

4. Bapak Zaenal Arifin, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Budi Krisno ST, selaku *Staff Control Engineer* Proyek Pembangunan Laboratorium Terpadu UII.
6. M. Ridwan AP, ST, selaku nara sumber bagi penyusun.
7. Papa, Mama, Edi dan Desi atas doa restunya terhadap penyusun.
8. Dwi dan Irfan, terima kasih atas perhatiannya.
9. Segenap pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung yang tidak disebutkan satu persatu.

Akhir kata penyusun mohon maaf atas segala kekurangan yang ada dan mengharapkan segala masukan dan kritikan yang nantinya dapat membantu kesempurnaan laporan ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat serta karunianya kepada kita semua dan semoga kita selalu memperoleh ridhonya terhadap apa yang kita perbuat. Amien.

*Wabillahi Taufik Walhidayah*

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, November 2003

Penyusun

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Boby 'wanna thanks to :*

*“ Ortu, makasih doa & usahanya hingga Boby jadi seperti sekarang. Buat adik-adik gue, smoga 'nyusul' . Dwi, semoga tambah 'sakti' aja, sukses selalu en sering2 'transfer' ya!. Irfan, moga2 TD nya ningkat terus. Both of You, really true friend!. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat-Nya pada kalian semua.”*

*“ Buat bu Nunung sekeluarga yang udah nganggap aku bagian dari kalian. Gitu juga buat keluarga pak Ubung. Eva, yang pernah ngisi hari-hariku, semoga bahagia. Dilla, kamu teman disaat yang tepat!”*

*“ Eka, yang selalu nyuport aku en gak bosan2nya nanyain TA kn. Iskandar & Desi, semoga jadi keluarga sakinah. Anita, jangan dugem teruss! Matolib, komputernya makasih banget ya! Tarjo, hidup RO! Mas Mon & ka Gigit, keep on Mystic, Bro! Aan, kamu tuh maniez lho!. Irma, udah ngebantuin ngetik TA. Yopi, asyik ya tukeran sepatu! Havid, thanks doanya. Dan juga buat Ade, Desti, Ida, Heri, Nani, Vinie, Yuni, Hera, Thanks a lot to all of you!.”*

memiliki kelebihan tersendiri dalam mengantisipasi unsur ketidakpastian tetapi keterlambatan selalu saja terjadi, sehingga kebutuhan adanya metode penjadwalan yang lebih tangguh diupayakan dengan penyatuan dua elemen ketidakpastian dari dua metode penjadwalan yaitu empat konstrain PDM dan konsep penyangga CCM.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana masalah yang timbul dari empat konstrain PDM dan solusi yang harus diambil untuk membentuk rantai kritis.
2. Mampukah *Algoritma Zjm* menghasilkan penyangga dari beban kerja kegiatan dengan mengidentifikasi daerah beban kerja masing-masing sebagai salah satu karakteristik perhitungan tersebut untuk membentuk rantai kritis.
3. Bagaimana optimasi yang dilakukan dengan manajemen penyangga setelah terbentuknya rantai kritis.

### 1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian dititikberatkan pada konstrain waktu dengan asumsi jumlah sumber daya tidak menjadi kendala.
2. Membentuk *Critical Chain* (rantai kritis = mata rantai yang paling panjang) termasuk penyangga yang dibutuhkan berdasarkan data *Precedence Diagram Method* (PDM) yang ada.
3. Penentuan besar penyangga diperoleh dengan pendekatan analitik *Algoritma Zjm*.

## 1.6 Metode Penelitian

### 1.6.1 Persiapan Penelitian

Beberapa persiapan yang dilakukan untuk mengumpulkan data seperti terlihat di bawah ini.

1. Wawancara (*Interview*).

Dilakukan dengan melakukan tanya jawab langsung kepada pihak yang berkompeten memberi keterangan seputar proyek yang dilaksanakan untuk memperoleh kejelasan data yang diambil.

2. Pengamatan atau observasi.

Dilakukan dengan mengamati, dan mencatat perubahan proyek yang terjadi serta faktor-faktor yang berkaitan dengan jalannya proyek berdasarkan laporan-laporan yang diperoleh.

3. Studi literatur.

Mengumpulkan data dari sumber kepustakaan seperti buku-buku penjadwalan, artikel, serta tulisan dari situs-situs internet yang mendukung.

### 1.6.2 Data Penelitian

Untuk keperluan penelitian dibutuhkan data sebagai berikut ini.

1. Data Kegiatan Proyek.

Merupakan daftar urutan kegiatan proyek yang direncanakan dari awal hingga akhir proyek beserta hubungan keterkaitan antar kegiatan proyek.

2. Kurva S.

Kurva ini menggambarkan perkembangan pelaksanaan kegiatan proyek yang terdiri dari rencana kegiatan dan aktual pelaksanaannya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Uraian Umum

Perencanaan proyek melibatkan dua faktor yang berpengaruh besar terhadap keberhasilannya yaitu kecakapan perencana dan alat atau metodenya (Iman Soeharto, 1997).

