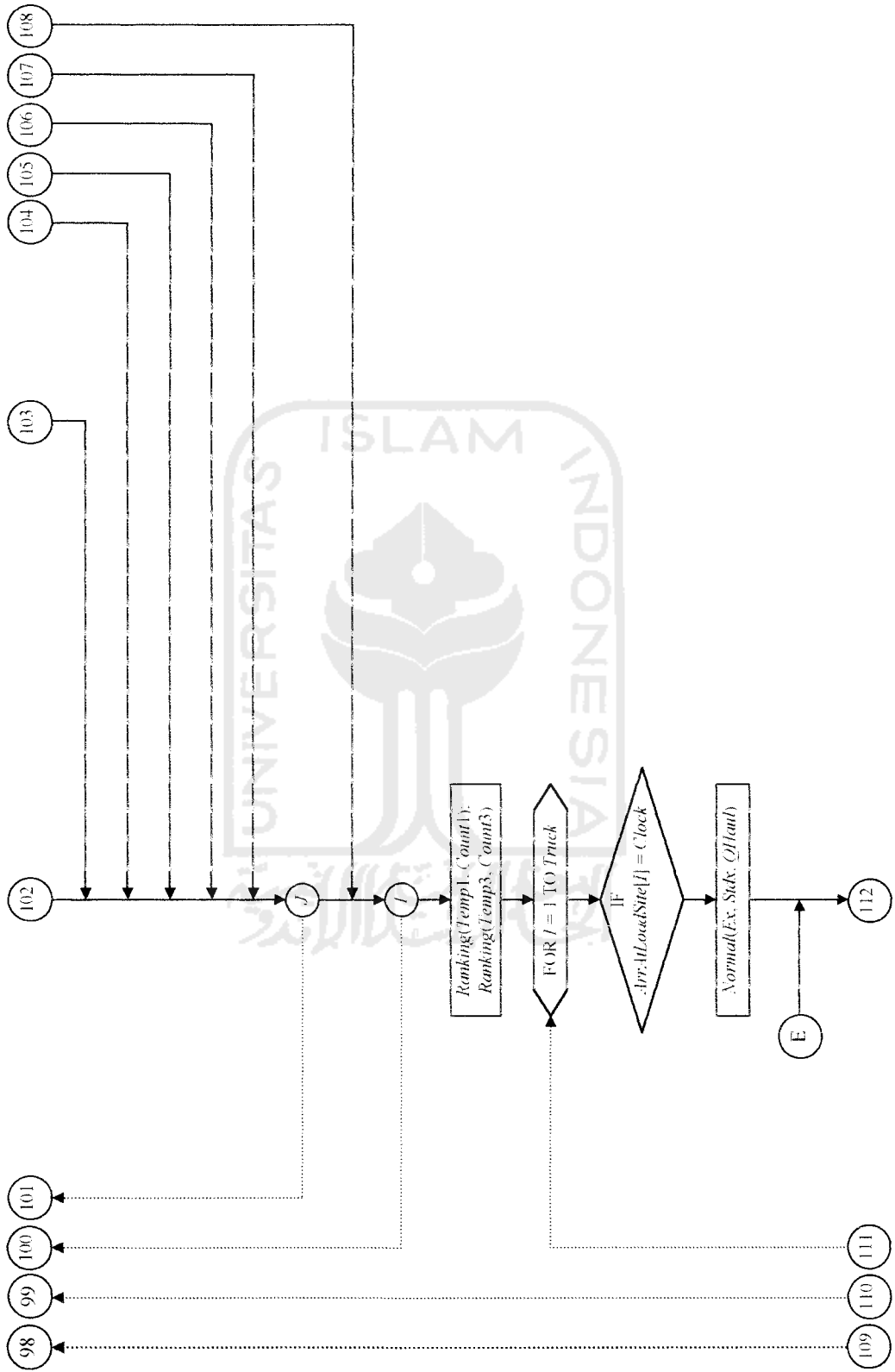
Lanjutan Gambar 4.8



Lanjutan Gambar 4.8

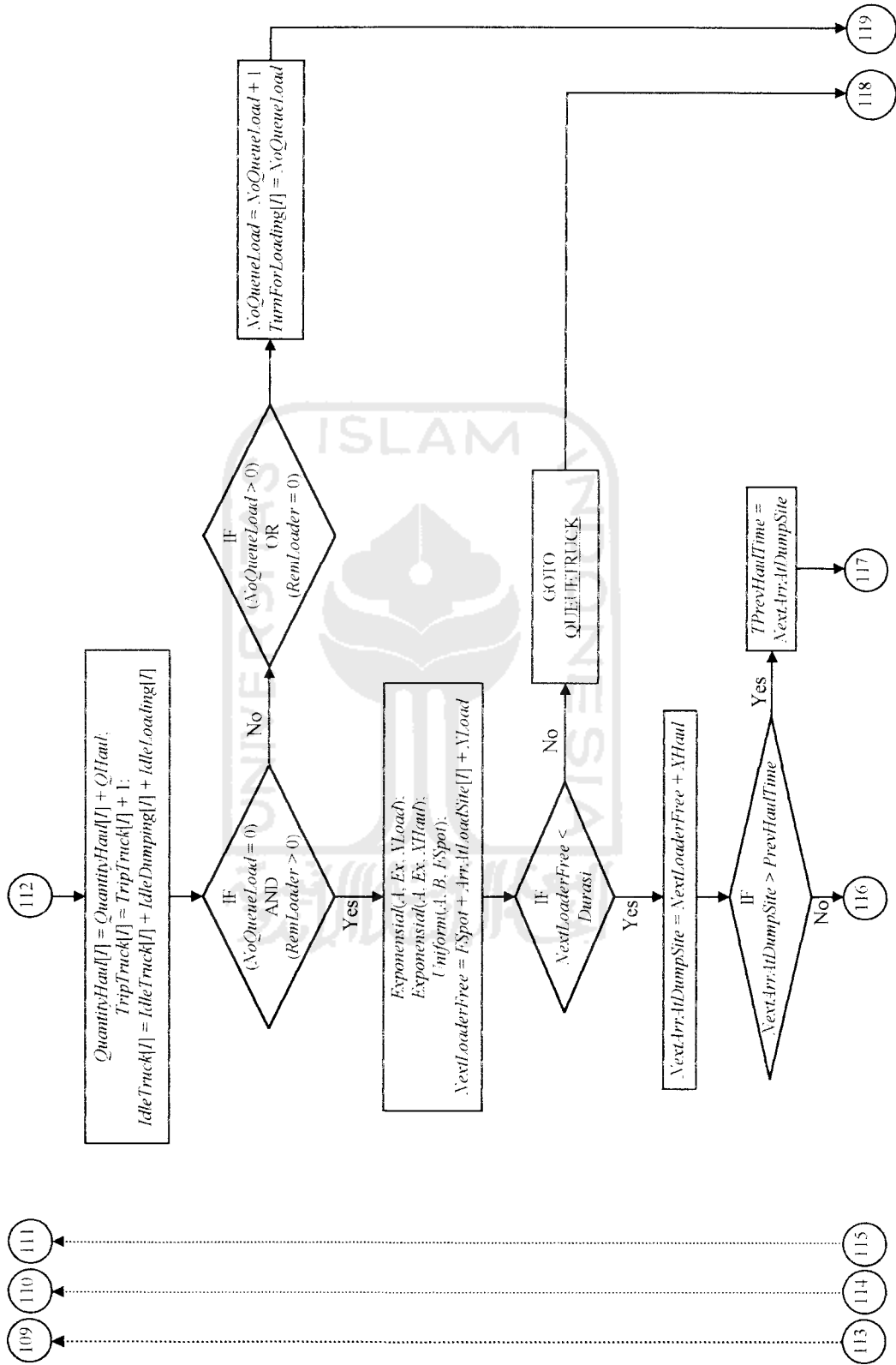


