

Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi Dan Solusi Sistem Himpunannya

S K R I P S I



Oleh :

DWILYA MAKIWAN

H 111 09 268

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi Dan Solusi Sistem Himpunannya

S K R I P S I

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

Universitas Hasanuddin

*UNIVERSITAS HASANUDDIN
Makassar*

Oleh:

DWILYA MAKIWAN

H 111 09 268

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

LEMBAR KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan
sesungguh-sungguhnya bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi Dan Solusi Sistem Himpunannya

adalah benar hasil kerja saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah
dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Makassar, 22 Agustus 2013

DWILYA MAKIWAN

NIM : H 111 09 268

Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi Dan Solusi Sistem Himpunannya



Dr. Eng. Armin Lawi, M. Eng
NIP. 19720423 199512 1 001

Drs. Amir Kamar Amir, M.Sc
NIP. 19680803 199202 1 001

Pada tanggal : 22 Agustus 2013

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Pada hari ini, Jumat tanggal 22 Agustus 2013, Panitia Ujian Skripsi menerima dengan baik skripsi yang berjudul :

**Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi Dan Solusi
Sistem Himpunannya**

yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Agustus 2013

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Tanda Tangan

1. Ketua : **Naimah Aris, S.Si. M.Math** (.....)
2. Sekretaris : **Andi Kresna Jaya, S.Si, M.Si.** (.....)
3. Anggota : **Prof.Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc.** (.....)
4. Anggota : **Dr. Eng. Armin Lawi, S.Si. M.Eng** (.....)
5. Anggota : **Dr.Amir Kamal Amir, M.Si.** (.....)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan hanya kepada Tuhan yang maha Esa, yang menentukan setiap detail takdir sekaligus menetapkan segala hikmat dibalik setiap keadaan, semata-mata demi kebaikan dan keadilan hamba-hambaNya. Sujud dan sembah semoga senantiasa tercurah kepada Yesus Kristus hingga akhir zaman.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Studi Matematika Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar. Dalam penyelesaian skripsi ini memerlukan proses yang panjang, mulai dari awal persiapan hingga akhir perampungan, dengan tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang ditemukan. Namun, dengan limpahan kasih sayangNya dan bantuan dari segala pihak, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Oleh karena itu, perkenankanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada ibunda tercinta **Risnawati** dan ayahanda **Karia**, terima kasih atas doanya yang tak pernah putus, serta kasih sayang yang melimpah dalam mendidik dan membesarkan penulis dengan begitu banyak pengorbanan yang tak pernah ternilai harganya, juga untuk kakanda **Thisa Karley Makiwan** dan adinda **Fagearly Makiwan** atas motivasi dan semangat serta dukungannya kepada penulis yang begitu besar dan untuk semua keluarga besarku , terima kasih atas doanya.

Terima kasih yang terhingga juga penulis pesembahkan kepada :

- ❖ Bapak **Rektor Universitas Hasanuddin** beserta jajarannya, Bapak **Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam** beserta jajarannya, dan semua pihak birokrasi atas ilmu dan kemudahan-kemudahan yang diberikan, baik di bidang akademik maupun di bidang kemahasiswaan.
- ❖ Ibu **Dr. Hasmawati, M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Matematika, atas ilmu dan nasehatnya. Bapak **Nurdin, S.Si, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan yang telah memberikan banyak bantuan selama penulis menjalani pendidikan. Terima kasih pula untuk jajaran Pegawai Akademik Jurusan Matematika untuk bantuannya selama ini dalam pengurusan akademik.
- ❖ Bapak **Dr. Eng. Armin Lawi, S.Si. M.Eng** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Amir Kamal Amir, M.Si** selaku pembimbing pertama, yang selalu bersabar dalam membimbing penulis dengan sebaik-baiknya dan telah bersedia meluangkan waktu disela-sela rutinitas yang begitu padat demi membimbing penulis dari awal hingga menyelesaikan skripsi ini.
- ❖ Ibu **Naimah Aris, S.Si. M.Math** selaku ketua tim penguji penulis, Bapak **Andi Kresna Jaya, S.Si, M.Si** selaku sekretaris tim penguji, dan Bapak **Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc** selaku anggota tim penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini
- ❖ **Sahabat-sahabatku Math 2009** (Iche, Icha, Nur, Niedha, Arni, Oghie, Rina, Merry, Erika, Lesdy, Devita, , Fifie, Chia , Afri, Harti, Ingrid, Asnita, Edy, Taufik, Fairus, Faisal, Amil, Enci, Jamal, Ali, Noe,) atas segala bantuan yang selalu ada di waktu yang tepat, kekompakan, kesenangan dengan penuh canda tawa dan kebersamaannya

selama menghadapi masa-masa terindah maupun tersulit dalam menuntut ilmu, kalian yang akan selalu berada ditempat terspesial didalam hati.

- ❖ **Sahabat-sahabatku Stat 2009** (Try, Uni, Ifa, Ipin, Kiki, Yuli, A.Yuni, Iman, Isna, Hesty, Chimank, Jejen, Whay, Yanti, Mimi, Evhi, Cimma, Ayu, Ida, Andha, Fitri, Ira, Hera, Irzan, Tenri, Naser, Fitrah, Jumi, Juned, Fahrur, Nurmi, Endy, Mici, Vinni, Niki) atas dukungan dan canda tawa yang menyisakan kesan mendalam di hati.
- ❖ **Kanda-kanda senior** (Farhan Rezky Arifin, Sugiarto Cokrowibowo) dan adik-adikku **Matematika 2010** (Jhuni, Ryan, Okta, Irsal, Lilis, Ratih, Siswanto, dll) , serta seluruh warga **Himatika** dan **KM FMIPA UNHAS** sebagai keluarga keduaku atas pengalaman dan nasehat-nasehatnya sehingga penulis dapat lebih mengerti arti pentingnya kebersamaan.
- ❖ **Sahabat-sahabatku KKN UNHAS GEL 82 KABUPATEN SIDRAP KECAMATAN KULO** (Nina, Ririn, Hikmah, Choy, Manda, abang-abangku tersayang Bul, Ipul, Emil, Hasdar, Erwin, dan teman-teman KKN se-kecamatan Kulo, terima kasih karena telah hadir dan bersedia menjadi sahabat baru. Bapak Desa Maddenra sekeluarga, terima kasih atas penyertaannya selama kegiatan KKN berlangsung, sehingga KKN menjadi salah-satu momen membahagiakan. Untuk Usman Amin, terima kasih atas kesabaran, motivasi dan semangatnya yang tiada henti bagi penulis.
- ❖ Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dan tak sempat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala bantuan dan partisipasinya dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa dengan balasan yang terbaik disisiNya.

