

# PEMBANGUNAN ADD-IN SIMULASI OPERASI KONSTRUKSI BERULANG DENGAN TEKNIK PEMODELAN CYCLONE PADA MICROSOFT EXCEL

Muhammad Ihsan<sup>1)</sup>

1) Program Studi Teknik Informatika ITB, Bandung 40132, email: ihsan@muhammadihsan.web.id

**Abstract** – Makalah ini membahas simulasi operasi konstruksi berulang. Satu jenis pemodelan yang cocok dengan simulasi operasi konstruksi berulang yaitu pemodelan Cyclone. Pemodelan cyclone ini memiliki bentuk jaringan ada keterhubungan antar masing-masing elemen. Simulasi operasi konstruksi merupakan simulasi diskrit karena perubahan sistem dipicu oleh suatu aktifitas. Simulasi dimulai pada waktu tertentu dengan kondisi setiap sumber daya yang direpresentasikan berada pada kondisi awal. Langkah pertama dilakukan penjadwalan untuk setiap pekerjaan. Setiap pekerjaan yang bisa dimulai pada waktu tersebut ditulis dalam penjadwalan. Setelah semua pekerjaan selesai dijadwalkan pada waktu tertentu, waktu diubah menjadi waktu terdekat tertentu. Waktu terdekat ini ditentukan dengan mencari waktu terkecil selesai suatu pekerjaan dari daftar penjadwalan. Hasil penjadwalan ini digunakan untuk mengukur produktifitas operasi konstruksi. Selanjutnya dilakukan implementasi dalam bentuk perangkat lunak. Perangkat lunak yang dibangun adalah aplikasi add-in komponen software Microsoft Excel 2007 yang diberi nama XCyclone. Aplikasi add-in memungkinkan pengguna Microsoft Excel memakai fungsi simulasi langsung dari lingkungan Microsoft Excel 2007. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan tool pengembangan Microsoft Visual Studio 2008 dengan bahasa pemrograman C# dalam lingkungan sistem operasi Microsoft Vista Ultimate SP1. Implementasi menggunakan Visual Studio Tools for Office (VSTO) yang menyediakan programming interface terhadap software Microsoft Office sehingga memudahkan dalam pengembangannya. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perangkat lunak mampu melakukan seluruh fungsinya dengan baik.

**Kata Kunci:** Operasi konstruksi berulang, produktifitas, simulasi, event, diskrit, Cyclone, Add-in, Excel, XCyclone.

## 1. PENDAHULUAN

Simulasi merupakan salah satu teknik yang telah lama diusulkan untuk digunakan dalam perancangan operasi konstruksi. Beberapa aplikasi komputer telah dikembangkan untuk simulasi ini, seperti *MicroCyclone*, *Cost*, *Stroboscope*. Namun aplikasi tersebut memiliki tingkat utilisasi yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan aplikasi tersebut memiliki tingkat

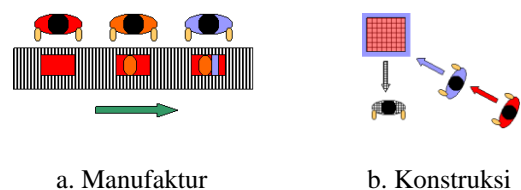
kerumitan yang cukup tinggi dalam penggunaannya. Disisi lain ada kecenderungan pakar komputasi menggunakan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu komputasi dalam operasi konstruksi. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai pemodelan *Cyclone* dan simulasi operasi konstruksi dengan menggunakan pemodelan *Cyclone*. Dan implementasi aplikasi berupa *add-in* pada *Microsoft Excel*.

## 2. Simulasi Operasi Konstruksi Berulang Cyclone

Metoda *Cyclone* ditemukan oleh Halphin pada tahun 1973. *Cyclone* merupakan singkatan dari *CYclie Construction Operation Network*. Metoda ini merupakan pemodelan yang bisa disimulasikan ke dalam bentuk simulasi komputer.