Lanjutan Gambar 4.8

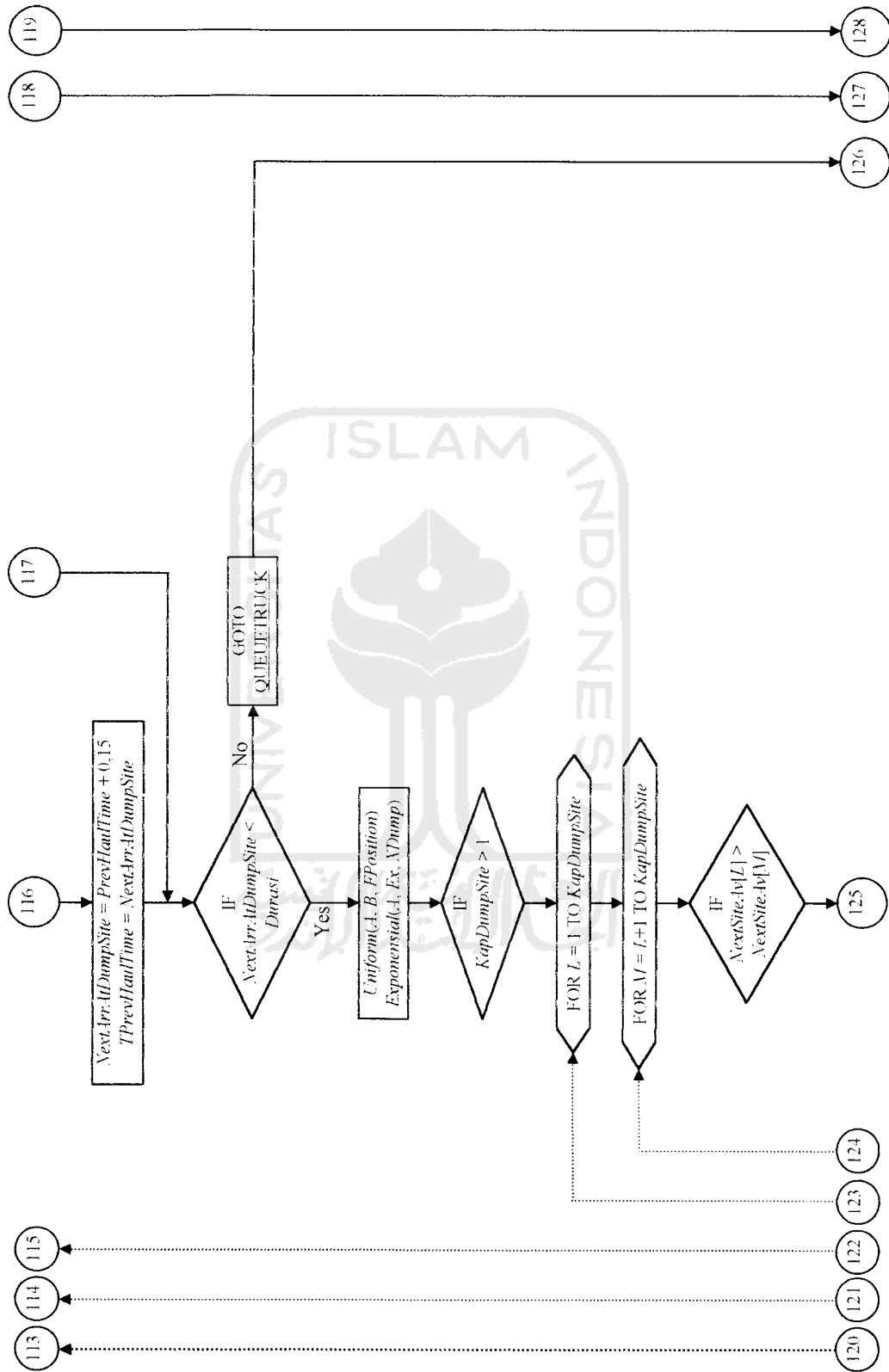


Lanjutan Gambar 4.8

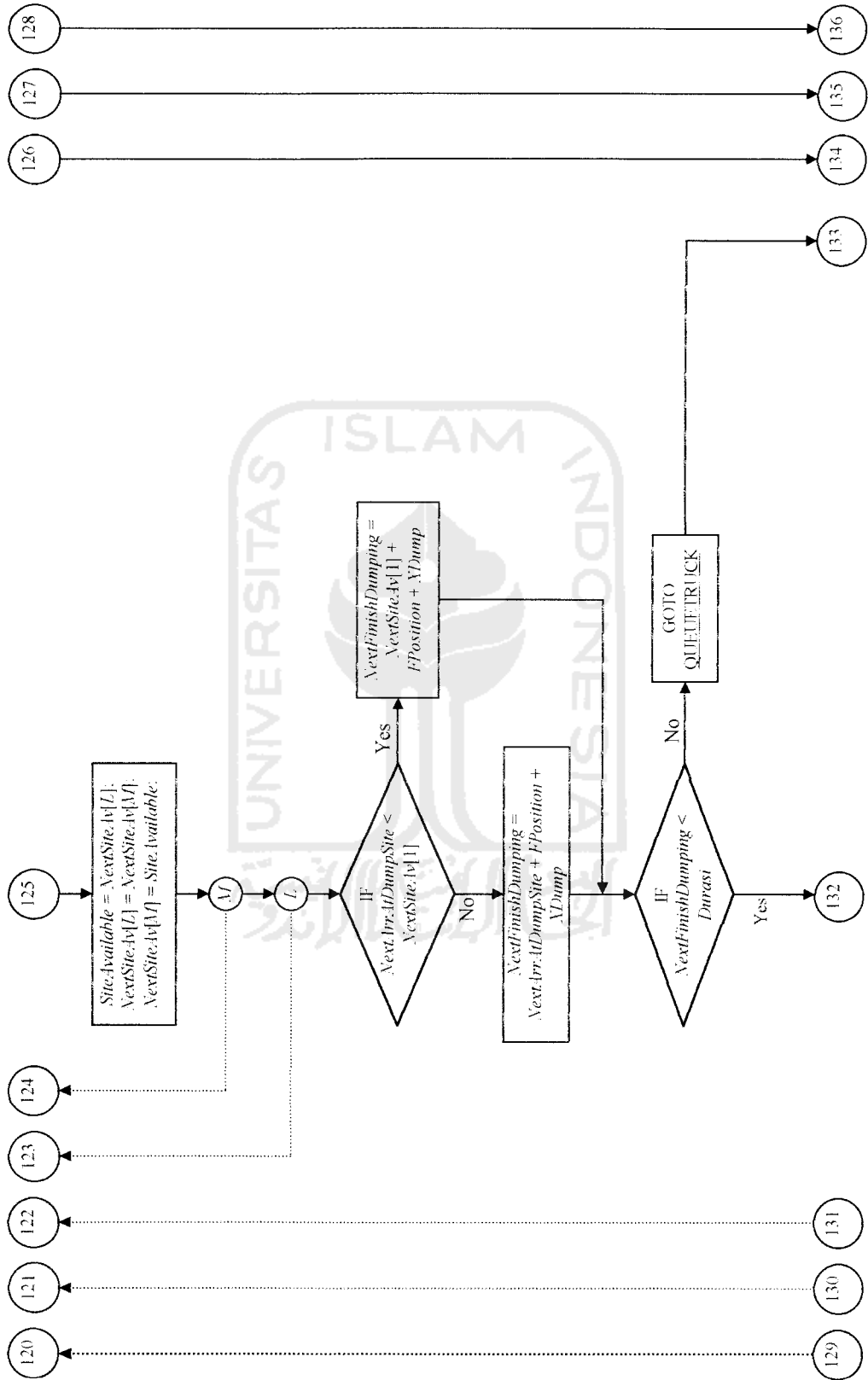