Ukuran keberhasilan suatu proyek sering dikaitkan dengan tiga sasaran yang biasa disebut sebagai tiga kendala (*triple constraint*). Ketiga batasan tersebut bersifat tarik menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan menaikkan mutu, yang selanjutnya berakibat pada naiknya biaya melebihi anggaran. Sebaliknya bila ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu atau jadwal (Iman Soeharto, 1997).

Sebuah “jadwal” suatu proyek konstruksi mungkin berarti hal yang berbeda bagi perencana, kontraktor, pemasok, subkontraktor, pemilik yang terlibat dalam proses konstruksi. Jadwal juga dapat berarti sejumlah nilai yang diajukan kontraktor yang pengeluaran biayanya secara berkala akan dikalkulasikan serta terdiri dari beberapa kegiatan terperinci yang harus dilaksanakan sesuai kontrak. Dalam hal ini jadwal proyek berarti sebuah alat (*tool*) untuk menentukan kegiatan-kegiatan penting serta urutan kegiatan tersebut dalam kerangka waktu tertentu

## 2.6 Kerangka Penelitian

Penelitian ini bermula dari adanya pemikiran tentang seringnya pelaksanaan proyek melebihi jadwal yang telah direncanakan. Penelitian ini berusaha untuk menawarkan solusi dengan metode baru yang disebut dengan metode rantai kritis atau *Critical Chain Method* (CCM) yang kemudian diimplementasikan dalam bentuk simulasi perancangan rantai kritis dengan cara studi kasus.

Secara konsep, metode rantai kritis tidak mengenal istilah *lag*, yang berarti menganut prinsip *I-J Method (Finish-to-Start)*. Dalam penelitian ini akan dicoba untuk melakukan modifikasi metode rantai kritis dengan memperhitungkan faktor *lag* yang muncul karena adanya empat konstrain sebagai faktor tambahan terhadap ketidakpastian (*uncertainty*) yang diperoleh dari data *Precedence Diagram Method* (PDM) sebagai bahan studi kasus. *Algoritma Zijm* digunakan sebagai pendekatan analitik dalam menentukan jumlah penyangga yang dibutuhkan. Hal yang membedakan *buffer* (penyangga) yang dihasilkan ini adalah karena berdasarkan beban kerja. Sebagai alat bantu untuk penggambaran jaringan kerja, peneliti menggunakan software program *Primavera Project Planner*. Setelah itu akan dilakukan manajemen penyangga untuk memperkirakan dan mengawasi keterlambatan yang mungkin terjadi pada proyek.

3. menanggukkan keputusan lainnya untuk mendukung keputusan sebelumnya,
4. meningkatkan sistem pembatas. Istilah *elevate* berarti membuat mungkin untuk mencapai relatif *performance* yang lebih tinggi atas tujuan yang ingin dicapai,
5. bila ketergantungan pada konstrain telah hilang, maka kembali ke langkah pertama.

Berdasarkan langkah-langkah tersebut lahirlah sebuah metode penjadwalan proyek yang diberi nama Metode Rantai Kritis (*Critical Chain Method* atau CCM). Metode ini adalah pengembangan dari teori kostrain yang dikembangkan oleh Eliyahu Goldratt (1997) untuk penjadwalan dan pengelolaan produksi. *Theory Of Constraints* (TOC) difokuskan pada identifikasi dan antisipasi *bottlenecks* (sumber leher botol) untuk meningkatkan produksi secara keseluruhan. Begitu juga dengan CCM yang memperhatikan sumber leher botol ini dalam pelaksanaannya.

### 3.3 Metode Rantai Kritis

Dalam metode ini terdapat dua macam ketergantungan yaitu ketergantungan menurut hubungan kegiatan dan ketergantungan menurut sumber yang terbatas. Keterbatasan waktu suatu proyek dapat dilihat dari lintasan kritisnya sedangkan keterbatasan sumber terletak pada suatu sumber yang paling menentukan kinerja perusahaan.

Dalam metode CPM dan PERT tidak diperkenankan untuk memboroskan waktu yang telah dialokasikan pada lintasan kritis, karena setiap penundaan pada lintasan kritis akan membuat proyek terlambat. Metode tradisional yang

## **BAB IV**

### **STUDI KASUS**

#### **4.1 Uraian Umum**

Berkaitan dengan urutan-urutan pekerjaan yang telah ditentukan, maka setiap alokasi waktu dari masing-masing kegiatan akan dihubungkan kedalam suatu jaringan ketergantungan kerja. Salah satu metode yang diangkat dalam penelitian ini adalah metode diagram preseden (*Precedence Diagram Method*). Telah diketahui dengan adanya empat konstrain dalam metode ini memungkinkan antar kegiatan saling bertumpang tindih sehingga waktu penyelesaian proyek menjadi lebih singkat. Tentu saja ini merupakan kelebihan metode diagram preseden dibandingkan beberapa metode penjadwalan lainnya seperti *Critical Path Method (CPM)* dan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* yang hanya terdiri dari satu jenis konstrain saja. Dalam penelitian ini, sebuah metode yang relatif baru yang disebut dengan metode rantai kritis juga bernasib sama dengan beberapa metode pendahulunya yang hanya terfokus dengan satu jenis hubungan ketergantungan atau konstrain yaitu *Finish to Start (FS)*. Walaupun begitu, metode tersebut memiliki mekanisme tersendiri dalam mengantisipasi keterlambatan yaitu dengan menempatkan sejumlah penyangga waktu pada jaringan kerja. Dalam penelitian ini, empat konstrain pada PDM menjadi salah satu pertimbangan dalam membentuk metode rantai kritis.



