



**MODEL SIMULASI UNTUK ANALISIS OPERASI  
PABRIK BETON RINGAN**

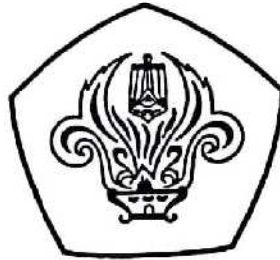
**TESIS**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mendapatkan gelar  
Magister Teknik**

**Fermanto Lianto  
No. Mahasiswa : 327970005  
NIRM : 973115010660004**

**Universitas Tarumanagara  
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil**

**Jakarta, September 1999**



**MODEL SIMULASI UNTUK ANALISIS OPERASI  
PABRIK BETON RINGAN**

**TESIS**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mendapatkan gelar  
Magister Teknik**

**Fermanto Lianto  
No. Mahasiswa : 327970005  
NIRM : 973115010660004**

**Universitas Tarumanagara  
Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil**

**Jakarta, September 1999**

**PERNYATAAN :**

Dengan sejujur-jujurnya saya menyatakan bahwa tesis ini dibuat oleh saya sendiri.  
Bila dikemudian hari terbukti adanya penjiplakan, saya bersedia menerima sanksi yang diberikan oleh Universitas Tarumanagara.

Jakarta, September 1999

*Lepmanto*

F<sub>2</sub>

xvi + 251 halaman, 1999; 48 gambar; 20 tabel  
Kata Kunci: Model, *System Dynamic*, Simulasi.

## ABSTRAK

Dalam industri konstruksi dan industri *manufacturing*, khususnya pabrik Beton ringan, fungsi perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengendalian sangat diperlukan untuk meng-organisasi-kan, mengontrol serta meng-optimal-kan sumber-sumber daya (*man, machine, material, money, method and time*), persediaan barang dan kapasitas produksi untuk peningkatan produktivitas dan keuntungan.

Untuk mempermudah dalam menganalisis masalah-masalah diatas, melakukan *sensitivity analysis* dan membuat keputusan manajemen, diperlukan suatu model yang dapat memberikan gambaran tingkah laku terhadap perubahan-perubahan yang terjadi serta hubungan sebab-akibat antara parameter-parameter pembentuk sistem.

Untuk mengerti, membuat dan menerapkan suatu model, diperlukan teknik simulasi yang dalam tulisan ini digunakan pendekatan *system dynamic* melalui tahap model *Pilot run* dan model *Production run* serta bantuan program komputer simulasi *POWERSIM™* dari *ModellData AS*.

Dengan melakukan analisis operasi terhadap model simulasi pada pabrik Beton ringan, diperoleh hasil sebagai berikut:

- Peningkatan hasil produksi akan meningkatkan produktivitas dan keuntungan sampai pada hasil produksi tertentu, peningkatan selanjutnya akan mengurangi produktivitas dan keuntungan yang akan diperoleh.
- Peningkatan produktivitas akan meningkatkan keuntungan sampai pada batas produktivitas optimal, tetapi sebagian besar produktivitas optimal bukan merupakan keuntungan optimal.
- Pengembangan suatu pabrik menjadi 2x kapasitas produksi per-hari dalam waktu kerja yang sama, akan membutuhkan sumber daya optimal yang lebih kecil dari pada 2x jumlah sumber daya sebelumnya, tetapi keuntungan yang akan diperoleh lebih besar dari pada 2x jumlah keuntungan sebelumnya.

Daftar pustaka 24, 1976-1995.

**UNIVERSITAS TARUMANAGARA**

**MAGISTER TEKNIK SIPIL  
MANAJEMEN KONSTRUKSI**

Jakarta, September 1999

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang dibuat oleh


**Fermanto Lianto**

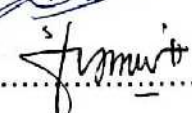
dengan judul

**MODEL SIMULASI UNTUK ANALISIS OPERASI  
PABRIK BETON RINGAN**

dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar


**MAGISTER TEKNIK**

..........Ir. Onnyxiforus Gondokusumo, M.Eng.  
Pembimbing Utama


..........Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D.  
Ketua Program

Komisi Sidang Pengujian

Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D. .....  
Ketua Sidang

Ir. Inda Sumarli .....  
Sekretaris Sidang

Ir. Onnyxiforus Gondokusumo, M.Eng. .....

Dr. Ir. Iwan B. Santoso .....