Dengan ketulusan yang mendalam untuk orang-orang yang telah hadir dalam kehidupan, penulis ingin mengutarakan

“ Saya bahagia mengenal kalian ”

Akhir kata, hanya kepada Tuhan Yang Maha Esa kita bersandar, segala puji hanya milikNya. Mudah-mudahan tulisan ini memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkan dan terutama untuk penulis. *Salam Sejahtera.*

Makassar, 22 Agustus 2013

Penulis

ABSTRAK

Koteri merupakan koleksi himpunan yang disebut korum dimana setiap dua himpunan saling beririsan. Koteri telah banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah sistem terdistribusi termasuk *mutual exclusion* karena dapat menjamin pemenuhan syarat *safety*. Masalah *mutual exclusion* dapat digeneralisasikan menjadi masalah yang disebut (n,m,k,d_i) -alokasi sumberdaya, menyangkut penggunaan k sumberdaya yang sama dari n proses yang berada pada m grup dan setiap sumberdaya dapat digunakan paling banyak d_i proses pada satu waktu dari grup yang sama. Generalisasi dapat dilakukan dengan mengambil $k=1$ pada langkah awal, selanjutnya diarahkan untuk k yang umum. Penelitian ini juga memberikan penjelasan tentang strategi yang digunakan untuk dapat menunjukkan nilai muatan suatu sistem korum dengan rasio keseimbangan disebut seimbang sempurna jika $\rho(\mathcal{C}) = 1$.

Kata kunci: Mutual exclusion, koteri, sistem korum, muatan, rasio keseimbangan

ABSTRACT

A coterie is a collection of sets called quorum and intersect for every two sets. Coterie have been used for many distributed systems problem including mutual exclusion because it can guarantee mutual exclusion's safety properties. Mutual exclusions problem can be generalized into the problem called (n,m,k,d_i) -resource allocation concerns the using of k identical resources among n processes which belong to m groups and each resource can be used by at most d_i processes of the same group at a time. The general result can be done by taking $k=1$ for the first step, so it can constructed for general k . This study also provides an explanation of the strategy that used to demonstrate the load of quorum systems with balanced ratio called perfectly balanced if $\rho(\mathcal{C}) = 1$.

Keyword: Mutual exclusion, coterie, quorum system, load, balancing ratio

DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul	i
LEMBAR KEOTENTIKAN.....	iii
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Organisasi Skripsi	6
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Terdistribusi	7
2.2 Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi	8
2.3 Sistem Himpunan Korum	11
2.4 Perluasan Sistem Himpunan Korum.....	13
2.5 <i>Area Critical Section</i>	16
2.6 Pendefinisian Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi	21
2.7 <i>Area Critical Section</i>	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
3.1 Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi	25
3.2 Sistem Korum Untuk Alokasi Sumberdaya Terdistribusi	25
3.2.1 $(n,1,1,1)$ - Sumberdaya Teralokasi	26

3.2.1	$(n,1,1,d)$ - Sumberdaya Teralokasi	28
3.2.1	$(n,m,1,d)$ - Sumberdaya Teralokasi	28
3.2.1	(n,m,k,d) - Sumberdaya Teralokasi.....	32
3.2.1	(n,m,k,d_i) - Sumberdaya Teralokasi.....	38
3.3	Koteri Seimbang, Biasa dan Seragam.....	42
3.4	Muatan dan Rasio Keseimbangan.....	43
3.5	Muatan Dengan Nilai Strategi	47
PENUTUP.....		52
4.1	Kesimpulan	52
4.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi informasi merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk mengolah, memproses, mendapatkan, menyusun, menyimpan, dan memanipulasi data dalam berbagai cara untuk menghasilkan informasi yang berkualitas. Informasi berkualitas yang dimaksud adalah informasi yang relevan, akurat dan tepat waktu. Teknologi ini menggunakan seperangkat komputer yang dihubungkan dalam suatu sistem jaringan. Komputer-komputer tersebut saling berhubungan agar dapat melakukan kegiatan, seperti pertukaran data dan melakukan komunikasi. Jadi, jaringan komputer pada dasarnya bertujuan agar sebuah komputer dapat berkomunikasi dengan komputer lainnya, yaitu dalam hal mengkomunikasikan data. Komunikasi data akan berjalan lancar jika memiliki sumber data, media transmisi data, penerima data, dan salah satu ilmu yang menjamin agar komunikasi data dapat berjalan dan menghasilkan solusi yang logis, benar dan optimal adalah ilmu matematika dalam bidang teknologi informasi dan komputer.

Sebelum jaringan komputer populer, pengguna komputer hanya mengenal sistem terdistribusi. Terdapat hal yang cukup membingungkan dalam pemakaian istilah jaringan komputer dan sistem terdistribusi (*distributed sistem*). Sistem terdistribusi adalah sebuah sistem dimana komponen software atau hardware-nya

terletak di dalam jaringan komputer dan saling berkomunikasi menggunakan *message passing* (sebuah teknik untuk melakukan sinkronisasi dan komunikasi antara proses-proses yang saling berinteraksi). Pendapat lain mengatakan sistem terdistribusi adalah sebuah sistem yang terdiri dari beberapa komponen yang terdapat di dalam sebuah jaringan komputer. Beberapa contoh sistem terdistribusi adalah Internet, *mobile computing*, sistem otomasi bank dan sebagainya. Salah satu keuntungan penggunaan sistem terdistribusi adalah ketangguhan sistem dimana kemungkinan adanya kegagalan proses tunggal yang tidak diketahui namun tidak membuat kegagalan pada sistem keseluruhan. Setiap komponen/perangkat dapat mengalami kegagalan, namun dengan menggunakan sistem terdistribusi komponen atau perangkat lain tetap berjalan dengan baik.

Topik penelitian dalam skripsi ini adalah mengkaji masalah konflik akses (masalah *mutual exclusion*) yang terjadi pada sistem terdistribusi. Algoritma *Distributed Mutual Exclusion* harus berurusan dengan penundaan pesan yang tidak terduga. Oleh sebab itu, diperlukan beberapa pendekatan, diantaranya:

- 1 Pendekatan berbasis Token
- 2 Pendekatan berbasis Non-Token
- 3 pendekatan berbasis Himpunan Korum

Pembahasan dalam skripsi ini lebih mengutamakan algoritma *Distributed Mutual Exclusion* dengan pendekatan berbasis korum yang merupakan salah satu bentuk dari sistem himpunan. Dalam konteks pembahasan ini, sistem himpunan yang dimaksud adalah penerapan metode himpunan yang digunakan untuk

memecahkan masalah, dengan pemahaman bahwa terdapat sistem lain yang lebih besar atau lebih luas dari setiap sistem sehingga elemen yang berada didalamnya saling berkaitan.