### 2.1. Operasi Konstruksi Berulang

Perbedaan pokok antara industri konstruksi dengan industri manufaktur terletak pada proses produksi, yang dilakukan di lapangan atau di 'lantai produksi'. Di lantai produksi suatu industri manufaktur, pekerja akan menunggu pelaksanaan tugas, yang sangat spesifik untuk setiap pekerja, sejalan dengan keberadaan produk setengah jadi yang datang kepadanya melalui sistem ban berjalan. Setiap pekerja akan memberikan kontribusi penambahan komponen atau kualitas kepada produk akhir (*value*) (Gambar 1.a). Di lapangan, suatu operasi konstruksi dilakukan sebagaimana tergambar pada Gambar 1.b. Dalam hal ini, suatu tim kerja atau pekerja akan datang ke lokasi di mana pelaksanaan tugas akan dilakukan. Satu tim kerja dengan tugas spesifik tersebut akan meninggalkan produk setengah jadi hasil tugasnya untuk selanjutnya menjadi lokasi pelaksanaan tugas tim kerja selanjutnya. Setiap tim kerja tetap akan memberikan kontribusi penambahan komponen atau kualitas kepada produk akhir (*value*). Proses produksi seperti ini yang kemudian disebut sebagai '*Parade of Trades*'.



Gambar 1. Proses Produksi di Industri Manufaktur dan Konstruksi

Jika suatu operasi konstruksi ini berulang, misalnya membuat beberapa kolom beton pada suatu lantai, maka akan dapat dihitung seberapa banyak *idle* untuk setiap tim kerja. Dalam hal ini, keseragaman dan variasi kecepatan bekerja atau produktivitas tim kerja menjadi permasalahan. Tentunya *waste* akan menjadi lebih besar jika produk hasil pekerja tersebut tidak dapat diterima (kualitas buruk), yang berarti secara fisik merupakan *waste*, yang ditolak dan dibuang, serta membutuhkan pekerjaan perbaikan atau pekerjaan ulang yang membutuhkan sumber daya tambahan. Sebagai catatan, operasi konstruksi berulang banyak terdapat pada proyek-proyek konstruksi yang bersifat linier seperti gedung bertingkat yang tipikal, perumahan yang bertipe sama, perkerasan jalan, jembatan layang, dan terowongan. Jadi meskipun suatu proyek konstruksi biasanya dianggap sebagai suatu yang unik, tetapi sebenarnya dalam pelaksanaan di lapangan terdapat suatu proses dan operasi konstruksi yang tidak unik bahkan berulang kali dilakukan dengan metoda dan sumber daya yang sama. Perulangan operasi konstruksi ini menjadi suatu peluang untuk dilakukan suatu perencanaan, pelaksanaan, monitoring, evaluasi dan usaha perbaikan yang menerus.

## 2.2. Simulasi Operasi Konstruksi

Simulasi merupakan suatu pemodelan dari sebuah proses atau sistem dengan tujuan model tersebut mampu merespon menyerupai sistem aslinya terhadap kejadian-kejadian yang terjadi dalam kurun waktu tertentu[1].

Salah satu hal penting dalam simulasi adalah membuat pemodelan sistem yang nyata yang akan disimulasikan. Dalam halnya operasi konstruksi maka metoda membuat model suatu operasi konstruksi menjadi isu pentingnya. Secara prinsip terdapat tiga strategi dalam pemodelan untuk melakukan simulasi suatu operasi, yaitu:

*Event Start (ES)*, simulasi didasarkan pada kejadian yang dijadwalkan, eksekusi satu kejadian selanjutnya akan berpindah pada kejadian lain.






*Process Interaction (PI)*, simulasi dipandang dari segi transaksi yang terjadi pada suatu proses yang terkait dengan suatu sumber daya.

*Activity Scanning (AS)*, simulasi dipandang dari kegiatan-kegiatan yang ada dalam suatu sistem.

