



THESIS - RC142501

IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI PADA INDUSTRI KONSTRUKSI DI SURABAYA

RANGGA RISNU N. P.
3113203011

DOSEN PEMBIMBING
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



THESIS - RC142501

IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION AUTOMATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY OF SURABAYA

RANGGA RISNU N. P.
3113203011

SUPERVISOR
Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD.

MAGISTER PROGRAMME
CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Oleh

RANGGA RISNU NIRWAN PRATAMA

NRP. 3113203011

Tanggal Ujian: 11 Januari 2016

Periode Wisuda: Maret 2016

Disetujui oleh:

1. **Tri Joko Wahyu A, ST., MT., Ph.D**
NIP. 19740420 200212 1 003

(Pembimbing)

2. **Ir. I Putu Artama W, MT., Ph.D**
NIP. 19691125 199903 1 001

(Penguji)

3. **Christiono Utomo, ST., MT., Ph.D**
NIP. 132 303 087

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19601202 198701 1001

IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI PADA INDUSTRI KONSTRUKSI DI SURABAYA

Nama : Rangga Risnu N. P. ST.
NRP : 3113203011
Dosen Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Terobosan teknologi otomatisasi konstruksi telah banyak dilakukan karena terdapat faktor yang dapat menghambat kinerja proyek di masa mendatang. Selain itu otomatisasi konstruksi juga salah satu faktor pendukung yang dapat meningkatkan produktifitas proyek. Pada prakteknya, otomatisasi konstruksi telah diimplementasikan secara penuh di beberapa negara besar, seperti Amerika Serikat, Inggris, dan Jepang. Tetapi ada negara yang belum sepenuhnya menerapkan otomatisasi konstruksi, seperti Indonesia. Di Indonesia hanya beberapa jenis otomatisasi konstruksi yang digunakan dalam proyek konstruksi, khususnya di wilayah Surabaya. Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi jenis otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan, hambatan, dan manfaat pengimplementasian otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *high-rise building* yang berwilayah di Surabaya.

Studi literatur digunakan untuk mengidentifikasi pengelompokkan jenis otomatisasi konstruksi, faktor penghambat, dan faktor manfaat. Teknik analisa deskriptif digunakan untuk mengetahui jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan di wilayah Surabaya, dan teknik analisa *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengidentifikasi faktor penghambat dan manfaat utama pengimplementasian otomatisasi konstruksi di proyek konstruksi. Dalam penelitian ini, pengambilan data digunakan kuisisioner untuk mengukur persepsi responden. Kuisisioner disebarkan kepada *Project Manager/Site Engineering Manager/Staff Engineering* dari kontraktor dan konsultan perencana.

Hasil analisa yang didapat dari penelitian ini, menurut pandangan kontraktor, untuk jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang paling banyak diimplementasikan adalah *Building Installation: Tower Crane*, hambatan utamanya adalah besarnya biaya investasi yang dikeluarkan, serta manfaat utamanya adalah meningkatkan produktifitas proyek. Sedangkan menurut pandangan konsultan perencana, untuk jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang paling banyak diimplementasikan adalah CAD dan CAE: *Structural Modeling*, hambatan utamanya adalah kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi, serta manfaat utamanya adalah peningkatan kualitas.

Kata Kunci : Otomatisasi konstruksi , *construction automation*, analisa deskriptif, *fishbone diagram*, *purposive and snowball sampling*, proyek konstruksi, Surabaya, Indonesia

IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTION AUTOMATION IN CONSTRUCTION INDUSTRY OF SURABAYA

Name : Rangga Risnu N. P.
Student Identification Number : 3113203011
Lecturer Supervisor : Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT.,
Ph.D

ABSTRACT

Construction automation breakthrough has been done because of several factors that can become obstacles in project performance in the future. Moreover, construction automation is one of the supporting factors that can be used as the bolsters of project productivity. In practice, construction automation has been fully implemented in several countries, such as United States of America, England, and Japan. But there are also some countries that not fully implemented the construction automation just yet, such as Indonesia. In Indonesia, especially in Surabaya, only a few kind of construction automation has been used. This research is done for the identification of what kind of construction automation has been implemented and the obstacles and benefit of the construction automation in the high rise building project in Surabaya.

Literature study was used for the identification of the construction automation type, the obstacles and the benefit. Analysis descriptive technique was used for knowing which construction automation types are implemented in Surabaya, and Fishbone Digram analysis technique was used for identification of the main obstacles and the main benefit of implemented automation construction. In this research, the data was taken from the questionnaire that used for knowing the respondent's reaction. The questionnaire was distributed to Project Manager / Site Engineering / Engineering staff from contractors and planning consultant which was and has been build a construction project of high rise building in Surabaya.