Ir. Jason Lim, M.Eng. .....

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi syarat penyelesaian program pascasarjana, Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta. Adapun judul dari Tesis ini adalah “Model simulasi untuk analisis operasi pabrik Beton ringan”.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan pengetahuan, kemampuan dan waktu yang dimiliki, namun demikian penulis berharap agar tesis ini dapat memberikan sumbangan berupa pemikiran, masukan dan gambaran terutama mengenai pembuatan suatu model dengan pendekatan *system dynamic* dan bantuan program simulasi *POWERSIM™* dari *ModellData AS* untuk analisis operasi pabrik Beton ringan.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing dan memberikan dukungan moril, khususnya kepada:

1. Ibu Ir. Sofia W. Alisyahbana, M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Jakarta.
2. Bapak Ir. Onnyxiforus Gondokusumo, M.Eng. selaku Pembimbing Utama dalam penulisan tesis ini.
3. Bapak Ir. Iwan B. Santoso, M.Eng. Ph.D. selaku Co-Pembimbing dan Sekretaris Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta.

4. Bapak Prof. Dr. Ir. Dali S. Naga, Bapak Ir. Jason Lim M.Eng dan Bapak Ir. Basuki Anondho, MT yang telah memberikan konsultasi terhadap tulisan ini.
5. Rekan-rekan pihak manajemen pabrik Beton ringan PT XXX, yang telah membantu memberikan data yang dibutuhkan dalam penelitian dan penulisan ini.
6. Seluruh tenaga pengajar Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
7. Seluruh staf Perpustakaan Program Pascasarjana dan Perpustakaan Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
8. Seluruh karyawan sekretariat Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
9. Ir. Susilawati Gozali beserta janin yang masih berada dalam kandungannya, Edwin Frederick Lianto dan Adeline Felicia Lianto, sebagai istri dan anak-anak, yang telah memberikan dukungan moril dan yang tersisihkan perhatiannya.
10. Rekan-rekan staf Pengajar jurusan Arsitektur, Universitas Tarumanagara, Jakarta.
11. Rekan-rekan peserta Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara serta pihak-pihak lainnya yang telah memberikan bantuan langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata semoga tesis ini dapat memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Pascasarjana serta bermanfaat bagi para pembaca.

Jakarta, Juli 1999

Penulis.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
I. PENDAHULUAN .....	
1. Latar belakang masalah .....	1
2. Identifikasi masalah .....	1
3. Tujuan penelitian .....	2
4. Lingkup pembahasan .....	2
5. Metodologi penelitian .....	4
6. Sistematika penulisan .....	5
II. KERANGKA TEORI .....	
1. Model dan Simulasi .....	7
a. Pengertian model .....	7



b. Tahap-tahap pembuatan model .....	12
c. Pemodelan dengan pendekatan <i>system dynamic</i> .....	14
1). Sistem umpan balik ( <i>Feedback system</i> ) .....	15
2). Batasan sistem ( <i>System Boundary</i> ) .....	16
d. Simulasi .....	17
1). Konsep dasar simulasi .....	17
2). Tahapan didalam membuat suatu model simulasi .....	22
3). Simulasi komputer pada pemodelan dengan pendekatan <i>system dynamic</i> .....	25
a). <i>POWERSIM™</i> dari <i>ModellData AS</i> .....	27
b). Model diagram alir .....	30
c). Parameter-parameter dalam <i>POWERSIM™</i> .....	32
▪ <i>Level</i> .....	32
▪ <i>Auxiliary</i> .....	32
▪ <i>Constants</i> .....	33
▪ <i>Flow dan Rate</i> .....	33
2. Produktivitas .....	34
3. Sistem persediaan barang ( <i>Inventory system</i> ) .....	36
4. Metode Statistik .....	38

a. Populasi .....	39
b. Contoh .....	39
c. Distribusi Normal .....	42

### III. ANALISIS OPERASI PADA PABRIK BETON RINGAN

1. Data penelitian .....	45
a. Pengenalan pabrik Beton ringan ( <i>Lightweight concrete block</i> ) .....	45
b. Diagram alir ( <i>Flow process works</i> ) pada pabrik Beton ringan .....	48
c. Pendekatan pengumpulan dan pengujian data penelitian dengan bantuan distribusi normal .....	49
2. Analisis .....	50
a. Seleksi, pengelompokan dan pengujian data penelitian terhadap distribusi normal .....	50
b. Diagram kausal untuk perencanaan pabrik Beton ringan .....	58
1). Sektor Produksi .....	61
2). Sektor <i>Moulding</i> (cetakan) .....	63
3). Sektor Mixer .....	64
4). Sektor Pompa dan Kompresor .....	66
5). Sektor Tenaga kerja harian .....	68
6). Sektor Waktu kerja .....	70
7). Keuntungan dan Produktivitas .....	71