Strategi pemodelan ini digunakan secara gabungan untuk saling menutupi kekurangan masing-masing strategi tersebut. ES akan digabungkan dengan PI atau AS. Gabungan ES dan PI banyak digunakan dalam simulasi proses produksi suatu industri manufaktur. Dalam memodelkan operasi konstruksi, gabungan ES dan AS yang dipilih karena lebih cocok dengan sifat operasi konstruksi itu yang selanjutnya disebut sebagai metoda *Three-Phase Activity Scanning* (Martinez 1996).

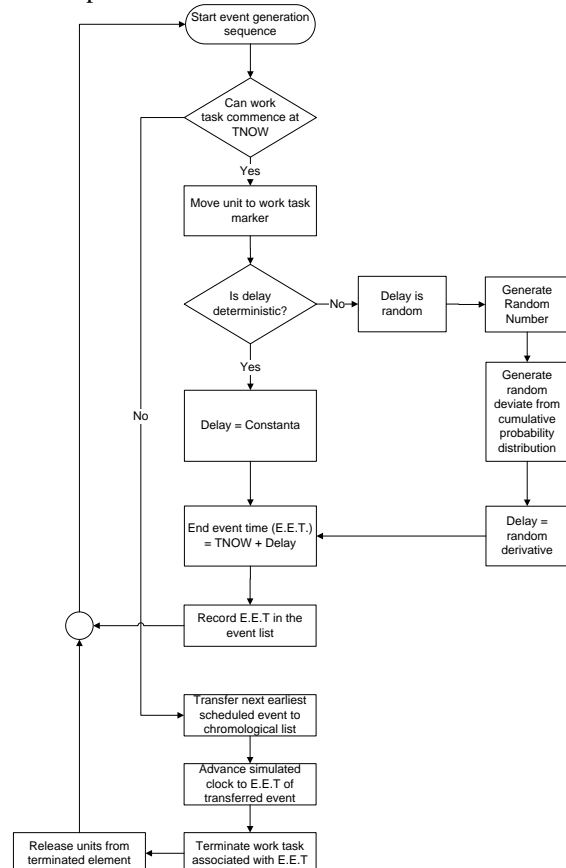
Pemodelan simulasi dengan strategi *three-phase AS* ini dilakukan dengan *Wheel Chart* atau selanjutnya

dikenal dengan *Activity Cycle Diagram (ACD)*; yang terdiri dari kotak untuk representasi kegiatan, bulatan untuk representasi tempat menunggu, dan panah sebagai aliran sumber daya. *Cyclic Construction Operation Network (CYCLONE)* mengadopsi metoda ACD ini khusus untuk operasi konstruksi. Elemen pemodelan CYCLONE dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

Name	Symbol	Function
Normal activity		Units arriving at Normal will be processed right away without delaying.
Combination (COMBI) activity		Units arriving at COMBI will be processed if units are available in all preceding Queue node.
Queue node		Queue provides position that allows units are delayed pending COMBI activities.
Consolidate function node		Consolidate function node performs the consolidate marking.
Counter		Counter measures the modeled system's production rate.
Arcs		Arcs show the logic that units flow from element to element.

Gambar 2. Elemen-elemen pemodelan Cyclone

Dari *network* yang terbentuk dari pemodelan cyclone, ada alur diagram yang sesuai dengan *logic* model ini. *Logic* ini berdasarkan sifat simulasi operasi konstruksi yang berjenis diskrit. Alur proses simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Alur proses simulasi operasi konstruksi

Dari alur proses ini dapat dibentuk suatu algoritma :

```

Procedure RunSimulation(int TNOW, int TMAX)
int i = 1;
while (TNOW <= TMAX) than
  if (i <= max) than
    if (WorkCanStart(i)) than
      CreateEventList(i, TNOW);
      i = i + 1;
    else
      TNOW := GetEarliestNextEventTime(TNOW);
      CreateChronologicalList(TNOW);
      i = 1;

```

### 2.3. Produktifitas

Hasil simulasi berupa daftar pekerjaan dan waktu penyelesaiannya, *Chronological List*. Hasil ini digunakan sebagai penghitung produktifitas simulasi. Produktifitas merupakan total produksi yang dihasilkan dalam rentan waktu tertentu.