#### **4.2.2 Time Schedule**

Jadwal pelaksanaan Proyek Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta berupa kurva S dan data PDM dari program *Primavera Project Planner* (P3) yang berisi durasi tiap pekerjaan dan hubungan antar kegiatan.

#### **4.2.3 Volume Keterlambatan**

Proyek laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia hingga tanggal yang ditetapkan berakhir ternyata mengalami keterlambatan waktu sampai beberapa hari. Keterlambatan tersebut diakibatkan oleh adanya beberapa kegiatan yang belum selesai dikerjakan berupa volume sisa dari masing-masing pekerjaan.

### **4.3 Analisis Data PDM**

#### **4.3.1 Paket Pekerjaan Proyek**

Pekerjaan Proyek Pembangunan Laboratorium Terpadu UII terbagi atas beberapa pekerjaan utama secara garis besar terlihat dibawah ini.

1. Pekerjaan Batu kali.
2. Pekerjaan Beton.
3. Pekerjaan Bata dan Plesteran.
4. Pekerjaan Keramik.
5. Pekerjaan *Plafond* dan Partisi.
6. Pekerjaan Kaca dan Alumunium.
7. Pekerjaan Pintu Spesial.
8. Pekerjaan *Railing*.

Tabel 4.1 (lanjutan) Daftar pekerjaan proyek beserta durasi &amp; satuan pekerjaan

No Kegiatan	Jenis Kegiatan	Satuan Pekerjaan	Durasi <hari>
700	Pas. Keramik Lantai Lt Basement	m <sup>2</sup>	90
750	Pas. Batu alam Lt Basement	m <sup>2</sup>	25
740	Pas. Pelapis dinding teraso Lt.B	m <sup>2</sup>	25
720	Pas. Keramik tangga it Basement	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. PLAFOND DAN PARTISI</b>			
920	Pek. Plafond it Basement	m <sup>2</sup>	30
930	Pek. Partisi Lt. Basement	m <sup>2</sup>	23
<b>PEK. KACA DAN ALUMINIUM</b>			
950	Pek kaca & aluminium pintu jendela Lt. B	unit	60
<b>PEK. PINTU SPESIAL</b>			
940	Pek.pintu spesial	set	39
<b>PEK. RAILING</b>			
990	Railing tangga Lt .Basement	m <sup>1</sup>	20
<b>PEK. CAT</b>			
1050	Cat <i>plafond</i> ,pelat lantai, dan balok Lt.B	m <sup>2</sup>	80
1070	Cat dinding interior Lt.Basement	m <sup>2</sup>	56
1080	Cat kolom it.basement	m <sup>2</sup>	20
1060	Cat dinding eksterior Lt.basement	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. SANITAIR</b>			
1210	Pas.wastafel Lt.basement	bh	14
1220	Pas.urinoir Lt.Basement	bh	15
1230	Pas.closest Lt.Basement	bh	14
1240	Pas.kran Lt.Basement	bh	10
1250	Pas.cermin toilet Lt.Basement	bh	7
<b>PEK. SITE ENGINEERING</b>			
1410	Saluran keliling site terbuka	m <sup>1</sup>	25
1420	Saluran keliling site tertutup	m <sup>1</sup>	25
1430	Saluran dalam site terbuka	m <sup>1</sup>	20
1440	Saluran dalam site tertutup	m <sup>1</sup>	20
1450	Turap luar	m <sup>1</sup>	25
1460	Turap dalam	m <sup>1</sup>	25
1540	Pas.turap depan	m <sup>3</sup>	14
1550	Pas.turap utara dan barat	m <sup>3</sup>	14
<b>PEK. LANDSCAPING</b>			
1470	Finishing tangga lingkak	m <sup>2</sup>	20
1480	Beton kansten	m <sup>1</sup>	30
1490	Paving block	m <sup>2</sup>	30
1500	Grass block	m <sup>2</sup>	30
1510	Railing setapak lingkak	m <sup>1</sup>	14
1520	Perkerasan setapak lingkak	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. PAGAR</b>			
1560	Pagar BRC	m <sup>1</sup>	54
<b>PEKERJAAN BETON LT.1</b>			
90	Balok dan Luifel Jendela Lt.1	m <sup>3</sup>	14
110	Pelat Tangga Lt.1	m <sup>3</sup>	15

Tabel 4.1 (lanjutan) Daftar pekerjaan proyek beserta durasi &amp; satuan pekerjaan