Sinkronisasi yang berbasis sistem himpunan korum merupakan hal penting dari algoritma terdistribusi karena secara signifikan mentolerir kegagalan node dan komunikasi yang dapat menyebabkan partisi jaringan. Maekawa (1985) mengemukakan bahwa *Distributed Mutual Exclusion* adalah contoh klasik dari sebuah algoritma terdistribusi berbasis korum.

Dalam sistem korum, jika sebuah proses menerima izin dari himpunan korum, maka proses tersebut dapat memasuki *critical section*. Oleh karena itu, untuk menjamin keamanan maka haruslah paling banyak satu proses dapat berada di *critical section* pada suatu waktu. Dengan demikian setiap dua korum harus memiliki irisan yang tidak kosong (*non-empty* irisan) dan setiap node hanya dapat memberikan izin untuk satu simpul. Molina dan Barbara (1985) dalam jurnal berjudul *How to assign votes in a distributed sistem*, memberikan penjelasan bahwa himpunan korum disebut koteri.

Pada penelitian terakhir menyangkut masalah resolusi konflik akses dalam sistem terdistribusi, Armin lawi, et al. (2005) memperkenalkan masalah baru tentang *h-out of k-Mutual Exclusion* dan pada tahun 2006 memberikan pemahaman lebih tentang sebuah sistem korum yang baru disebut (m,h,k) -koteri, kemudian dikembangkan oleh Joung (2010) dengan menerapkan (n,m,k,d) -sumberdaya teralokasi yang mendasar pada sistem korum yang lebih general yaitu (m,h,k) -koteri. Teori ini memberikan solusi masalah resolusi konflik akses pada

sumberdaya teralokasi dalam sistem terdistribusi yang diinisialisasi dengan masalah *Distributed Mutual Exclusion* yang berbasis korum dan memiliki mekanisme kerja dengan pertukaran pesan yang lebih efisien.

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka penulis menguraikan sifat sistem himpunan terdistribusi. Hasil penelitian akan dirampungkan dalam satu bentuk tulisan (skripsi) yang diberi judul “Generalisasi Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi dan Solusi Sistem Himpunannya”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dibentuk rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana alokasi sumberdaya berbeda secara umum pada sistem terdistribusi.
2. Bagaimana struktur sistem himpunan korum untuk mengatasi masalah pada sumberdaya teralokasi secara berbeda.
3. Bagaimana mengimplementasi sistem korum untuk menyelesaikan masalah alokasi sumberdaya.

1.3 Tujuan Penulisan

1. Mengkaji alokasi sumberdaya berbeda secara umum pada sistem terdistribusi.
2. Mengkaji struktur sistem himpunan korum untuk mengatasi masalah pada sumberdaya teralokasi secara berbeda.

3. Mengimplementasi sistem korum untuk menyelesaikan masalah alokasi sumberdaya.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan yaitu mengkaji masalah resolusi konflik akses secara umum yang teralokasi secara berbeda pada sistem terdistribusi serta dapat mengkaji struktur sistem himpunan korum untuk mengatasi masalah pada sumberdaya teralokasi secara berbeda. Lebih lanjut, sistem korum yang dibentuk secara umum dapat diimplementasi untuk menyelesaikan masalah-masalah alokasi sumberdaya.

1.5 Batasan Masalah

Message passing (pertukaran pesan) yaitu komunikasi antar proses untuk menggunakan sumberdaya yang dibutuhkan. Proses ini menyediakan dua operasi yaitu mengirim pesan dan menerima pesan. *Shared memory* merupakan kapasitas memory yang dapat diakses dan digunakan secara bersamaan oleh sejumlah program berbeda sehingga program tersebut dapat berbagi data dan menghindari terjadinya salinan informasi yang sama yang mengacu pada penggunaan RAM dan komputasi paralel adalah salah satu teknik memanfaatkan komputer independen secara bersamaan yang kemudian dihubungkan dengan jaringan dan mampu bekerja secara paralel untuk menyelesaikan suatu masalah.

Agar pembahasan lebih terfokus maka penulisan ini dibatasi hanya pada sistem terdistribusi dengan mekanisme *message passing*, tidak membahas sistem dengan mekanisme *shared memory* dan mekanisme komputasi paralel.

1.6 Organisasi Skripsi

Penulisan skripsi ini diorganisasikan sebagai berikut:

Pada Bab I akan membahas tentang penggunaan ilmu matematika yang berkaitan dengan ilmu komputer, yang lebih spesifik yaitu sinkronisasi dalam sistem terdistribusi.

Pada Bab II akan membahas tentang materi-materi yang mendukung penulisan skripsi ini, diantaranya tentang hubungan antara sistem terdistribusi, sistem graf, dan definisi-definisi lainnya yang berhubungan dengan *mutual exclusion* serta definisi sistem himpunan korum beserta contoh-contohnya.

Pada Bab III akan membahas tentang hasil dan pembahasan dari penulisan yaitu, menggeneralisasikan masalah alokasi sumberdaya dan menyelesaikan masalahnya dengan menggunakan sistem himpunan korum.

Pada Bab IV berupa penutup yang akan membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, dan saran-saran yang dapat membangun pengembangan skripsi ini menjadi lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan disajikan tentang beberapa materi yang mendukung penulisan skripsi ini.

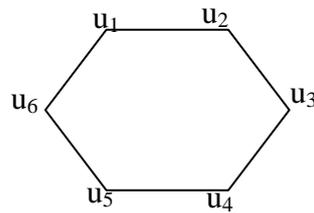
2.1 Sistem Terdistribusi

Sistem terdistribusi merupakan sebuah sistem yang komponennya berada pada jaringan komputer, yang saling berkomunikasi dan melakukan koordinasi dengan cara *message passing*. Dengan kata lain sistem ini melibatkan lebih dari satu komputer dalam suatu bentuk jaringan sistem terdistribusi yang dapat digambarkan sebagai graf komunikasi.

Graf adalah suatu himpunan yang terdiri dari simpul dan sisi, dimana sisi menghubungkan simpul-simpul yang ada. Panjang pendeknya garis dan lengkung atau lurusnya garis dalam suatu graf tidak berpengaruh terhadap perhitungan dalam graf komunikasi.