Secara matematis, total produksi merupakan akumulasi produksi dalam rentan waktu tertentu.

$$Prod = \frac{jumla\ h\ produksi}{total\ waktu} \text{ (Pers. 1)}$$

Produktifitas juga dapat diukur dengan membandingkan jumlah produksi dan total perulangan operasi konstruksi.

$$Prod = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \text{ (Pers. 2)}$$

Dimana n merupakan total Perulangan, dan  $P_i$  merupakan total produksi pada siklus ke- $i$ .

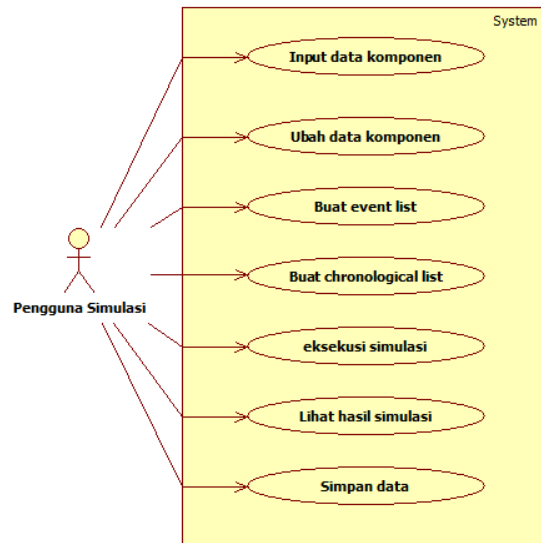
### 3. ANALISIS

Pada tahap analisis dilakukan identifikasi kebutuhan-kebutuhan utama perangkat lunak dan diagram *use-case*. Kebutuhan utama perangkat lunak ini adalah:

- Mampu melakukan pembangkitan bilangan acak
- Mampu melakukan penyimpanan data untuk simulasi pada *Microsoft Excel*.
- Mampu membentuk *event list* dari data yang tersimpan sebelumnya
- Mampu menghasilkan produktifitas operasi konstruksi yang disimulasikan.

Diagram use case dari perangkat lunak ini disajikan dalam Gambar 4. Selanjutnya dilakukan identifikasi kelas-kelas tahap analisis dan hubungan antara kelas-kelas yang telah dibuat tersebut.

Selain itu pengguna aplikasi ini ditujukan untuk pakar konstruksi atau pengguna yang paham dengan metoda *Cyclone* dan *Microsoft Excel 2007*.



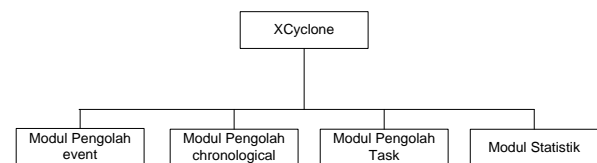
Gambar 4. Diagram Use Case

### 4. PERANCANGAN

Perangkat lunak, bernama *XCyclone*, dirancang sebagai dua bagian yang saling melengkapi, yaitu sebagai berikut :

- Pustaka *XCyclone* adalah pustaka aplikasi yang berisi proses simulasi; pembentukan *event list*, *chronological list* dan penghitungan produktifitas.
- Aplikasi *Microsoft Excel Add-in*, berupa *add-in* di *Microsoft Excel* yang akan menerima masukan parameter-parameter simulasi, data-data simulasi, dan menjalankan proses simulasi.

Berikut ini adalah gambar arsitektur perangkat lunak *XCyclone* :



Gambar 5. Arsitektur XCyclone

### 5. IMPLEMENTASI

Dalam implementasi *XCyclone* ini digunakan *tools* eksternal , yaitu *Visual Studio Tools for Office*. Sekumpulan pustaka yang dibuat di atas *Microsoft .NET* yang memudahkan pengembangan berbasis *Microsoft Office*. Dengan menggunakan tool ini, pengguna *Visual Studio* dapat membangun aplikasi atas *MS Office Family* seperti membangun aplikasi desktop biasa.