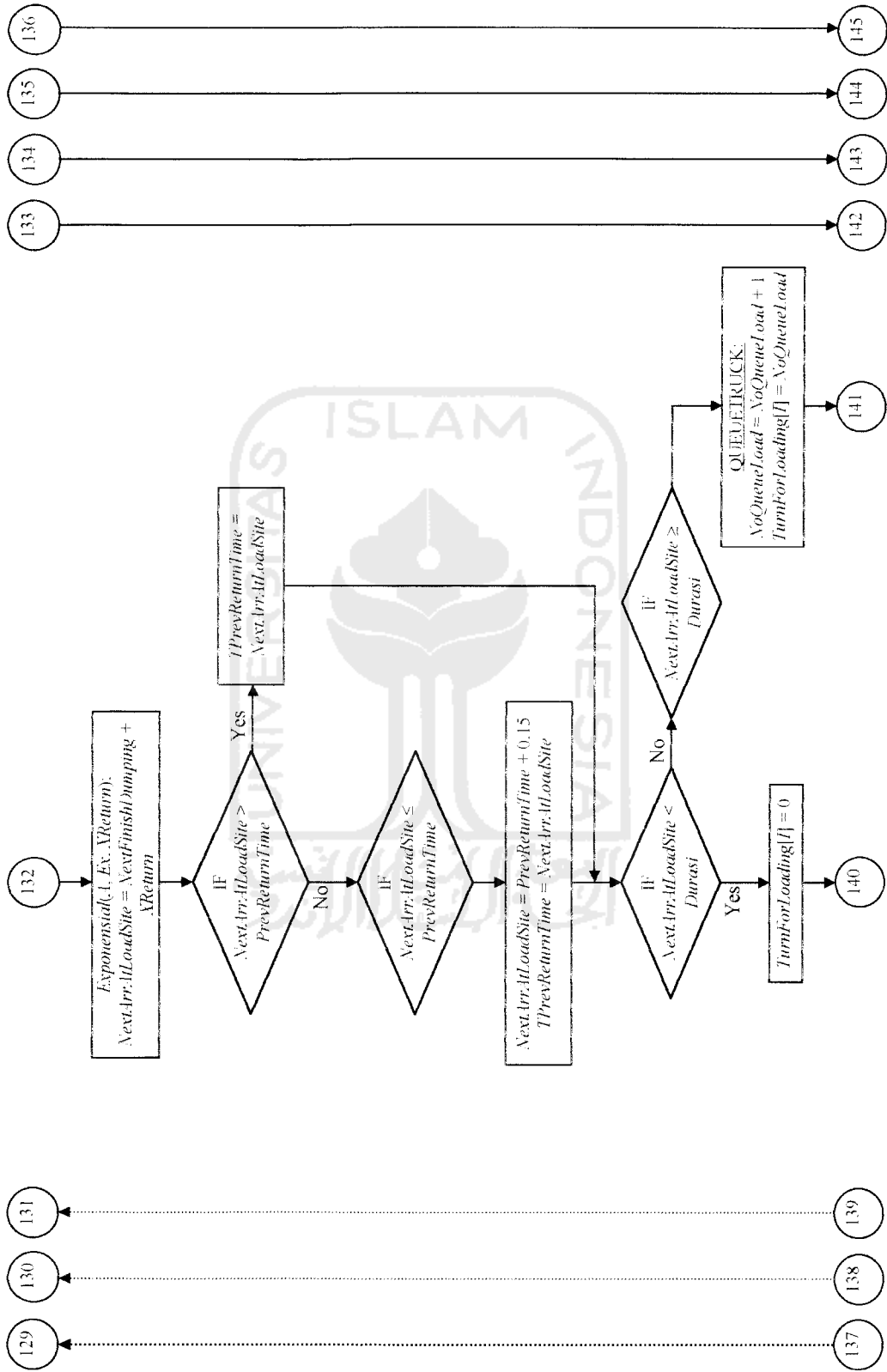
Lanjutan Gambar 4.8



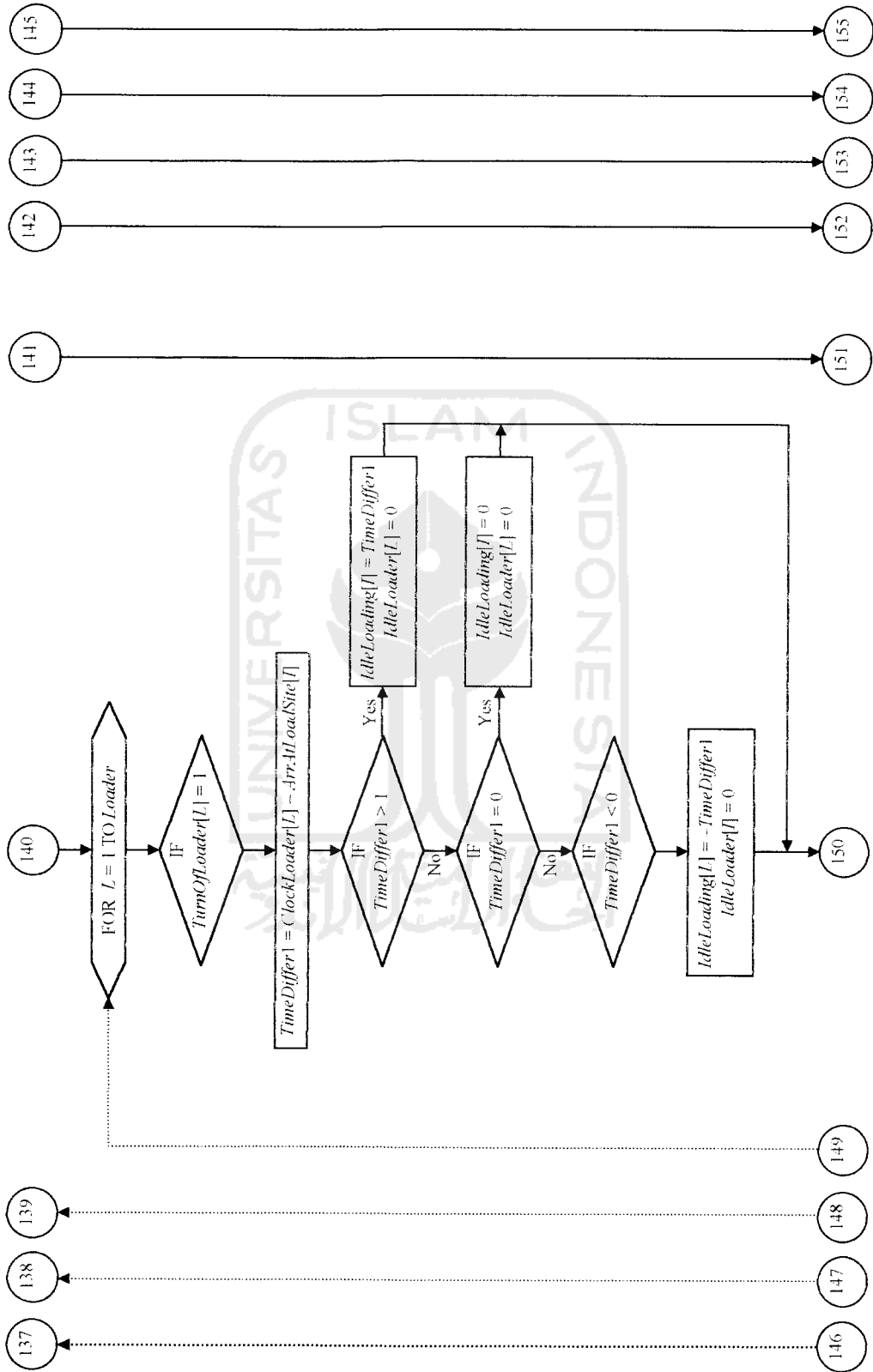
Lanjutan Gambar 4.8



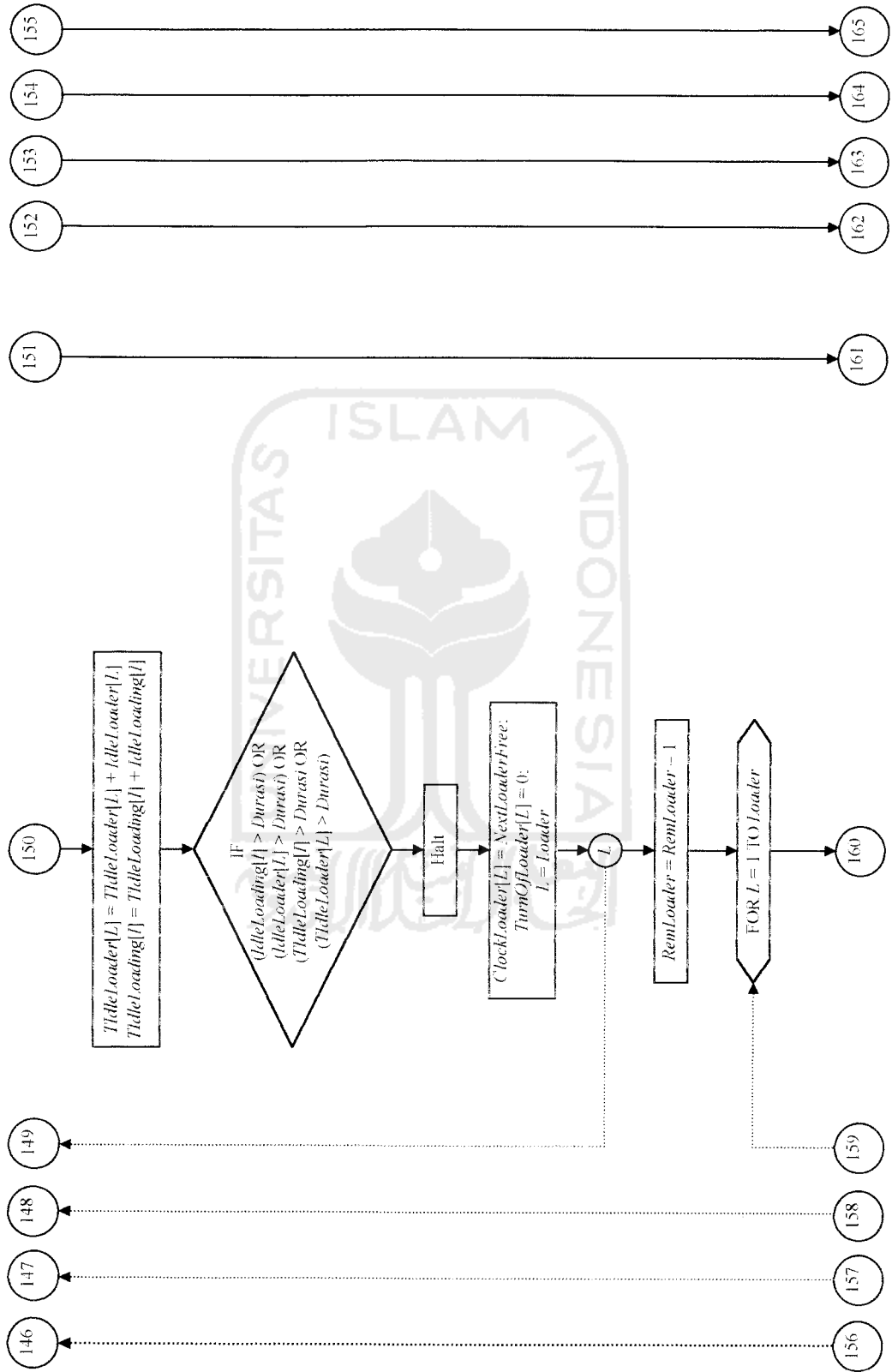