8). Sektor Persediaan barang ( <i>Inventory system</i> ) .....	73
9). Sektor Pesanan .....	75
3. Hasil-hasil analisis .....	77
a. Disain model <i>Pilot run</i> simulasi komputer dengan pendekatan <i>system dynamic</i> dan bantuan program <i>POWERSIM™</i> dari <i>ModellData AS</i> .....	77
1). Disain model <i>Pilot run</i> untuk perencanaan pabrik Beton ringan ..	78
2). Analisis penggunaan sumber daya untuk mendapatkan hasil produksi, produktivitas dan keuntungan .....	87
3). Analisis komposisi sumber daya untuk mendapatkan keuntungan optimal .....	119
b. Disain model <i>Production run</i> simulasi komputer dengan pendekatan <i>system dynamic</i> dan bantuan program <i>POWERSIM™</i> dari <i>ModellData AS</i> .....	149
1). Disain model <i>Production run</i> untuk perencanaan pabrik Beton ringan .....	149
2). Hasil simulasi model <i>Production run</i> dan <i>Sensitivity analysis</i> .....	160
c. Kesimpulan hasil analisis .....	173

#### IV. PENERAPAN MODEL SIMULASI PADA PABRIK BETON RINGAN

1. Skenario-1 .....	179
a. Skenario 1-a .....	179
b. Skenario 1-b .....	188

c. Skenario 1-c .....	197
2. Skenario-2 .....	209
3. Skenario-3 .....	220
a. Skenario 3-a .....	220
b. Skenario 3-b .....	230
4. Skenario-4 .....	240
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>249</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>252</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>255</b>

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. *Ways to study a system*
- Gambar 2.2. Tahap-tahap pembuatan model
- Gambar 2.3. *Mathematical modeling process (simplified)*
- Gambar 2.4. *Step in a simulation study*
- Gambar 2.5. *Software development subsystems*
- Gambar 2.6. *Flow chart sampling & sampling distributions*
- Gambar 2.7. *Flow chart Statistical techniques*
- 
- Gambar 3.1. Diagram alir pabrik Beton ringan
- Gambar 3.2. Data waktu kegiatan terhadap distribusi normal
- Gambar 3.3. Diagram kausal pabrik Beton ringan
- Gambar 3.4. Diagram kausal Sektor Produksi
- Gambar 3.5. Diagram kausal Sektor moulding
- Gambar 3.6. Diagram kausal Sektor Mixer
- Gambar 3.7. Diagram kausal sektor Pompa dan Kompresor
- Gambar 3.8. Diagram kausal sektor Tenaga kerja harian
- Gambar 3.9. Diagram kausal sektor Waktu kerja
- Gambar 3.10. Diagram kausal sektor Keuntungan dan Produktivitas
- Gambar 3.11. Diagram kausal sektor Persediaan barang
- Gambar 3.12. Diagram kausal sektor Pesanan
- Gambar 3.13. *Diagram & Equations model Pilot run pada pabrik Beton ringan*

- 3.14. Grafik hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 1 buah, Working time = 7 jam.
- 3.15. Grafik hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 4 buah, Working time = 7 jam.
- 3.16. Grafik hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 4 buah, Working time = 12 jam.
- 3.17. Grafik hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 4.75 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 7 buah, Working time = 7 jam.
- 3.18. Grafik hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 4.75 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 7 buah, Working time = 12 jam.
- 3.19. Grafik hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja normal,  
tanpa penambahan investasi baru
- 3.20. Grafik hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja lembur,  
tanpa penambahan investasi baru
- 3.21. Grafik hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja normal,  
dengan penambahan investasi baru
- 3.22. Grafik hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja lembur,  
dengan penambahan investasi baru
- 3.23. Grafik gabungan hasil analisis komposisi optimal
- 3.24. *Diagram & Equations model Production run*
- 3.25. Hasil simulasi model *Production run* dengan menggunakan Program komputer  
*POWERSIM™* dari *ModellData AS*.