Berikut ini adalah lingkungan perangkat keras tempat implementasi dilakukan:

1. Prosesor AMD Turion 64x2 TL-58 1,9 GHz.
2. RAM 3 GB.
3. VGA Nvidia GeForce 7000M.

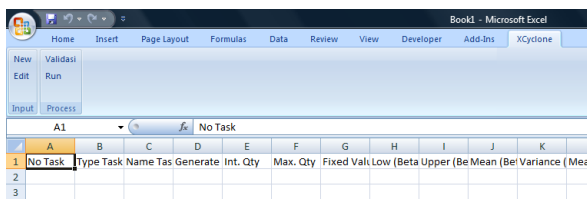
Sedangkan lingkungan perangkat lunaknya adalah sebagai berikut:

- a. Sistem Operasi Microsoft Windows Vista Ultimate SP1.
- b. Microsoft Visual Studio 2008, dengan bahasa pemrograman C#.
- c. Microsoft Excel 2007.

Berikut ini adalah batasan implementasi :

- a. Aplikasi *add-in* yang dibangun ditujukan khusus untuk *Microsoft Excel 2007*.
- b. Aplikasi *add-in* masih merupakan prototipe yang dibuat hanya untuk menunjukkan fungsi-fungsi pada pustaka *XCyclone* bisa digunakan.
- c. Pustaka *XCyclone* dibangun di atas platform *.NET 3.5* dan *Visual Studio Tools for Office* sehingga pengembangan aplikasi maupun penggunaannya harus menggunakan platform *.NET 3.5* juga.
- d. Fungsi *XCyclone* terbatas hanya untuk dokumen baru atau dokumen yang sebelumnya yang menggunakan aplikasi ini untuk memasukkan data.
- e. Tidak dilakukan pengecekan terhadap parameter masukan distribusi.
- f. Atribut *preceder* dan *follower* untuk setiap elemen dibatasi masing-masing lima.
- g. Eksekusi simulasi dilakukan dalam satu proses yang sama dengan aplikasi utama. Sehingga saat simulasi dieksekusi pengguna tidak dimungkinkan melakukan interaksi dengan antarmuka aplikasi.

Berikut adalah hasil implementasi antarmuka aplikasi *add-in* berupa *ribbon menu* untuk memilih operasi yang akan dilakukan untuk simulasi operasi konstruksi.

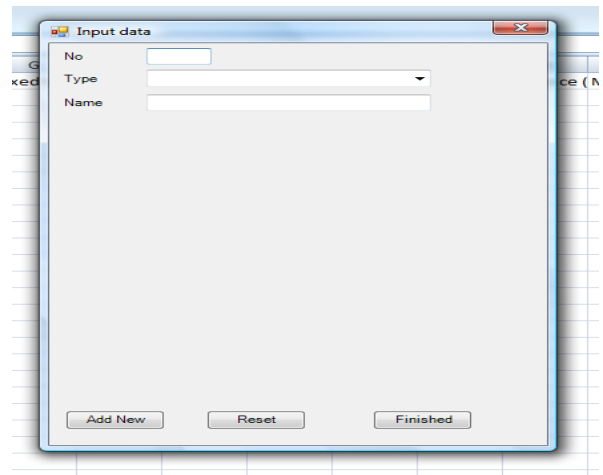


Gambar 6. Antarmuka *ribbon menu* pada *Excel*.

Selain itu, pengguna yang akan memasukkan data simulasi ditampilkan *form* sebagaimana pada gambar 7. *Form* pada gambar 7 merupakan *form* standar untuk semua elemen yang akan dimasukkan ke dalam *Excel*. Namun untuk masing elemen-elemen yang berbeda jenis ditampilkan parameter masukan lain bersesuaian dengan jenis elemen yang dipilih.