Lanjutan Gambar 4.8



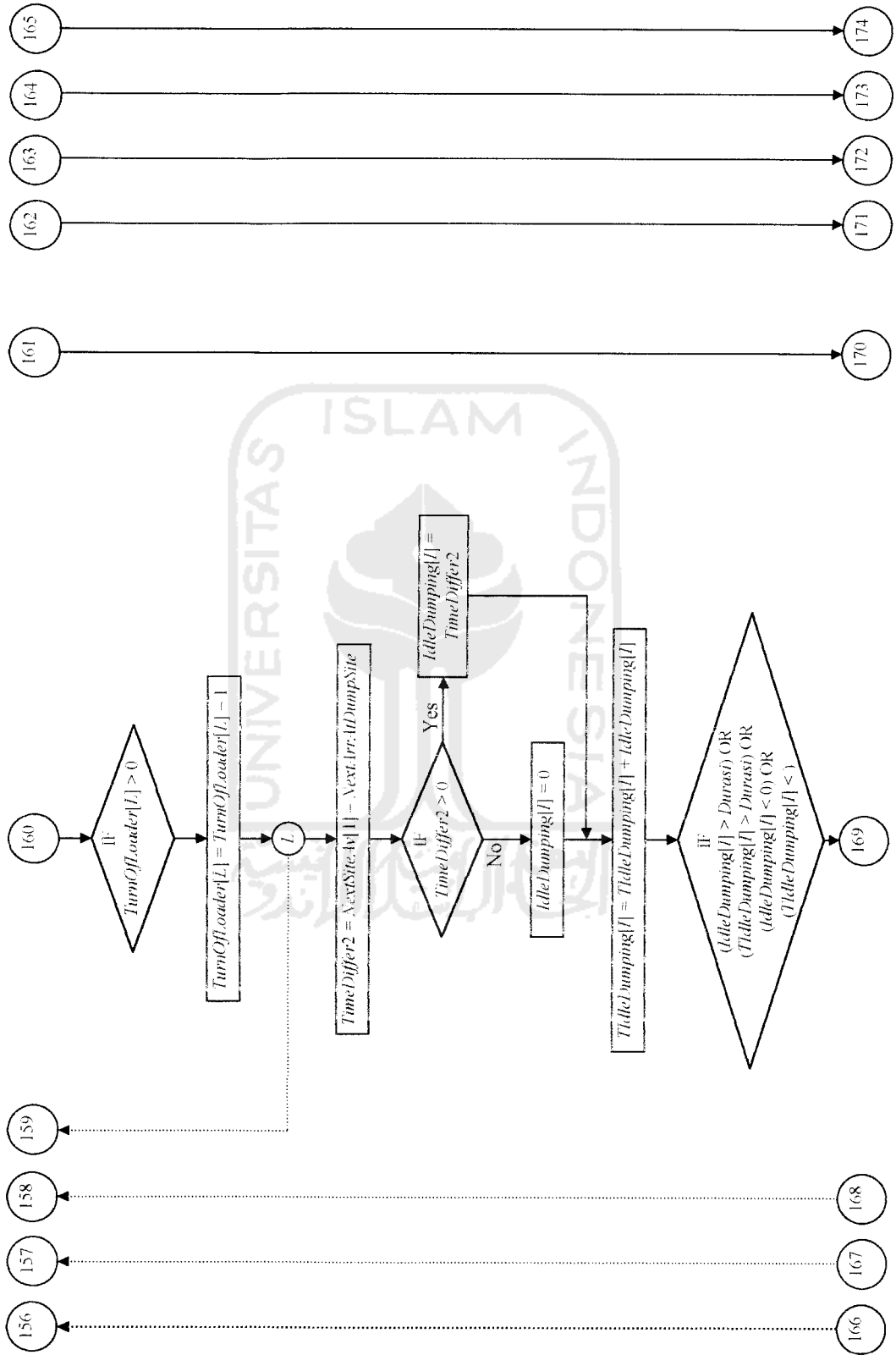
Lanjutan Gambar 4.8



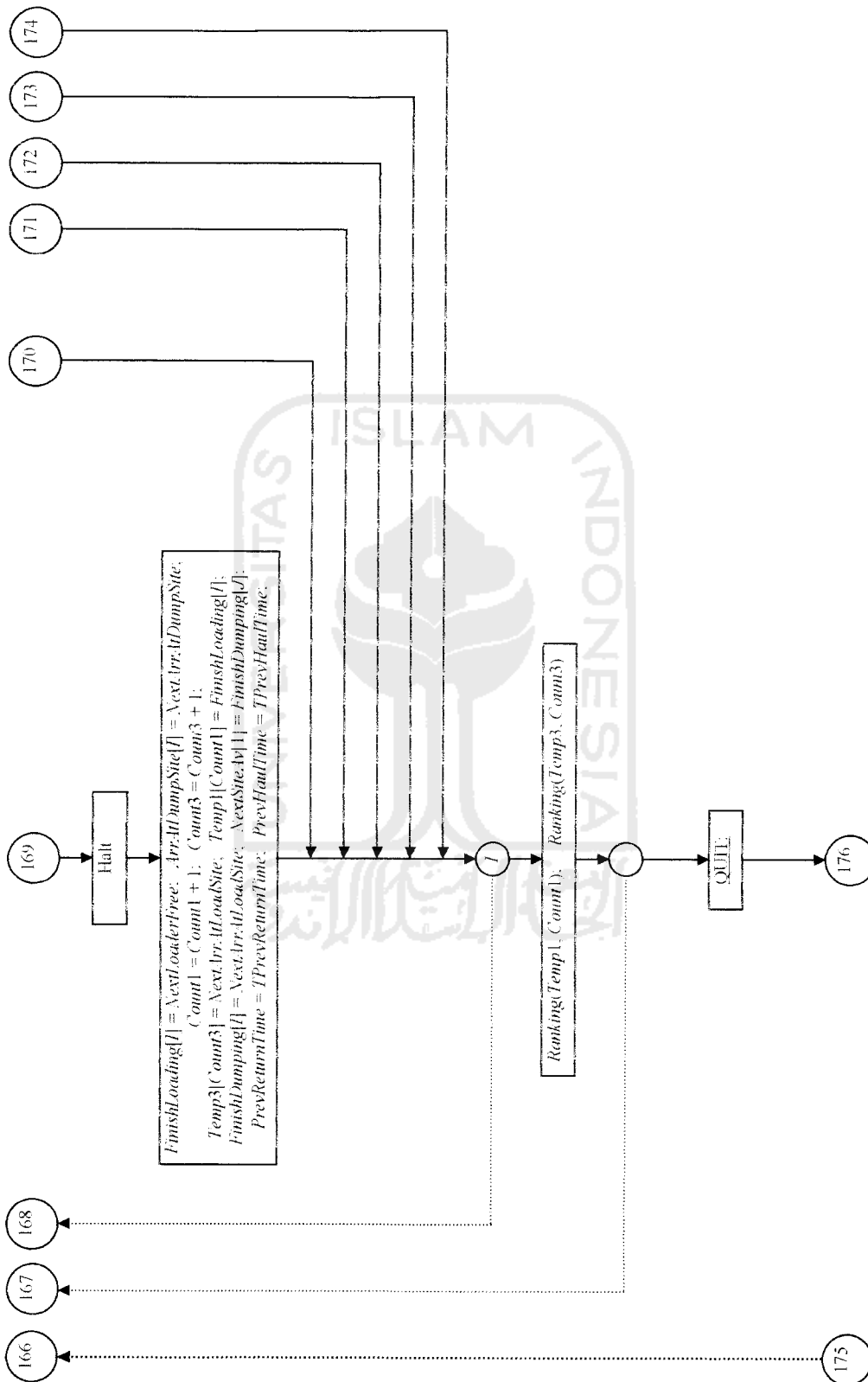