Definisi 2.1 *Sistem terdistribusi dapat digambarkan sebagai sebuah graf komunikasi $G = (P, E)$ dengan $P = \{u_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ adalah himpunan proses atau simpul (node) yang saling terhubung menggunakan media jaringan komunikasi $E = \{e_{ij} | 1 \leq i \neq j \leq n\}$. (Najafi, S. 2008)*

Contoh 1.



u_1 dan u_2 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_1, u_2) atau e_{12}

u_2 dan u_3 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_2, u_3) atau e_{23}

u_3 dan u_4 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_3, u_4) atau e_{34}

u_4 dan u_5 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_4, u_5) atau e_{45}

u_5 dan u_6 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_5, u_6) atau e_{56}

u_6 dan u_1 saling komunikasi sehingga sisinya berupa (u_6, u_1) atau e_{61}

Pada sistem terdistribusi, setiap proses saling berkomunikasi dan berkoordinasi dengan cara mengirim pesan (*message passing*) dan memungkinkan proses mengakses sumberdaya $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ dimana sumberdaya ini berfungsi untuk meningkatkan kecepatan komputasi, ketersediaan dan meningkatkan kehandalan data yang digunakan secara bersama. (Lawi, et al. 2006; Joung, Y. 2010)

2.2 Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi

Dalam sistem terdistribusi pembagian sumberdaya diatur berdasarkan proses yang akan mengakses. Sumberdaya yang ada terbatas dan perlu dikelola, dengan kata lain satu sumberdaya mungkin digunakan untuk satu proses untuk satu periode pengaksesan. Oleh karena itu, apabila satu sumberdaya telah

diberikan kepada suatu proses, maka proses lain harus menunggu sumberdaya tersebut dilepaskan sehingga dapat diakses oleh proses yang lain. (Lawi, et al. 2006; Joung, Y. 2010; Tanenbaum, A. 2006; Harada T. 2001)

Definisi 2.2 *Mutual Exclusion (mutex) adalah kondisi dalam sistem terdistribusi dimana hanya terdapat paling banyak satu proses yang dapat mengakses sumberdaya.*

Keberadaan *mutual exclusion* berfungsi untuk mencegah penggunaan secara bersamaan sumberdaya tertentu. Hal ini terjadi akibat adanya interaksi (komunikasi) antara proses-proses yang berjalan dan memungkinkan adanya kompetisi antar proses. (Rafidianto, dkk. 2009)

Dalam membuktikan sebuah algoritma yang berhasil mengatasi masalah akses mutex dalam memproses sumberdaya tunggal r harus memenuhi syarat berikut (Lawi, et al. 2006) :

1. **Syarat *safety***: Terdapat hanya satu proses yang dapat mengakses sumberdaya dalam setiap waktu.
2. **Syarat *liveness***: Semua proses yang ingin mengakses sumberdaya pada akhirnya akan berhasil.

Definisi 2.3 *d-mutual exclusion* adalah kondisi yang menjamin bahwa terdapat paling banyak d proses yang dapat mengakses bagian kritis (*critical section*) pada satu waktu dalam sistem terdistribusi.

Dengan cara yang sama, dapat dilakukan perluasan yang lebih mengenai syarat *safety* dengan mempertahankan kesamaan dari syarat *liveness*.

Syarat *safety*: Hanya terdapat paling banyak d proses yang dapat mengakses sumberdaya dalam setiap waktu.

Definisi 2.4 *Grup mutual exclusion* adalah suatu situasi yang menjamin hanya ada satu sumberdaya dapat diakses secara bersama oleh beberapa proses secara bersamaan tetapi dari grup yang sama bukan proses dari grup yang berbeda.

Syarat *safety*: Paling banyak satu sumberdaya $r \in R$ yang dapat diakses oleh beberapa proses secara bersamaan.

Definisi 2.5 *Masalah Writer-Reader* merupakan kondisi beberapa proses yang harus mengakses sumberdaya yang sama pada suatu waktu, sebagian membaca (*readers*) dan sebagian lagi menulis (*writers*). Tetapi, tidak ada proses yang dapat mengakses sumberdaya untuk menulis atau membaca saat terdapat proses lain yang sedang menulis.

Agar data dalam berkas tetap konsisten, maka setiap kali berkas tersebut ditulis, maka maksimal satu proses menulis yang dapat berlangsung, tetapi saat

proses menulis sedang berlangsung, maka tidak boleh ada satupun proses membaca.

1. **Syarat *safety writing***: Paling banyak satu proses yang dapat menulis pada sumberdaya.
2. **Syarat *safety reading***: Jika ada beberapa proses ingin membaca sumberdaya yang sementara dibaca (tidak sementara ditulis), maka proses-proses tersebut dapat membaca secara bersamaan.

2.3 Sistem Himpunan Korum

Definisi 2.6 Himpunan $C \subseteq 2^P$ yang memuat subset - subset tidak kosong dari P adalah koteri atas P jika dan hanya jika:

1. **Minimalitas** : $(\forall Q, Q' \in C) [Q \not\subseteq Q']$. ($Q, Q' \in C$ disebut **korum**)
2. **Irisan** : $(\forall Q, Q' \in C) [Q \cap Q' \neq \emptyset]$.

Contoh 2.

1. Misalkan Himpunan $\{\{1,2,3\}, \{2,4,5\}, \{4,5,6\}\}$ tidak dapat disebut koteri atas $P = \{1,2,3,4,5,6\}$ karena himpunan (korum) pertama dan ketiga tidak saling beririsan.
2. Himpunan $\{1,2,3\}$ dan $\{1,3\}$ tidak dapat disebut koteri atas $P = \{1,2,3\}$ karena himpunan (korum) pertama adalah superset himpunan kedua.

3. Misalkan $C_1 = \{\{1,2\}, \{2,3\}\}$, $C_2 = \{\{2,4\}, \{3,4\}, \{1,4\}\}$ adalah koteri atas $P = \{1,2,3,4\}$ maka himpunan $\{1,2\}$, $\{2,3\}$, $\{2,4\}$, $\{3,4\}$ dan $\{1,4\}$ disebut korum

Berikut diberikan dua contoh konstruksi sistem koteri:

Definisi 2.7 (*Majority Koteri*). Sistem himpunan M disebut Majority koteri atas himpunan titik P jika dan hanya jika $M = \{Q \mid |Q| = \lceil \frac{n+1}{2} \rceil \text{ dan } Q \subseteq P\}$. (Jrjiang . 2005)

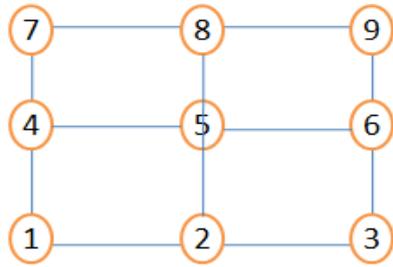
Contoh 3. Misalkan terdapat himpunan $P = \{1,2,3,4,5\}$ maka $n = 5$, $\lceil (n+1)/2 \rceil = 3$.