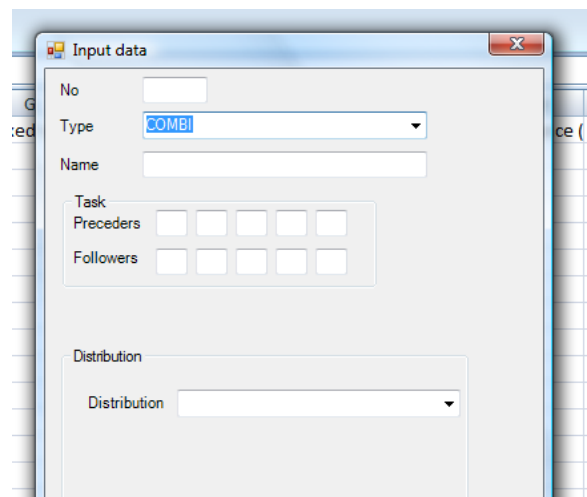
Untuk elemen simulasi yang berjenis pekerjaan, yaitu *normal* dan *combi* elemen lain juga muncul yaitu atribut durasi waktu. Atribut durasi waktu ini bisa dipilih berdasarkan pola distribusi tertentu. Seperti

pola distribusi *constant*, *norm*, *beta*.

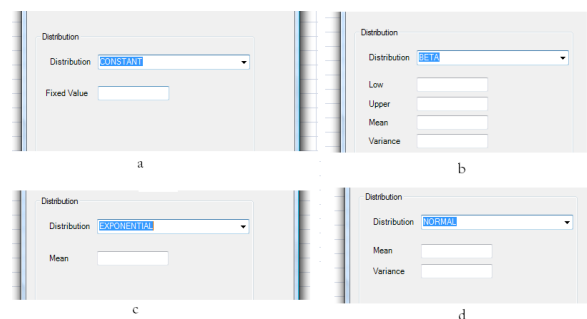


Gambar 8. *Form* standar.

Salah satu bentuk form yang muncul untuk tipe *combi*, dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah ini. Dan untuk setiap elemen distribusi yang dipilih akan muncul sesuai Gambar 10.



Gambar 9. *Form* tipe *COMBI*



Gambar 10. Parameter-parameter yang dibangkitkan

Untuk *Add-in XCyclone* ini, yang termasuk kategori *Excel Add-in Project, VSTO* menggenerate kelas *ThisAddin* yang berisi dua *method* utama, yaitu :

- a. `ThisAddIn_Startup`  
*Method* yang dijalankan ketika aplikasi *Microsoft Excel* dibuka.
- b. `ThisAddIn_Shutdown`  
*Method* yang dijalankan ketika aplikasi *Microsoft Excel* ditutup

Berikut adalah contoh isi kelas `ThisAddIn` *default* yang di-generate oleh *VSTO* :

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Xml.Linq;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
using Office = Microsoft.Office.Core;
using Microsoft.Office.Tools.Excel;
using Microsoft.Office.Tools.Excel.Extensions;

namespace XCyclone
{
    public partial class ThisAddIn
    {
        private void ThisAddIn_Startup(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }

        private void ThisAddIn_Shutdown(object sender, System.EventArgs e)
        {
        }

        #region VSTO generated code

        /// <summary>
        /// Required method for Designer support -
        do not modify
        /// the contents of this method with the
        code editor.
        /// </summary>
        private void InternalStartup()
        {
            this.Startup+=new
            System.EventHandler(ThisAddIn_Startup);
            this.Shutdown += new
            System.EventHandler(ThisAddIn_Shutdown);
        }