No Kegiatan	Jenis Kegiatan	Satuan Pekerjaan	Durasi <hari>
100	Balok Lantai Lt.1	m <sup>3</sup>	14
130	Beton Sirip Lt.1	m <sup>3</sup>	12
120	Listplank Sisi Luar Lt.1	m <sup>3</sup>	15
80	Balok dan Pelat <i>Luifel</i> Selasar Lt.1	m <sup>3</sup>	14
<b>PEK. PAS BATA &amp; PLESTERAN</b>			
480	Pasangan dinding Bata Lt.1	m <sup>2</sup>	28
490	Plesteran Dinding Bata Lt.1	m <sup>2</sup>	30
500	Plesteran Beton Lt.1	m <sup>2</sup>	35
520	Skelet it 1	m <sup>1</sup>	12
510	Sponengan it 1	m <sup>1</sup>	21
550	Tali air it 1	m <sup>1</sup>	21
530	Pelat meja kerja it 1	m <sup>3</sup>	20
540	Pasang roster pola pelengkung	m <sup>2</sup>	23
<b>PEK. KERAMIK</b>			
810	<i>Water proofing</i> it 1	m <sup>2</sup>	15
780	Pas.keramik dinding it 1	m <sup>2</sup>	20
800	Pas.keramik meja kerja it 1	m <sup>2</sup>	20
770	Pas.keramik lantai it 1	m <sup>2</sup>	91
790	Pas.keramik tangga it 1	m <sup>2</sup>	26
<b>PEK. PLAFOND DAN PARTISI</b>			
1610	<i>Plafond</i> it 1	m <sup>2</sup>	40
1620	Partisi it 1	m <sup>2</sup>	12
<b>PEK. KACA DAN ALUMINIUM</b>			
960	Pak.kaca & aluminium pintu jendela it 1	unit	60
<b>PEK. RAILING</b>			
1000	<i>Railing</i> tangga it 1	m <sup>1</sup>	25
1010	<i>Railing balustrade</i> selasar it 1	m <sup>1</sup>	25
<b>PEK. CAT</b>			
1090	Cat dinding interior it 1	m <sup>2</sup>	40
1120	Cat kolom it 1	m <sup>2</sup>	20
1110	Cat <i>plafond</i> , pelat lantai, dan balok it 1	m <sup>2</sup>	80
1100	Cat dinding eksterior it 1	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. SANITAIR</b>			
1260	Pas.wastafel it 1	bh	14
1270	Pas <i>urinoir</i> it 1	bh	15
1280	Pas <i>closet</i> it 1	bh	14
1290	Pas.kran it 1	bh	10
1300	Pas.cermin toilet it 1	bh	7
<b>PEKERJAAN BETON LT.2</b>			
140	Pelat Lantai Lt.2	m <sup>3</sup>	14
160	Balok Utama Lt.2	m <sup>3</sup>	14
150	Kolom Utama Lt.2	m <sup>3</sup>	12
180	Balok dan Pelat <i>Luifel</i> Jendela Lt.2	m <sup>3</sup>	14
200	Pelat Tangga Lt.2	m <sup>3</sup>	15
210	Listplank Sisi Luar Lt.2	m <sup>3</sup>	15

Tabel 4.1 (lanjutan) Daftar pekerjaan proyek beserta durasi &amp; satuan pekerjaan

No Kegiatan	Jenis Kegiatan	Satuan Pekerjaan	Durasi <hari>
190	Balok Lantai Lt.2	m <sup>3</sup>	14
220	Beton Sirip Lt.2	m <sup>3</sup>	12
170	Balok dan Pelat <i>Luifel</i> Selasar Lt.2	m <sup>3</sup>	14
<b>PEK. BATA &amp; PLESTERAN LT.2</b>			
560	Pasangan Dinding Bata Lt.2	m <sup>2</sup>	28
570	Plesteran dinding bata it 2	m <sup>2</sup>	30
580	Plesteran beton it 2	m <sup>2</sup>	35
600	Skelet it 2	m <sup>1</sup>	12
620	Meja kerja it 2	m <sup>3</sup>	20
590	Sponengan it 2	m <sup>1</sup>	21
610	Tali air it 2	m <sup>1</sup>	21
<b>PEK. KERAMIK LT 2</b>			
860	<i>Water proofing</i> Lt.2	m <sup>2</sup>	15
830	Pasangan Keramik Dinding Lt.2	m <sup>2</sup>	20
850	Pas.keramik meja kerja Lt.2	m <sup>2</sup>	20
820	Pasangan Keramik Lantai Lt.2	m <sup>2</sup>	82
840	Pasangan Keramik Tangga Lt.2	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. PLAFOND DAN PARTISI</b>			
1630	<i>Plafond</i> it 2	m <sup>2</sup>	30
1640	Partisi it 2	m <sup>2</sup>	12
<b>PEK. KACA &amp; ALUMINIUM</b>			
970	Pek.kaca & aluminium pintu,jendela it 2	unit	40
<b>PEK. RAILING</b>			
1020	<i>Railing</i> tangga it 2	m <sup>1</sup>	25
1030	<i>Railing balustrade</i> selasar it 2	m <sup>1</sup>	25
<b>PEK. CAT</b>			
1130	Cat dinding interior it 2	m <sup>2</sup>	29
1160	Cat kolom it 2	m <sup>2</sup>	20
1150	Cat <i>plafond</i> ,pelat lantai dan balok Lt 2	m <sup>2</sup>	50
1140	Cat dinding eksterior Lt.2	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. SANITAIR</b>			
1310	Pas.wastafel Lt.2	bh	14
1320	Pas.urinoir Lt.2	bh	15
1330	Pas.closet Lt.2	bh	14
1340	Pas.kran Lt.2	bh	10
1350	Pas.cermin toilet Lt.2	bh	7
<b>PEKERJAAN BETON LT.3</b>			
230	Pelat Lantai Lt.3	m <sup>3</sup>	14
250	Balok Utama Lt.3	m <sup>3</sup>	14
240	Kolom Utama Lt.3	m <sup>3</sup>	12
320	Balok Ring Lt.3	m <sup>3</sup>	12
330	Palang Beton Lt.3	m <sup>3</sup>	12
350	<i>Luifel</i> Lt.3	m <sup>3</sup>	12
340	Mangkok Beton Lt.3	m <sup>3</sup>	14
270	Balok dan Pelat <i>Luifel</i> Jendela Lt.3	m <sup>3</sup>	14