Sehingga diperoleh:

$M = \{\{1,2,3\}, \{1,2,4\}, \{1,2,5\}, \{1,3,4\}, \{1,3,5\}, \{1,4,5\}, \{2,3,4\}, \{2,3,5\}, \{2,4,5\}, \{3,4,5\}\}$ adalah majority koteri dengan korum berukuran $\lceil (n+1)/2 \rceil = 3$.

Definisi 2.8 (*Grid Korum*). Misalkan P adalah himpunan titik-titik yang diatur dalam bujur sangkar berukuran $k \times k$. Korum Grid adalah gabungan dari titik-titik pada baris penuh dan kolom yang saling berpotongan. Jumlah anggota P adalah $n = k^2$ dan $|Q| = 2k-1$. (Jrjiang .2005)

Contoh 4. Misalkan diberikan $k = 3$ bilangan bulat, sehingga akan diperoleh ukuran kotak grid 3×3 .



$$n = k^2 = 3^2 = 9 \text{ dan } |Q| = 2k-1 = 2 \times 3 - 1 = 5$$

Sehingga diperoleh:

$$\text{Grid} = \{ \{1,2,3,4,7\}, \{1,2,3,5,8\}, \{1,2,3,6,9\}, \{1,4,5,6,7\}, \{1,4,7,8,9\}, \{2,4,5,6,8\}, \\ \{2,5,7,8,9\}, \{3,4,5,6,9\}, \{3,6,7,8,9\} \}$$

2.4 Perluasan Sistem Himpunan Korum

Berikut akan dijabarkan penjelasan tentang perluasan alami dari koteri dengan mengembangkan sifat-sifat umum koteri sehingga akan diperoleh sifat yang dapat digunakan secara umum.

Definisi 2.9 (*d-koteri*). Himpunan tidak kosong $C \subseteq 2^P$ adalah **d-koteri** atas P jika memenuhi:

1. **Saling Lepas** : Untuk setiap $h < d$ adalah elemen yang saling lepas dalam $Q_1, \dots, Q_h \in C$ dimana $Q_i \cap Q_j = \emptyset, 1 \leq i < j \leq h$ terdapat elemen dalam himpunan $Q \in C$ sedemikian sehingga $Q \cap Q_i = \emptyset, 1 \leq i \leq h$

2. **Irisan** : $\forall D \subseteq \mathcal{Q}, l > k D = \{Q_1, \dots, Q_l\} \subseteq C$, maka terdapat paling sedikit pasang $\{Q_i, Q_j\} \subseteq D$ sedemikian sehingga $Q_i \cap Q_j \neq \emptyset, 1 \leq i \neq j \leq l$.
3. **Minimalitas** : $Q_i \not\subseteq Q_j, \forall Q_i, Q_j \in C, i \neq j$.

Untuk sistem korum 1-koterie disebut koteri.

Contoh 5.

$C = \{\{1,2\}, \{1,3\}, \{2,4\}, \{3,4\}\}$ adalah 2-koteri atas $P = \{1,2,3,4\}$ karena setiap korum Q dalam C selalu dapat ditemukan korum lain yang saling lepas dengan Q .

Definisi 2.10 (*Sistem Korum*). $\mathcal{Q} = (P, \mathcal{C})$ adalah sebuah sistem korum dengan P adalah himpunan tidak kosong dan \mathcal{C} adalah himpunan yang berisi himpunan bagian dari P yang saling beririsan. Himpunan P disebut sebagai himpunan semesta dan himpunan \mathcal{C} disebut sebagai koteri yang berisi korum dari sistem.

Sistem korum dapat dipresentasikan kedalam sebuah matriks keterkaitan dengan entitas 1 dan 0.

Definisi 2.11 (*Matriks Korum*) Matriks korum dari sebuah sistem korum (P, \mathcal{C}) adalah matriks berukuran $m \times n$ dimana $m = |P|$ dan $n = |\mathcal{C}|$ ditulis $\hat{C} = (\hat{c}_{i,j})$ yang diperoleh sebagai berikut: elemen dari P disebut sebagai p_1, p_2, \dots, p_n dan

korum pada \mathcal{C} disebut sebagai Q_1, Q_2, \dots, Q_m dengan entri-entrinya sebagai berikut

$$\hat{c}_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } p_j \in Q_i \\ 0, & \text{jika } p_j \notin Q_i \end{cases}$$

Contoh 6.

Diberikan sistem korum (P, \mathcal{C}) dengan himpunan koteri $\mathcal{C} = \{\{1,2\}, \{1,3\}, \{1,4\}, \{2,3\}, \{2,4\}, \{3,4\}\}$ atas $P = \{1, 2, 3, 4\}$ dengan $m = 4$ dan $n = 6$. Matriks korum dari sistem (P, \mathcal{C}) adalah matriks $\hat{C} = (\hat{c}_{4,6})$ dibentuk seperti pada matriks berikut.

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Matriks korum $\hat{C} = (\hat{c}_{4,6})$

Definisi 2.12 (Bikoteri). Pasangan koleksi himpunan $\mathcal{B} = \{C_1, C_2\}$ dimana C_1 dan C_2 adalah himpunan bagian dari 2^P , adalah sebuah bikoteri atas P jika dan hanya jika memenuhi:

Irisan : $\forall Q \in C_1 \text{ dan } \forall Q' \in C_2, Q \cap Q' \neq \emptyset$

Minimalitas : $\forall Q, Q' \in C_i (i = 1, 2) Q \not\subseteq Q'$.