        #endregion
    }
}
```

## 6. PENGUJIAN

Pengujian pada tugas akhir ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui apakah antarmuka perangkat lunak dapat ditampilkan dan berfungsi dengan baik.
2. Menguji kebenaran hasil *input* yang diproses oleh perangkat lunak.
3. Menguji kebenaran proses pembangkitan *event list* yang dilakukan oleh perangkat lunak.
4. Menguji kebenaran proses pembangkitan *chronological list* yang dilakukan oleh perangkat lunak khususnya pada aplikasi *Microsoft Excel Add-In*.

5. Menguji kebenaran proses perhitungan performansi yang dilakukan oleh perangkat lunak.

Terpenuhinya fungsi-fungsi aplikasi menentukan nilai aplikasi di mata pengguna berdasarkan peran-peran yang dapat dijalani aplikasi dalam melayani kebutuhan pengguna

Keabsahan model membuktikan kebenaran representasi model operasi konstruksi berulang ke dalam kode program, dan menentukan kelayakan penggunaan aplikasi untuk melakukan simulasi.

Untuk menguji pemenuhan fungsi aplikasi, dilakukan pengujian untuk setiap *use case* yang telah didefinisikan untuk memastikan bahwa setiap *use case* dapat ditangani oleh aplikasi. Pengujian dilakukan secara *black box*, yaitu tanpa memperhatikan kode program, hanya dengan memperhatikan perolehan keluaran aplikasi berdasarkan masukan tertentu.

Untuk menguji keabsahan model, dilakukan pengujian sederhana dalam bentuk perbandingan antara nilai-nilai hasil aplikasi `XCyclone` dengan nilai hasil simulasi acuan dengan menggunakan *MicroCyclone*. Simulasi yang menjadi acuan adalah simulasi untuk model yang serupa, yaitu simulasi kasus *Earthmoving* yang tersedia di [HAR92]. Model dalam simulasi acuan ini dianggap sebagai model yang benar, sehingga hasil perbandingan dianggap dapat menyimpulkan kebenaran model pada aplikasi `XCyclone`.

Selain dipenuhinya semua *use case*, aplikasi ini juga dibandingkan keluaran yang dihasilkan dengan keluaran yang dihasilkan oleh aplikasi lain yaitu *MicroCyclone*. Hasil keluaran ini bisa dilihat pada Gambar 11. Dari hasil simulasi antara `XCyclone` dengan *MicroCyclone* terlihat persamaan keluaran, hanya berbeda pada waktu. Hal ini dikarenakan `XCyclone` menggunakan waktu yang tetap, sedangkan *MicroCyclone* menggunakan waktu acak. Dengan adanya kesamaan hasil `XCyclone` dengan aplikasi pembanding *MicroCyclone*, maka semua *use case* dan fungsi `XCyclone` telah berjalan dengan baik.

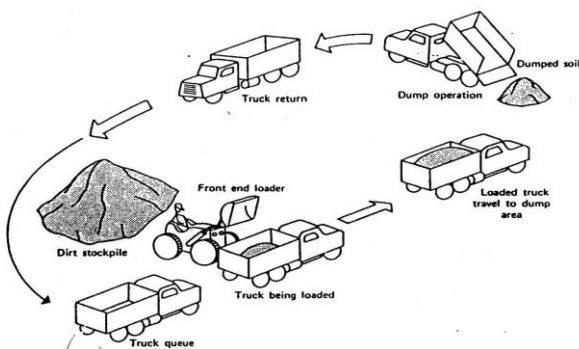
Hasil simulasi *MicroCyclone* sebagai perbandingan untuk operasi yang sama diperlihatkan pada Gambar 12. Untuk bentuk operasi konstruksi di dunia nyata dapat dilihat pada Gambar 13, dan pemodelan *Cyclone* dari operasi konstruksi dapat dilihat pada Gambar 14.