Lanjutan Gambar 4.8



Lanjutan Gambar 4.8

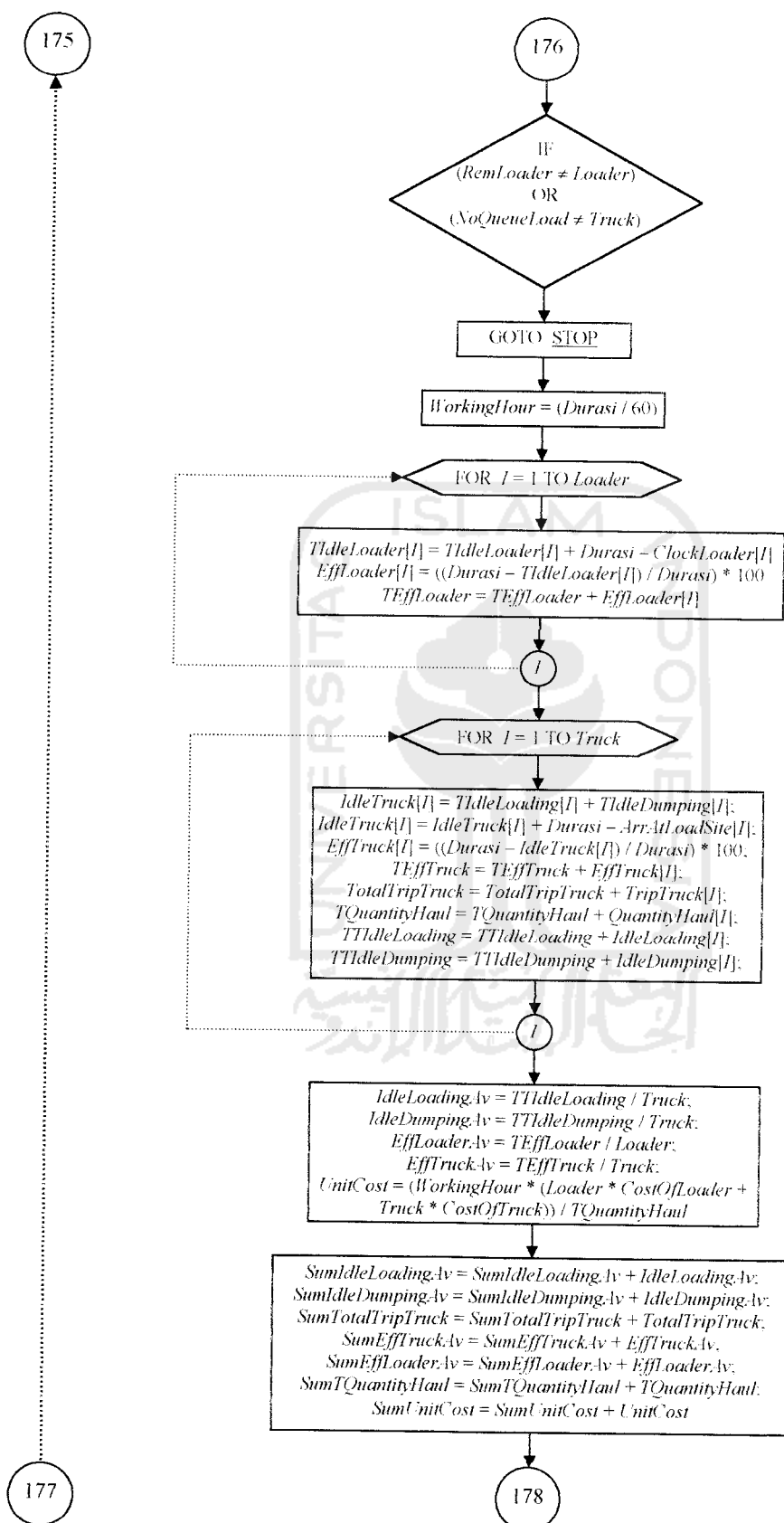


Lanjutan Gambar 4.8

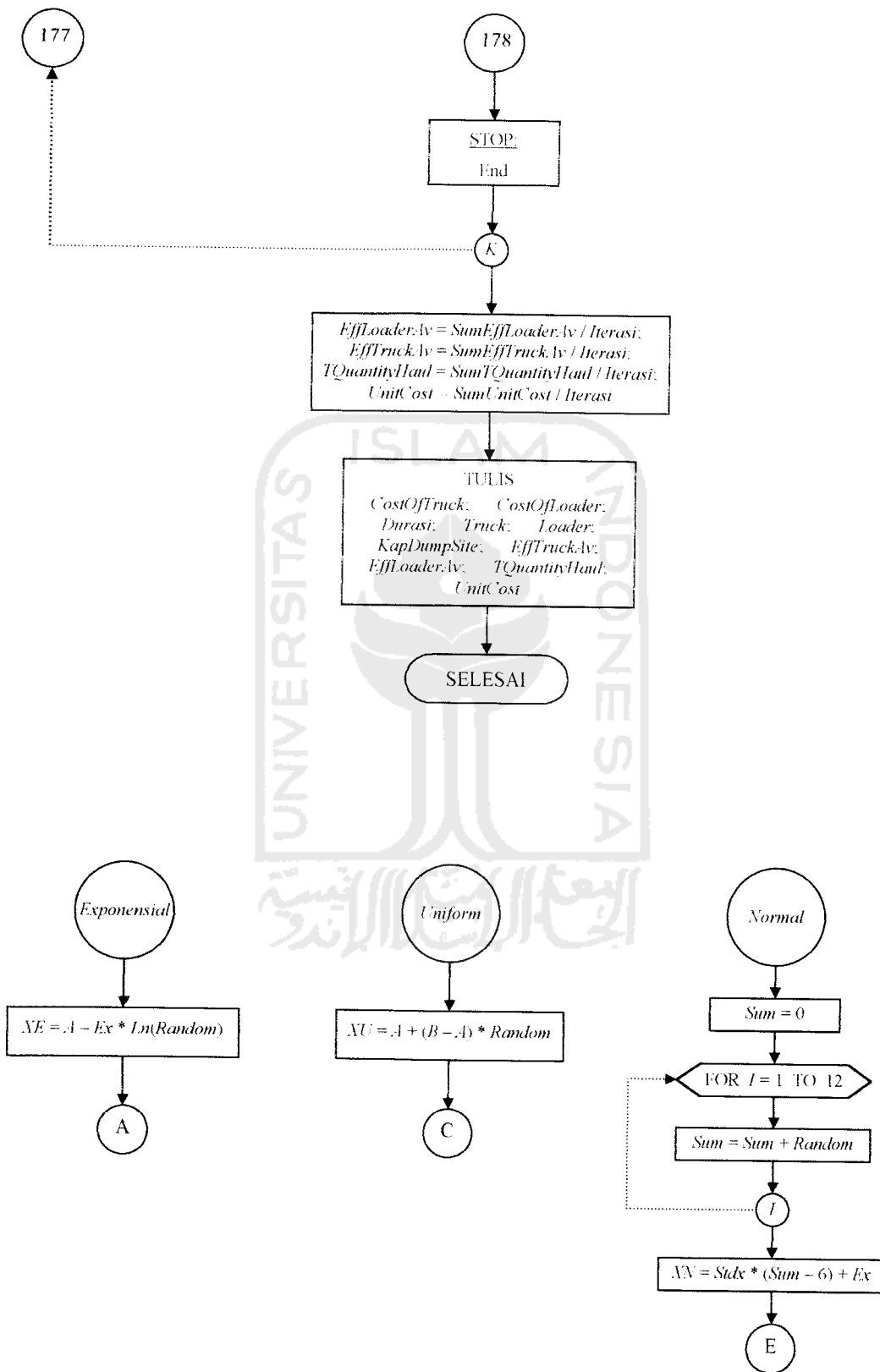