Tabel 4.1 (lanjutan) Daftar pekerjaan proyek beserta durasi &amp; satuan pekerjaan

No Kegiatan	Jenis Kegiatan	Satuan Pekerjaan	Durasi <hari>
290	Pelat Tangga Lt.3	m <sup>3</sup>	15
280	Balok Lantai Lt.3	m <sup>3</sup>	14
300	Listplank Sisi Luar Lt.3	m <sup>3</sup>	15
260	Balok dan Pelat Luifel Selasar Lt.3	m <sup>3</sup>	14
310	Beton Sirip Lt.3	m <sup>3</sup>	12
<b>PEK. BATA &amp; PLESTERAN</b>			
690	Meja kerja Lt.3	m <sup>3</sup>	20
630	Pasangan dinding bata Lt.3	m <sup>2</sup>	21
670	Skelet it 3	m <sup>1</sup>	12
640	Plesteran dinding bata Lt.3	m <sup>2</sup>	30
660	Sponengan it 3	m <sup>1</sup>	21
680	Tali air it 3	m <sup>1</sup>	21
650	Plesteran Beton it 3	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. KERAMIK</b>			
910	Waterproofing it 3	m <sup>2</sup>	15
880	Pas.keramik dinding it 3	m <sup>2</sup>	20
900	Pas.keramik meja kerja it 3	m <sup>2</sup>	20
870	Pas.keramik lantai it 3	m <sup>2</sup>	30
890	Pas.keramik tangga it 3	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. PLAFOND DAN PARTISI</b>			
1650	Plafond it 3	m <sup>2</sup>	20
1660	Partisi it 3	m <sup>2</sup>	12
<b>PEK. KACA DAN ALUMINIUM</b>			
980	Pek.kaca dan aluminium pintu,jendela it 3	unit	35
<b>PEK. RAILING</b>			
1040	Railing balustrade selasar it 3	m <sup>1</sup>	20
<b>PEK. CAT</b>			
1180	Cat dinding eksterior it 3	m <sup>2</sup>	54
1190	Cat plafond,pelat lantai dan balok it 3	m <sup>2</sup>	40
1170	Cat dinding interior it 3	m <sup>2</sup>	29
1200	Cat kolom it 3	m <sup>2</sup>	20
<b>PEK. SANITAIR</b>			
1360	Pas.wasthafel it 3	bh	14
1370	Pas.urinoir it 3	bh	15
1380	Pas.closeit it 3	bh	14
1390	Pas.kran it 3	bh	10
1400	Pas.cermin toilet it 2	bh	7
<b>PEKERJAAN ATAP</b>			
360	Kuda-kuda Baja	kg	50
370	Gording	m <sup>3</sup>	15
380	Usuk,Reng dan Genteng	m <sup>2</sup>	15
<b>PEK. LAIN-LAIN</b>			
1530	Anti rayap	ls	120
1570	Gallery	m <sup>3</sup>	68
1590	Ground water reservoir	m <sup>3</sup>	22