Time	Total Proc	
1	37	1
2	62	2
3	87	3
4	112	4
5	137	5
6	162	6
7	187	7
8	212	8
9	237	9
10	262	10
11	287	11
12	312	12
13	337	13
14	362	14
15	387	15
16	412	16
17	437	17
18	462	18
19	487	19
20	512	20
21	537	21
22	562	22
23	587	23
24	612	24
25	637	25
26	662	26
27	662	26

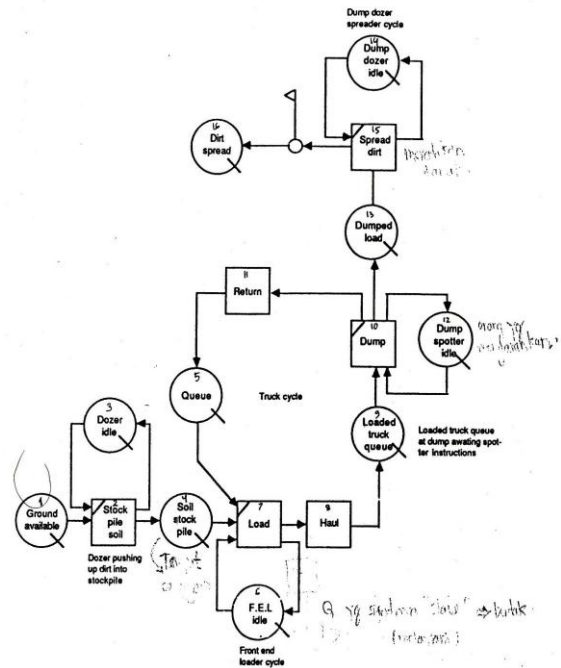
Gambar 11. Hasil Simulasi Xcyclone

SIMULATION TIME	CYCLE NUMBER	PRODUCTIVITY (Units/Hours)
14.9	1	48.3189
20.6	2	58.3926
24.8	3	72.5229
27.4	4	87.3549
31.1	5	96.5018
36.8	6	97.9241
42.0	7	92.3146
44.1	8	108.3094
50.6	9	106.6462
56.4	10	106.4047

Gambar 12. Hasil Simulasi MicroCyclone



Gambar 13. Ilustrasi operasi Earthmoving



Gambar 14. Model Cyclone operasi Earthmoving

## 7. KESIMPULAN

Berikut ini kesimpulan yang dapat diperoleh :

1. Program Add-in dapat dibangun pada Microsoft Excel dengan memanfaatkan tool yang disediakan yaitu Visual Studio Tools for Office yang dijalankan bersamaan dengan Microsoft Visual Studio 2008.
2. Model simulasi diskrit dapat digunakan untuk operasi konstruksi berulang. Simulasi ini dapat digunakan untuk merancang atau merencanakan sumber daya dan operasi konstruksi yang akan dilaksanakan.
3. Berdasarkan hasil pengujian, model jaringan operasi konstruksi berulang yang menjadi kajian telah berhasil direpresentasikan dalam bentuk model program. Aplikasi untuk mewujudkan simulasi atas model tersebut telah diwujudkan dalam aplikasi Xcyclone.
4. Adanya XcycloneLibrary akan mempermudah pengembang yang membutuhkan simulasi Cyclone dalam perangkat lunaknya.
5. Implementasi simulasi Xcyclone menjadi Microsoft Excel Add-in memberikan kemudahan bagi kontraktor yang akan merancang operasi konstruksi berulang. Pengguna tidak perlu menggunakan aplikasi eksternal, tetapi telah menjadi komponen Microsoft Excel sehingga penggunaannya tidak memerlukan cara-cara yang sulit.
6. Penggunaan simulasi dengan operasi yang besar memerlukan waktu proses simulasi yang lebih lama dan hasil yang lebih besar.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Schriber, T.J., *The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing System*, Society for Computer Simulation, 1987
- [2] Halpin, D.W. and Riggs, L.S. (1992). *Planning and Analysis of Construction Operations*. John Wiley and Sons.
- [3] Abduh, M, dan Roza, H.A. (2006a), "Pengurangan Waktu Siklus dan Variabilitas Proses Konstruksi", Prosiding ICIC 1st, 1st Indonesian Construction Industry Conference, Hotel Sultan, Jakarta, 8 – 9 November 2006, Indonesia.
- [4] Law, Averill, Kelton, David, *Simulation Modeling And Analysis*, McGraw Hill, 2002
- [5] Schmidt, J.W., Taylor, R.E., *Simulation and Analysis of Industrial Systems*, Homewood, 1970