Contoh 7.

$$P = \{1,2,3,4\}$$

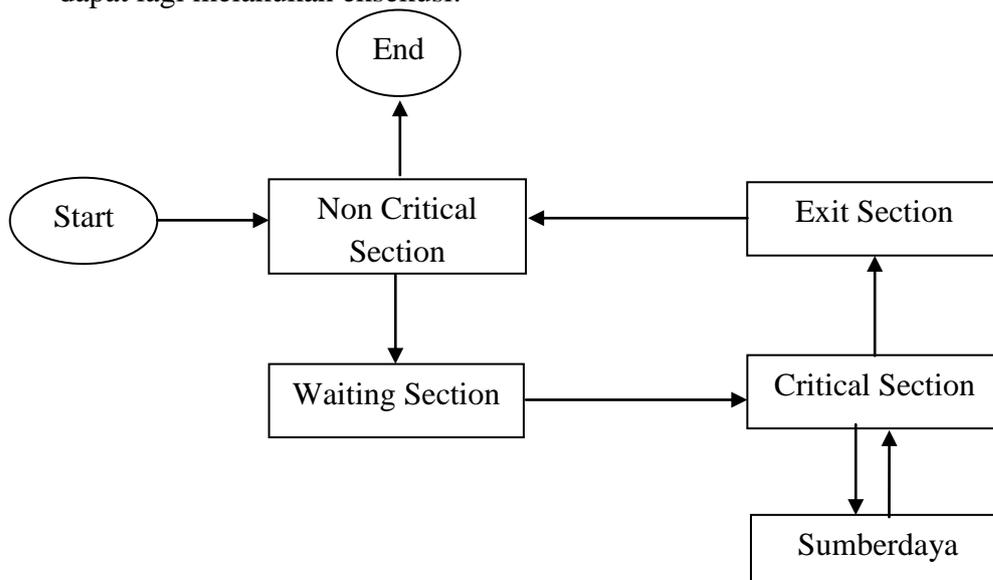
$\mathcal{B} = \{C_1, C_2\}$ adalah sebuah bikoteri atas $P = \{1,2,3,4\}$

$$C_1 = \{\{1,2,3\}, \{1,2,4\}, \{1,3,4\}, \{2,3,4\}\}$$

$$C_2 = \{\{1,2\}, \{1,3\}, \{1,4\}, \{2,3\}, \{2,4\}, \{3,4\}\}$$

2.5 Area Critical Section

Akses sebuah proses ke sumberdaya dapat digambarkan sebagai suatu daerah kritis (*critical section*). Saat proses ingin mengakses sumberdaya, maka proses terlebih dahulu masuk ke area yang disebut *Waiting Section* dan setelah menggunakan sumberdaya maka proses akan mengeksekusi *Exit Section*, dan proses tersebut dapat keluar dari area mengeksekusi sumberdaya sehingga tidak dapat lagi melakukan eksekusi.



Gambar II.1 Alur siklus proses

2.5.1 Algoritma Penyelesaian Masalah Mutual Exclusion

Dasar operasi dari algoritma terdistribusi adalah pengurutan kejadian yang terjadi secara terus menerus, contohnya jika diinginkan pernyataan bahwa proses p dalam sistem i terjadi sebelum atau sesudah proses p dalam sistem j . Dengan kata lain, diperlukan adanya kejelasan dalam pengurutan proses. Dari masalah tersebut, Lamport mengusulkan pengurutan proses kedalam suatu bentuk pengurutan waktu dengan metode penandaan (stempel) waktu.

Lamport mengembangkan algoritma *mutual exclusion* terdistribusi terhadap sumberdaya yang hanya boleh diakses oleh suatu proses dalam satu waktu. Algoritma ini bertindak secara adil dengan cara interaksi antar proses melalui pertukaran pesan (*message*). Oleh karena itu, sebuah kejadian dapat diidentifikasi dengan pengiriman pesan yang kemudian akan dicatat dalam bentuk urutan stempel waktu. Kejadian dimana suatu proses akan mengakses sumberdaya disebut sedang memasuki *critical section* (CS).

Algoritma ini mengeksekusi permintaan CS dalam urutan waktu yang semakin meningkat dan menempatkan permintaan tersebut kedalam antrian permintaan (*request_queue_i*) yang terurut total berdasarkan stempel waktu masing-masing. (Kshemkalyani, A. 2008; Tanenbaum, A. 2006)

Saat suatu proses mengirimkan pesan permintaan maka proses tersebut menambah nilai stempel waktu dengan 1. Pesan permintaan dikirim dalam bentuk (t_i, p_i) dimana t_i merupakan banyaknya pengiriman pesan permintaan yang dilakukan oleh proses p dan p_i merupakan proses dengan stempel waktu i .

Algoritma:

1. Algoritma meminta (*request*) bagian kritis:

- 1) Bila proses p_i akan mengeksekusi CS, maka proses p_i akan memberi pesan REQUEST (t_i, p_i) ke semua proses lain dan menempatkan pesan permintaan kedalam *request_queue_i*.
- 2) Ketika sebuah proses lain p_j yang menerima pesan REQUEST (t_i, p_i) maka pesan permintaan dari p_i masuk *request_queue_j* dan memberikan pesan REPLY ke p_i .

2. Algoritma mengeksekusi bagian kritis.

Proses p_i memasuki CS ketika dua kondisi berikut berlaku:

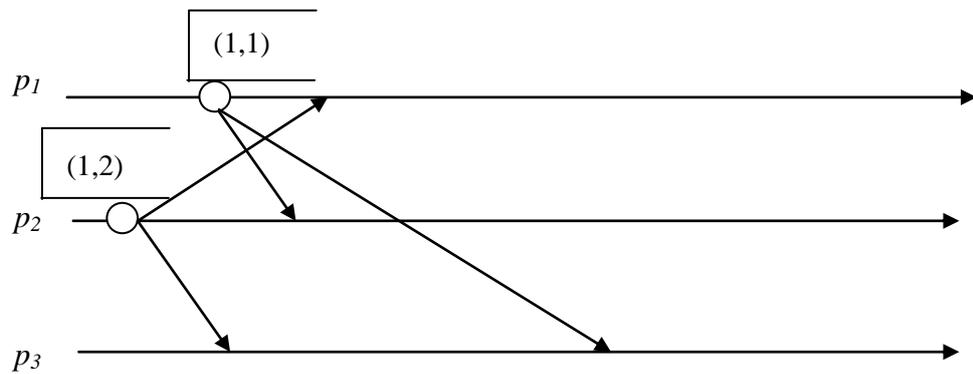
- 1) p_i menerima pesan dengan stempel waktu lebih besar dari (t_i, p_i) dari semua proses lain.
- 2) Permintaan p_i berada di bagian paling atas dalam antrian (*request_queue_i*).