Tabel 4.2(lanjutan) Hubungan antar kegiatan

No Kegiatan	Successor	Constraints	Lag
170	260.890.	FS,FF	0,0
560	570.600.	SS,FF	(+10),0
570	580.620.750.1130.1150	SS,SS,SS,SS,SS	(+2),(+6),(+30),(+12),(+6)
580	590.610.	FF,FF	0,0
600	1670	FS	0
620	850.860.	FS,SS	0,0
590	970	FS	0
610	1670	FS	0
860	830	FS	0
830	1670	FS	0
850	1670	FS	0
820	840.870.	FF,FF	0,0
840	1020.1030.	FF,FF	0,0
1630	1310.1320.1330.1340.1350	FS,FS,FS,FS,FS,	0,0,0,0,0,
	1640.1650.	FS,SS	0,(+12)
1640	1670	FS	0
970	1670	FS	0
1020	1670	FS	0
1030	1670	FS	0
1130	1670	FF	0
1160	1160	FS	0
1150	1670	FS	0
1140	1670	FS	0
1310	1670	FS	0
1320	1670	FS	0
1330	1670	FS	0
1340	1670	FS	0
1350	1670	FS	0
230	30,240,460,920	FS,FS,SS,FS	0,0,(+5),(+18)
250	1190	FS	0
240	270,290,320,330,340,000	FS,FS,FS,FS,FS,FS	(+12),(+12),0,0,(+4),0
320	360	SS	0
330	910	FS	0
350	1190	FS	0
340	1180	FS	(+21)

Tabel 4.2(lanjutan) Hubungan antar kegiatan

No Kegiatan	Successor	Constraints	Lag
270	630	FS	0
290	280,300,690	SS,SS,SS	(+12),(+12),0
280	310	FS	0
300	310	FF	0
260	1190	FS	0
310	1190	FS	0
690	900	FS	0
630	640.670.	SS,FF	(+6),0
670	640	SS	(+3)
640	650.1170.	FF,FS	(+6),(-8)
660	980	FF	(+15)
680	1670	FS	0
650	660.680.	FF,FF	0,0
910	880	FS	0
880	1670	FS	0
900	1670	FS	0
870	890	FF	0
890	1040	FF	0
1650	1190.1360.1370.1380.1390	FS,FS,FS,FS,FS	0,0,0,0,0,
	1400.1660.	FS,FS	0,0
1660	1670	FS	0
980	1670	FS	0
1040	1670	FS	0
1180	1060.1100.1140	FF,FF,FF	0,0,0
1190	1670	FS	0
1170	790.840.1200	FF,FF,FF	0,0,0
1200	1670	FS	0
1360	1670	FS	0
1380	1670	FS	0
1390	1670	FS	0
1400	1670	FS	0
360	370.1410.1420.1430.1440	FS,SS,SS,SS,SS,	0,0,0,0,0,
	1450.1540.1550	SS,SS,SS	0,0,0
370	380	FS	0
380	1670	FS	0

Tabel 4.3(lanjutan) Identifikasi jalur kritis

No Kegiatan	Durasi <hari>	TF <Total Float>	Keterangan
560	28	73	Non Kritis
570	30	73	Non Kritis
580	35	92	Non Kritis
600	12	111	Non Kritis
620	20	83	Non Kritis
590	21	92	Non Kritis
610	21	92	Non Kritis
860	15	88	Non Kritis
830	20	88	Non Kritis
850	20	83	Non Kritis
820	82	12	Non Kritis
840	20	12	Non Kritis
1630	30	17	Non Kritis
1640	12	47	Non Kritis
970	40	92	Non Kritis
1020	25	12	Non Kritis
1030	25	12	Non Kritis
1130	29	88	Non Kritis
1160	20	88	Non Kritis
1150	50	57	Non Kritis
1140	20	14	Non Kritis
1310	14	45	Non Kritis
1320	15	44	Non Kritis
1330	14	45	Non Kritis
1340	10	49	Non Kritis
1350	7	52	Non Kritis
230	14	0	Non Kritis
250	14	79	Non Kritis
240	12	14	Non Kritis
320	12	27	Non Kritis
330	12	60	Non Kritis
350	12	55	Non Kritis
340	14	14	Non Kritis
270	14	18	Non Kritis
290	15	17	Non Kritis
280	14	17	Non Kritis





Tabel 4.3(lanjutan) Identifikasi jalur kritis

No Kegiatan	Durasi <hari>	TF <Total Float>	Keterangan
300	15	28	Non Kritis
260	14	23	Non Kritis
310	12	17	Non Kritis
690	20	55	Non Kritis
630	21	18	Non Kritis
670	12	18	Non Kritis
640	30	18	Non Kritis
660	21	18	Non Kritis
680	21	33	Non Kritis
650	20	18	Non Kritis
910	15	60	Non Kritis
880	20	60	Non Kritis
900	20	55	Non Kritis
870	30	12	Non Kritis
890	20	12	Non Kritis
1650	20	17	Non Kritis
1660	12	45	Non Kritis
980	35	18	Non Kritis
1040	20	12	Non Kritis
1180	54	14	Non Kritis
1190	40	17	Non Kritis
1170	29	18	Non Kritis
1200	20	18	Non Kritis
1360	14	43	Non Kritis
1370	15	42	Non Kritis
1380	14	43	Non Kritis
1390	10	47	Non Kritis
1400	7	50	Non Kritis
360	50	27	Non Kritis
370	15	27	Non Kritis
380	15	27	Non Kritis
1530	120	53	Non Kritis
1570	68	65	Non Kritis
1590	22	111	Non Kritis
1580	22	99	Non Kritis