Lanjutan Gambar 4.8

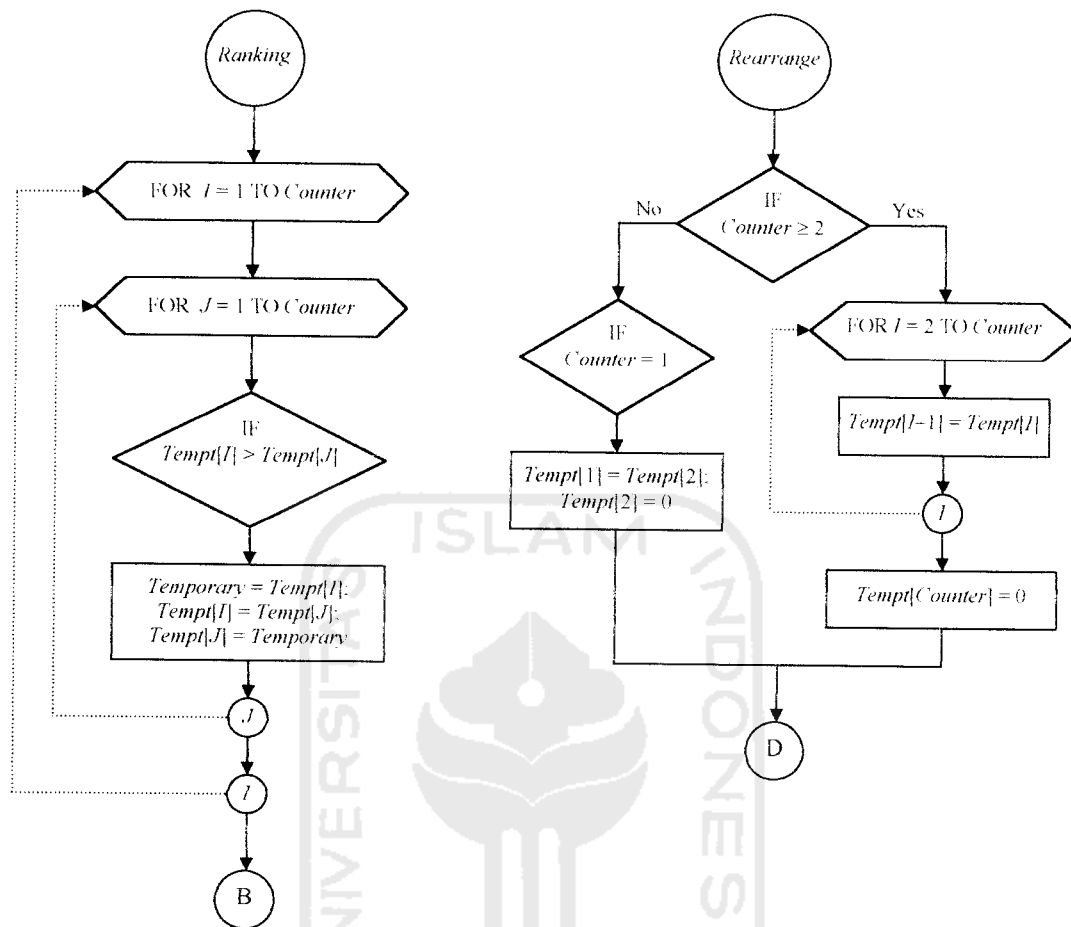




Lanjutan Gambar 4.8



Lanjutan Gambar 4.8



Lanjutan Gambar 4.8

#### 4.5 Program Komputer

Program komputer ini ditulis berdasarkan algoritma dan gambar 4.8 (bagan alir program SIM.EXE) dengan menggunakan bahasa Turbo Pascal 7.0 yang dikeluarkan oleh Borland Corporation. List program komputer dapat dilihat pada lampiran C.