3. Algoritma keluar dari bagian kritis

- 1) Saat proses p_i keluar dari CS, maka p_i akan menghapus pesan permintaannya pada bagian paling atas dalam *request_queue_i* dan memberikan pesan RELEASE ke semua proses lain.
- 2) Ketika proses p_j menerima pesan RELEASE dari proses p_i , maka p_j akan menghapus permintaan p_i dari *request_queue_j*.

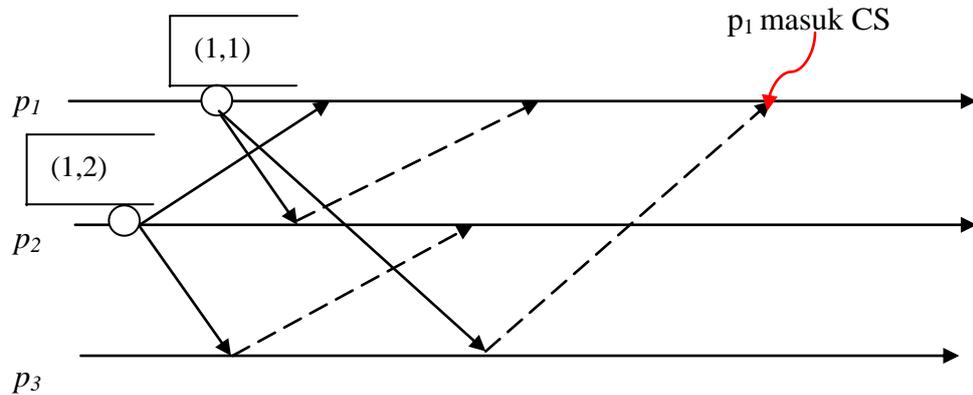
Contoh 8.

Ilustrasi dari Algoritma Lamport



Gambar II.2a p_1 dan p_2 akan memasuki CS

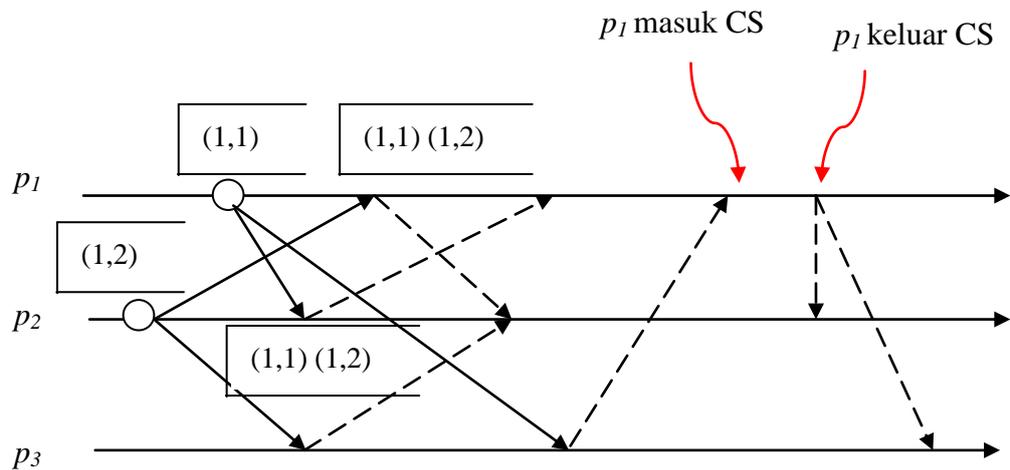
Pada gambar diatas, proses p_1 dan p_2 akan mengakses CS dan mengirimkan pesan REQUEST ke proses lain. Maka stempel waktu proses p_1 adalah $(1,1)$ dan stempel waktu untuk proses p_2 adalah $(1,2)$.



Gambar II.2b p_1 memasuki CS

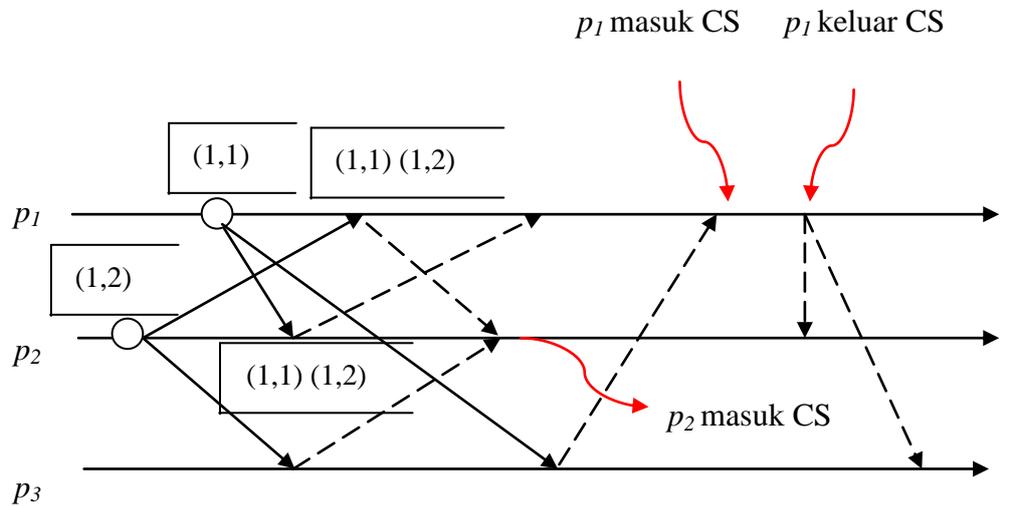
Gambar diatas mengilustrasikan bahwa masing-masing proses menerima pesan REPLAY dari proses lain. Pada proses p_1 pesan permintaannya berada paling atas

pada *request_queue* tetapi proses p_2 memiliki pesan permintaan tidak pada bagian paling atas dari *request_queue* sehingga p_1 yang dapat memasuki CS.



Gambar II.2c p_1 keluar CS

Pada **Gambar II.2c** , menggambarkan p_1 keluar dari CS dan mengirimkan pesan RELEASE ke proses lain.



Gambar II.2d p_2 masuk CS

Pada gambar diatas, p_2 telah menerima pesan balasan dari proses lain, juga menerima pesan RELEASE dari proses p_1 , p_2 memperbaharui keadaan $request_queue_i$ dan pesan permintaannya berada pada bagian paling atas, sehingga p_2 dapat memasuki CS.