$$= \frac{1}{182 \text{ hari}}$$

$$= 0,0055 \text{ hari}$$

2. Identifikasi waktu kegiatan

Rumus :  $P = \text{durasi kegiatan (hari)}$

$$P = 14 \text{ hari}$$

3. Identifikasi beban kerja

Rumus :  $\rho_j = \lambda P$

$$\rho_j = 0,0055 \cdot 14 = 0,077$$

4. Identifikasi ekspektasi rata-rata waktu tenggang setiap pekerjaan.

$$\text{Rumus : } E[W_j] = \frac{\lambda (P^2)}{2 \cdot (1 - \rho_j)}$$

$$E[W_j] = \frac{0,0055 \cdot (14^2)}{2 (1 - 0,077)} = \frac{1,077}{1,846}$$

$$E[W_j] = 0,583 \text{ hari} \approx 1 \text{ hari}$$

5. Identifikasi ekspektasi rata-rata waktu setiap pekerjaan.

Rumus :  $E[T] = E[W_j] + P$

$$E[T] = 14 \text{ hari} + 1 \text{ hari} = 15 \text{ hari}$$

Jadi, taksiran durasi yang baru untuk pekerjaan pelat lantai 2 adalah 15 hari.  
Perhitungan yang sama dilakukan untuk masing-masing pekerjaan yang berada

pada lintasan kritis sehingga diperoleh waktu taksiran baru yang selanjutnya akan dipergunakan untuk menentukan penyangga proyek.

#### 4.4.3 Penyusunan Ulang Rantai Kritis

Sebuah lintasan yang telah diberi penyangga baik penyangga proyek, penyangga umpan ataupun penyangga sumber berarti telah dilakukan penjadwalan menurut metode rantai kritis. Pada penelitian ini, oleh karena data jadwal proyek diperoleh dalam bentuk *file* program *Primavera Project Planner* maka analisis data awal dilakukan dengan program tersebut. Setelah melalui perhitungan *Algoritma Zijm* diperoleh *Project Buffer* (penyangga proyek) yang kemudian akan ditempatkan pada jaringan kerja sebelumnya untuk membentuk jaringan kerja yang baru. Penyusunan ulang tersebut dilakukan dengan menggunakan program *Primavera Project Planner* seperti yang terlihat pada lampiran 3.

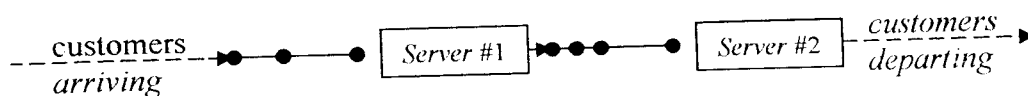
#### 4.4.4 Menentukan Rantai Kritis

Berdasarkan penyusunan ulang jadwal proyek hasil metode rantai kritis diperoleh beberapa kegiatan yang merupakan rantai kritis. Rantai kritis adalah rangkaian terpanjang ketergantungan antar kegiatan menurut konstrain waktu dan sumber. Dari penelitian ini diperoleh kegiatan-kegiatan kritis yang juga merupakan kegiatan-kegiatan pada lintasan kritis, perbedaannya adalah kegiatan-kegiatan tersebut menjadi rantai kritis setelah penempatan penyangga proyek.

Kegiatan-kegiatan yang termasuk rantai kritis adalah :

1. pelat lantai dua,
2. balok utama lantai dua,

Hal ini disebabkan karena konsep sistem antrian yang melahirkan *Algoritma Zijm* terdiri dari beberapa pola pelayanan (*service patterns*) diantaranya adalah *single queue, multiple servers in series* yang dapat diterapkan pada lintasan kritis.



(Richard Bronson, 1982, p.267)

Gambar 5.3 Pola pelayanan *Single queue, multiple servers in series*

3. Perhitungan beban kerja dilakukan terhadap masing-masing kegiatan yang berada pada lintasan kritis sehingga bukan merupakan sigma ( $\Sigma$ ) dari rata-rata beban kerja di satu daerah beban kerja dengan meniadakan pengaruh empat konstrain karena daerah beban kerja tidak terdiri dari sekelompok kegiatan yang paralel seperti terlihat pada pola pelayanan *single queue, multiple servers in series*.
4. Penyusunan ulang jadwal proyek dengan menempatkan penyangga yang baru terbentuk untuk membentuk rantai kritis tidak dapat dilakukan dengan peta *Gantt* karena adanya empat jenis hubungan ketergantungan antar kegiatan. Penyusunan ulang rantai kritis dilakukan dengan program *Primavera Project Planner* (P3).

## 5.2 Penetapan Penyangga Proyek

Oleh karena perhitungan penyangga umpan tidak dapat dilakukan disebabkan keterbatasan-keterbatasan yang ada maka perlindungan proyek

2. Menerapkan konsep *safe estimates* dan *average estimates* yang tidak terikat dengan metode *cutting estimates* dalam penaksiran penyangga sehingga waktu penyangga diperoleh dari analisis *Algoritma Zijm* terhadap durasi awal.