- 3.26. Hasil simulasi *sensitivity analysis* (iterasi 25 x) model *Production run* dengan menggunakan Program komputer *POWERSIM™* dari *ModellData AS*.
- 3.27. Hasil *sensitivity analysis* model *Production run*
  
- 4.1. Grafik hasil simulasi skenario 1-a.
- 4.2. Grafik hasil (*sensitivity analysis*) simulasi skenario 1-a
- 4.3. Grafik hasil simulasi skenario 1-b
- 4.4. Grafik hasil (*sensitivity analysis*) simulasi skenario 1-b
- 4.5. Grafik hasil simulasi skenario 1-c
- 4.6. Grafik hasil (*sensitivity analysis*) simulasi skenario 1-c
- 4.7. Grafik gabungan hasil simulasi skenario 1-a, 1-b, 1-c
- 4.8. Grafik gabungan rerata hasil simulasi skenario 1-a, 1-b, 1-c
- 4.9. Grafik hasil simulasi skenario 2
- 4.10. Grafik hasil (*sensitivity analysis*) simulasi skenario 2
- 4.11. Grafik hasil simulasi skenario 3-a
- 4.12. Grafik hasil simulasi skenario 3-b
- 4.13. Grafik gabungan hasil simulasi skenario 3-a, 3-b
- 4.14. Grafik hasil simulasi skenario 4

## DAFTAR TABEL

- 3.1. Alternatif-alternatif komposisi sumber daya model *pilot run*.
- 3.2. Hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 1 buah, Working time = 7 jam
- 3.3. Hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 4 buah, Working time = 7 jam
- 3.4. Hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 2.85 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 4 buah, Working time = 12 jam
- 3.5. Hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 4.75 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 7 buah, Working time = 7 jam
- 3.6. Hasil simulasi dengan komposisi:  
Volume Mixer = 4.75 m<sup>3</sup>, Jumlah Pompa = 7 buah, Working time = 12 jam
- 3.7. Hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja normal,  
tanpa penambahan investasi baru.
- 3.8. Hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja lembur,  
tanpa penambahan investasi baru.
- 3.9. Hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja normal,  
dengan penambahan investasi baru.
- 3.10. Hasil analisis komposisi optimal untuk waktu kerja lembur,  
dengan penambahan investasi baru.
- 3.11. Hasil simulasi model *Production run* dengan menggunakan Program komputer  
*POWERSIM™* dari *ModellData AS*.



- 3.12. Hasil simulasi *sensitivity analysis* (iterasi 25 x) model *Production run* dengan menggunakan Program komputer *POWERSIM™* dari *ModellData AS*.
  
- 4.1. Hasil simulasi skenario 1-a
- 4.2. Hasil simulasi skenario 1-b
- 4.3. Hasil simulasi skenario 1-c
- 4.4. Hasil simulasi skenario 2
- 4.5. Hasil (*sensitivity analysis*) simulasi skenario 2
- 4.6. Hasil simulasi skenario 3-a
- 4.7. Hasil simulasi skenario 3-b
- 4.8. Hasil simulasi skenario 4

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Chi-square Table*
- Lampiran 2. *Normal Probability Distribution Table*
- Lampiran 3. *Sample sizes Table*
- Lampiran 4. Hasil pengamatan waktu kegiatan pada pembuatan Beton ringan
- Lampiran 5. Probabilitas data waktu pengamatan
- Lampiran 6. Perhitungan pengujian data waktu contoh
- Lampiran 7. Hasil simulasi alternatif komposisi sumber daya model *Pilot run*.

# I. PENDAHULUAN

## 1. Latar belakang masalah

Dalam industri konstruksi dan khususnya industri *manufacturing* (pabrik), fungsi manajemen adalah sangat penting terutama dalam meng-organisasi-kan dan mengontrol sumber-sumber daya (*man, machine, material, money, method & time*) untuk peningkatan produktivitas dan keuntungan.

Perencanaan, Pelaksanaan, pengawasan dan pengendalian sangat diperlukan untuk meng-optimal-kan seluruh sumber daya tersebut, sehingga tercipta suatu keseimbangan yang menguntungkan. Untuk itu diperlukan suatu model untuk mempermudah didalam menganalisis masalah-masalah tersebut.

Untuk mengerti, membuat dan menerapkan suatu model, diperlukan teknik simulasi yang dalam tulisan ini digunakan dengan pendekatan *system dynamic* dan bantuan program komputer simulasi *POWERSIM™* dari *ModellData AS*.