2.6 Pendefinisian Masalah Alokasi Sumberdaya Terdistribusi

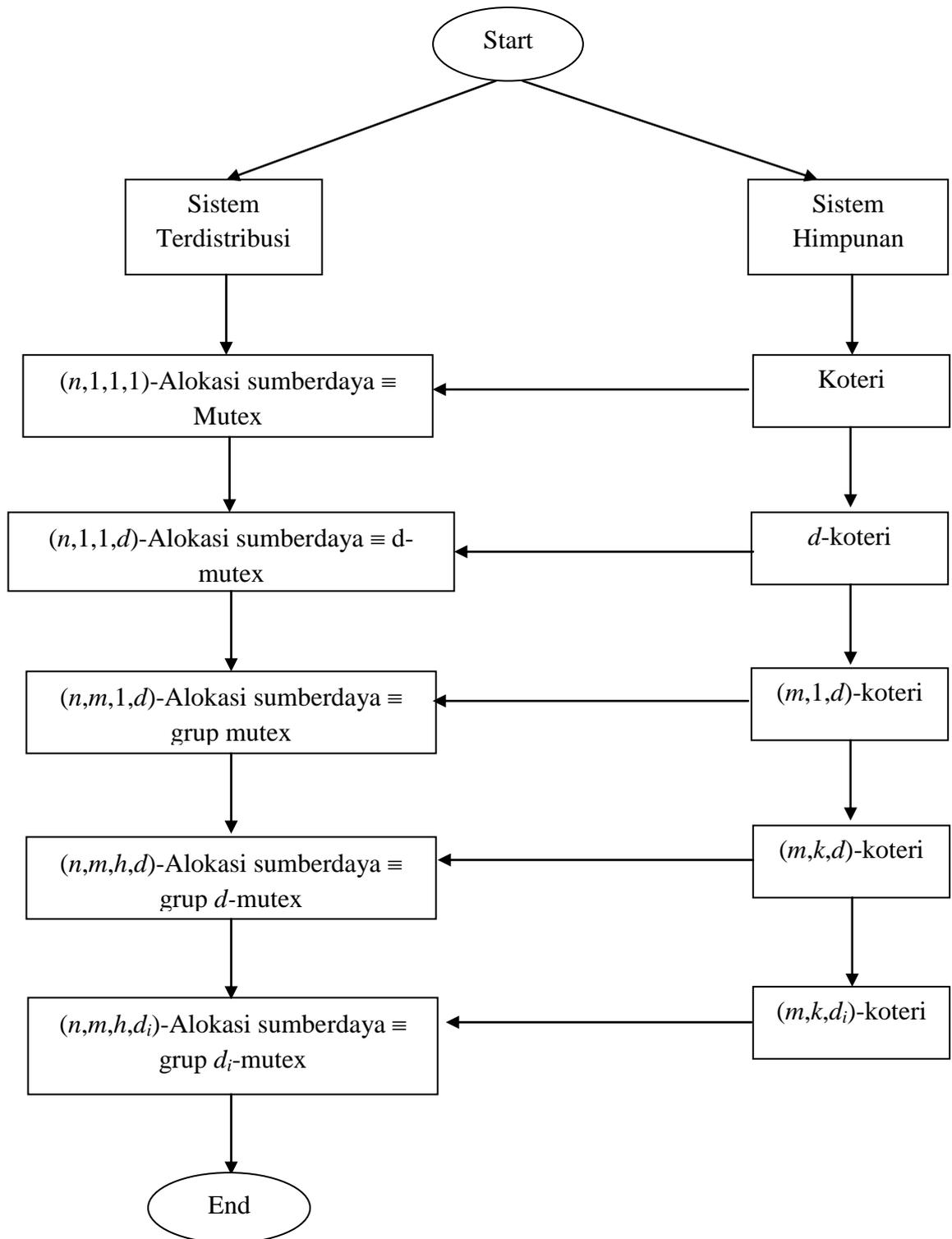
Perluasan masalah sistem terdistribusi dengan alokasi sumberdaya terbatas dapat didefinisikan menjadi sebuah masalah sistem terdistribusi yang lebih general dengan akses ke sumberdaya bersama dibatasi. Jumlah proses adalah n dan jumlah kelompok/jenis sumberdaya adalah m , jumlah kelompok yang dapat diakses secara bersamaan paling k dan untuk setiap kelompok, paling banyak terdapat d proses yang dapat mengakses sumberdaya.

Masalah tersebut dapat dikatakan sebagai (n, m, k, d) -sumberdaya teralokasi yang merupakan generalisasi masalah d -mutual exclusion dan grup mutual exclusion sebagai berikut. Masalah $(n, 1, 1, 1)$ -sumberdaya teralokasi bertepatan dengan masalah mutual exclusion, masalah $(n, 1, 1, d)$ – sumberdaya teralokasi bertepatan dengan k -mutual exclusion, dan masalah $(n, m, 1, d)$ - sumberdaya teralokasi bertepatan dengan grup mutual exclusion. (Joung, 2010 ; Lawi et al, 2006)

1. $(n, 1, 1, 1)$ -sumberdaya teralokasi
 - 1) Paling banyak 1 dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses dalam satu waktu.
 - 2) Paling banyak 1 proses yang dapat mengakses sumberdaya
2. $(n, 1, 1, d)$ -sumberdaya teralokasi
 - 1) Paling banyak 1 dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses pada satu waktu
 - 2) Paling banyak d proses yang dapat mengakses sumberdaya
3. $(n, m, 1, 1)$ -sumberdaya teralokasi
 - 1) Terdapat m jumlah sumberdaya yang dapat diakses
 - 2) Paling banyak 1 dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses pada satu waktu
 - 3) Paling banyak 1 proses yang dapat mengakses sumberdaya
4. $(n, m, 1, \infty)$ - alokasi sumberdaya
 - 1) Terdapat m jumlah sumberdaya yang dapat diakses
 - 2) Paling banyak 1 dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses satu waktu
 - 3) Tidak terdapat batasan pada jumlah proses yang dapat mengakses sumberdaya
5. $(n, m, 1, d)$ - alokasi sumberdaya
 - 1) Terdapat m jumlah sumberdaya yang dapat diakses
 - 2) Paling banyak 1 dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses satu waktu

- 3) Paling banyak d jumlah proses yang dapat mengakses sumberdaya
6. (n, m, k, d) - alokasi sumberdaya
- 1) Terdapat m jumlah sumberdaya yang dapat diakses
 - 2) Paling banyak k dari m sumberdaya yang dapat diakses oleh beberapa proses secara bersamaan pada satu waktu
 - 3) Paling banyak d jumlah proses yang dapat mengakses sumberdaya

2.7 Alur Kerja



Gambar II.3 Alur kerja