Alasan utama yang mendukung terbentuknya penyangga proyek tersebut pada penjadwalan rantai kritis adalah sebagai berikut ini.

1. Dalam Proses Pemfokusan Lima Langkah (*Five-Step Focusing Process*) yang dirumuskan oleh Goldratt (1984), pada poin ke-3 menyatakan untuk menanggihkan (*subordinate*) keputusan lainnya untuk mendukung keputusan eksploitasi sebelumnya

Jika keputusan atau tindakan lainnya tidak mendukung tindakan eksploitasi, maka lintasan kritis proyek tidak dapat dilindungi dari gangguan yang ada pada jalur-jalur lainnya yang bukan kritis. Penyangga umpan dan sumber menempati posisi sebagai keputusan tahap dua sehingga bila keberadaan penyangga tersebut tidak mendukung keputusan sebelumnya berupa pemakaian penyangga proyek maka kebutuhan akan penyangga tersebut ini ditiadakan.

2. Langkah-langkah yang dikemukakan oleh Goldratt (1997) untuk mengidentifikasi dan mengelola jadwal rantai kritis khususnya dalam hal pemberian penyangga-penyangga tidak bersifat mutlak. Mutlak disini mengandung pengertian bahwa ketiga penyangga yang terdiri dari penyangga proyek, penyangga umpan dan penyangga sumber tidak harus muncul dan diatur secara bersamaan. Ketiga penyangga proyek itu dapat

Grafik 5.5 menunjukkan jumlah pemakaian penyangga proyek bila terjadi keterlambatan seandainya dilakukan penjadwalan proyek dengan metode rantai kritis. Keterlambatan pada penjadwalan dengan PDM yang sebesar 36 hari bila diantisipasi dengan pemakaian penyangga proyek pada metode CCM akan menghabiskan penyangga sebesar 80% dan menyisakan penyangga sebesar 9 hari atau 20% dari total keseluruhan penyangga proyek yang berjumlah 45 hari. Disini terlihat bahwa alokasi waktu penyangga berdasarkan perhitungan *Algoritma Zijm* cukup cermat memperkirakan jumlah waktu untuk mengantisipasi keterlambatan pada rantai kritis, sehingga antisipasi berupa sumber daya dan pendanaan kegiatan dapat diperkirakan dan dialokasikan sebelumnya.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan terhadap metode rantai kritis (*critical chain method*) dengan empat konstrain melalui pendekatan analitik *Algoritma Zijm*, maka dapat diambil kesimpulan seperti dibawah ini.

1. Empat konstrain PDM dan penyangga CCM dapat disatukan menjadi satu kesatuan jaringan kerja yang baru dan diagram jaringan kerja tersebut dapat digambarkan dengan menggunakan tampilan pada program *Primavera Project Planner* (P3). Jaringan kerja ini dapat digunakan pada tahap perencanaan pada proyek konstruksi sebagaimana metode penjadwalan lainnya.
2. Empat konstrain PDM yaitu SS, FS, FF, SF, sebagai elemen ketidakpastian pada metode diagram preseden yang dapat mempersingkat umur proyek ternyata bisa diasimilasikan ke dalam metode rantai kritis dengan persyaratan bahwa *Algoritma Zijm* yang digunakan sebagai pendekatan analitik untuk menaksir jumlah penyangga hanya dapat menganalisis lintasan kritis saja untuk menghasilkan penyangga proyek.
3. Ekspektasi waktu tenggang diperoleh berdasarkan beban kerja masing-masing kegiatan sehingga hubungan yang terbentuk antara jumlah penyangga dan beban kerja adalah tidak linier.

4. Tolok ukur optimasi dengan metode rantai kritis adalah berdasarkan seberapa mungkin *buffer* yang dihasilkan mampu memperkirakan dan menampung keterlambatan yang mungkin terjadi terlihat pada keterlambatan Proyek Pembangunan Laboratorium Terpadu UII sebesar 36 hari atau 19,78% dari umur proyek yang diakomodir dengan pemberian penyangga proyek sebesar 45 hari yang berarti menghabiskan penyangga sekitar 90% dari total penyangga proyek.

## 6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dikemukakan sebagai masukan dan perbaikan bagi penulisan berikutnya adalah seperti dibawah ini.

1. Oleh karena penelitian ini hanya difokuskan pada konstrain waktu saja maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang membahas mengenai *Bottleneck* (sumber leher botol) atau keterbatasan sumber daya sebagai salah satu konstrain yang dapat diperhitungkan dalam metode rantai kritis, khususnya terhadap metode rantai kritis yang telah diberi empat konstrain tersebut.
2. Perlu diadakan uji coba perbandingan dari berbagai pendekatan analitik untuk mendapatkan padanan yang tepat dari CCM berdasarkan tingkat akurasi yang tinggi dalam menaksir keterlambatan proyek yang mungkin terjadi.