## 2. Identifikasi masalah

Masalah utama yang akan diteliti dalam tulisan ini adalah:

- Bagaimana membuat dan menerapkan suatu model simulasi pada sebuah pabrik Beton ringan ?
- bagaimana menentukan jumlah sumber daya (tenaga kerja, mesin, waktu) dan kapasitas produksi yang memberikan produktivitas dan keuntungan optimal ?

## II. KERANGKA TEORI

### 1. Model dan Simulasi

#### a. Pengertian model

Suatu model<sup>1</sup> adalah suatu pendekatan secara simbolis yang memberikan gambaran yang menyerupai keadaan dalam dunia nyata sebenarnya. Biasanya suatu model memberikan kerangka kerja dari hasil penyelidikan dan analisis suatu keadaan atau kegiatan.

Suatu model<sup>2</sup> menggambarkan tentang keadaan yang dapat dianggap mewakili keadaan yang nyata, karena data-data yang digunakan, penaksiran-penaksiran (imajinasi), pengetahuan teknis dan keadaan maupun aturan-aturan yang digunakan sesuai dengan proses yang terjadi sebenarnya, sehingga merupakan penyederhanaan dari suatu masalah dan diharapkan dapat dipakai sebagai alat bantu untuk pengambilan keputusan yang terbaik dengan mempelajari tingkah laku dari model tersebut diatas.

Tetapi sangat disayangkan tidak adanya suatu aturan yang mudah untuk menyusun suatu model, sehingga tidak ada satupun model yang sempurna dan dapat mewakili secara menyeluruh keadaan yang sesungguhnya dari suatu sistem.

---

<sup>1</sup> Bjern Arild Wangenstein Baugsto, et al, ModcllData AS., *POWERSIM: The Complete Software Tool for Dynamic Simulation*, 1993, hal 7.

<sup>2</sup> *Ibid*, hal. 29.

### III. ANALISIS OPERASI

#### PADA PABRIK BETON RINGAN

##### 1. Data penelitian

Data penelitian yang dibutuhkan untuk pembuatan model pada tulisan ini diambil dari data operasional satu pabrik beton ringan yaitu meliputi:

- Data-data tentang waktu proses setiap aktivitas produksi yang mempengaruhi kapasitas produksi dalam waktu kerja tertentu per-hari.
- Flow proses produksi dan data teknis lainnya
- Data-data keuangan, harga-harga seperti: harga pokok penjualan, harga jual produk, harga pembelian mesin lama dan baru
- Jangka waktu pemakaian mesin, besarnya bunga bank, luasan area kerja
- Data-data variabel-variabel lainnya, kebijakan manajemen dan sebagainya

##### a. Pengenalan pabrik Beton ringan (*Lightweight concrete block*)

Pabrik beton ringan PT XXX adalah sebuah pabrik yang memproduksi bahan bangunan sejenis bata sebagai dinding pengisi (*non structural wall*) yang terbuat dari beton ringan yaitu campuran antara semen, pasir, air dan busa, kemudian di pompa untuk dimasukkan kedalam moulding (cetakan) dengan ukuran tertentu.

## IV. PENERAPAN MODEL SIMULASI PADA PABRIK BETON RINGAN

Berdasarkan model *production run* yang merupakan penyederhanaan atau model tiruan dari operasional suatu pabrik beton ringan, maka model tersebut dapat dipergunakan atau diterapkan pada keadaan sebenarnya untuk melihat tingkah laku dari model, kemungkinan-kemungkinan yang terjadi, dan kebijakan yang diperlukan atau persiapan-persiapan untuk pemecahan masalah dan mengantisipasi keadaan di masa yang akan datang yaitu dengan cara membuat skenario-skenario atau membuat kondisi-kondisi dari variabel-variabel, batasan-batasan dan sebagainya (dengan merubah *parameter-parameter input* dari model *production run*) sesuai dengan kondisi yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang.

Skenario-skenario dibuat untuk mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan yang terjadi serta sebagai dasar pertimbangan dari para pembuat kebijakan dan keputusan sesuai dengan tujuan dari masing-masing perusahaan.

Dibawah ini terdapat beberapa skenario untuk memberikan sedikit gambaran yang jelas tentang penggunaan atau penerapan dari model tersebut diatas pada simulasi operasi pabrik Beton ringan selama 10 tahun.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Dari hasil analisis proses simulasi program *POWERSIM™* dari *ModellData AS* pada pemodelan suatu pabrik beton ringan dengan pendekatan *system dynamic* dalam tulisan ini disimpulkan sebagai berikut:

1. Tahapan pembuatan model simulasi dengan pendekatan *system dynamic* pada pabrik Beton ringan dapat dilakukan melalui dua tahapan yaitu:
  - Membuat model *Pilot run* untuk mencari komposisi optimal dari sumber daya (peralatan dan mesin pabrik, jumlah tenaga kerja dan waktu kerja) yang dibutuhkan dalam kapasitas produksi tertentu yang menghasilkan keuntungan optimal dan produktivitas tinggi.
  - Membuat model *Production run* untuk memberikan gambaran tingkah laku dari model terhadap perubahan-perubahan yang terjadi serta hubungan sebab-akibat antara parameter-parameter pembentuk sistem dan pada penerapannya berupa skenario-skenario.
2. Penambahan jumlah tenaga kerja sampai pada jumlah tertentu akan meningkatkan hasil produksi, produktivitas dan keuntungan, tetapi pada penambahan tenaga kerja selanjutnya akan mengurangi produktivitas dan efektifitas pekerja serta mengurangi keuntungan.
3. Peningkatan hasil produksi akan meningkatkan produktivitas dan keuntungan sampai pada hasil produksi tertentu, peningkatan selanjutnya akan mengurangi produktivitas dan keuntungan yang akan diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abdel-Hamid, Tarek, Software project dynamics, an integrated approach. Englewood Cliffs, New Jersey: Prince-Hall, Inc., 1991.
2. Baugsto, Bjern Arild Wangenstein, et al, POWERSIM: The Complete Software Tool for Dynamic Simulation, ModellData AS.,1993.
3. Chorafas, Dimitris N., An Investor Publication Simulation, Optimization and Expert Systems. Chicago: Probus Publ., 1992.
4. Clark, Rolf, System Dynamics and Modeling. Operation Research Society of America, 1988.
5. Hall, Owen P., Computer Models for Operation Management. Massachusetts: Addison Wesley, 1989.
6. Halpin, Daniel W., Design of Construction and Process Operations. John Willey and sons, Inc., 1976.
7. Jones, Ken, A Sourcebook of Management Simulation. London: Kogun Page, 1989.
8. Law, Averill M., Simulation Modeling & Analysis. New York: Mc Graw-Hill, 1991.
9. Levin, Richard I., Statistic for Management. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1991.
10. Mason, Robert D, Essentials of Statistics. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.,1976.



11. Murphy, D.N.P., Mathematical modeling: A Tool for Problem Solving in Engineering, Physical, Biological & Social Sciences, Oxford: Pergamon, 1990.
12. Narasimhan, Sim, Mc Leavey, Dennis W., Billington, Peter, Production Planning & Inventory Control, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1995.
13. Nersesian, Roy L., Computer Simulation in Business Decision Making. New York: Quorum Book, 1989.
14. Oglesby, Clarkson H., Parker, Henry W., Howell, Gregory A., Productivity Improvement in Construction, New York: Mc Graw-Hill, Inc., 1989.
15. Oglesby, Clarkson H., Parker, Henry W., Howell, Gregory A., Method Improvement for Construction Manager, New York: Mc Graw-Hill, Inc., 1993.
16. Pegden, C. Dennis, Introduction to Simulation Using Siman, New York: Mc Graw-Hill, Inc., 1990.
17. Plossl, George W., Production and Inventory Control: Principles and Techniques, New Delhi: Prentice-Hall, 1986
18. Roberts, Nancy, et al., Introduction to Computer Simulation: A System Dynamics Modeling Approach. Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
19. Ross, Sheldon M., A Course in Simulation. New York: Macmillan, 1990.
20. Sherbrooke, Craig C., Optimal Inventory Modeling of Systems. New York: John Wiley & Sons, 1992.

21. Silver, Edward A., Peterson, Rein, *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, Singapore: John Willey & Sons, 1985.
22. Sinha, N.K., *Modeling and Identification of Dynamic Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983.
23. Walpole, Ronald E., *Pengantar Statistika*. Jakarta:PT Gramedia Pustaka Utama, 1995.
24. Walpole, Ronald E., *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. New York: Macmillan Publishing Company, 1993.