The analysis result obtained from this research in contractors poin of view are : the most used construction automation is Building Installation : Tower Crane, the main obstacles is the amount of the investment costs incurred, and the main benefit is improving the project's productivity. Whereas in planning consultant point of view, the anaysis results are : the most used construction automation is CAD and CAE : Structural Modeling, the main obstacles is the lack of interest and the importance of contractor and planning consultant for construction automation implementation, and the main benefit is improving the project's quality.

Keywords : construction automation, descriptive analysis, fishbone diagram, purposive and snowball sampling, construction project in Surabaya, Indonesia

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, berkat anugerah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Implementasi Otomatisasi Konstruksi pada Industri Konstruksi di Surabaya**”. Dimana tesis ini disusun dengan tujuan untuk menyelesaikan program studi strata 2 (S2) dengan bidang keahlian Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tesis ini tidak akan dapat selesai dan berhasil disusun tanpa bantuan dari beberapa pihak yang terkait. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

My Super Mom and Teta yang telah mengorbankan semuanya demi mendidik penulis dari bayi lahir hingga bersekolah tinggi, yang telah rela dan ikhlas dalam bekerja dari pagi hingga malam hari hanya untuk melihat penulis dapat menjadi orang yang jauh lebih sukses daripada mereka saat ini, yang selalu ada dan mendampingi penulis baik penulis berada dalam masa terburuknya maupun penulis berada dalam masa terbaiknya, serta atas do'a yang mereka panjatkan selalu dan tiada henti kepada Allah S.W.T , penulis juga menyampaikan permintaan maaf yang mendalam atas keegoisan yang telah penulis lakukan dalam menyelesaikan tesis ini, dan tidak lupa juga penulis ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya.

My Super Sista Ira Risnu dan Ayu Risnu dan keluarga besar *Sumiyati* tercinta. Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih atas *support* dan motivasi yang tiada henti dan tanpa kenal lelah diberikan kepada penulis, serta selalu mendo' akan penulis untuk segera menyelesaikan program magister ini.

Sahabat *gagal gaul* yang selalu memberikan penyegaran dengan canda dan tawa yang hadir untuk menghibur penulis di saat penulis *suntuk*, yang selalu *mensupport*, yang selalu mendo' akan, penulis ucapkan banyak-banyak terima kasih.

Sahabat *arisan* penulis yang selalu mendukung, yang selalu memberikan motivasi, yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian tesis ini tanpa mengenal lelah, penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih.

Sahabat *keluarga ceria MPK* penulis yang selalu memberikan *support*-nya, memberikan motivasi, memberikan kritik dan saran selalu dalam penyusunan penelitian tesis yang dilakukan penulis, penulis ucapkan terima kasih.

Guru Penulis, Pak Tri Joko, yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian tesis ini dan yang telah memberikan waktunya yang padat kepada penulis untuk melakukan bimbingan. Terima kasih Pak Tri Joko.

Dosen-dosen MPK atas semua bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama 2.5 tahun menempuh studi di ITS.

Teman-teman MPK 2013, penulis ucapkan terima kasih atas motivasi dan dukungan yang telah diberikan.

Tidak lupa pula penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun secara tidak langsung terkait dalam penyusunan tesis ini, kepada *Project Manager/Site Engineering Manager/Staff Engineering* proyek konstruksi *high-rise building* di wilayah Surabaya, baik kontraktor maupun konsultan perencana yang sudah meluangkan waktu di tengah kesibukan beliau masing-masing. Kepada Pak Agus selaku *Project Manager* proyek *high-rise building* Grand Lagoon Soengkono dari kontraktor PP, atas bantuan dan *brainstorming*nya. Kepada Pak Alex selaku *Engineering Manager* dari konsultan *Benjamin Gideon & Associates* atas bantuan dan *brainstorming*nya pula. Dan kepada Mas Wisang dan Mas Dimas yang selalu direpotkan oleh penulis dalam menyelesaikan tesisnya.

Tesis ini masih jauh dari sempurna, karena yang sempurna hanyalah milik Allah S.W.T. Oleh karena itu penulis tidak menutup kritik dan saran membangun yang ditujukan kepada penulis.

Penulis, 2015

Rsnngs Risnu N. P.

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	
Lembar Pengesahan	i
Abstrak	iii
Abstract	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Lampiran	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Definisi dan Terminologi	7
2.1.1 Otomatisasi	7
2.1.2 Proyek konstruksi	8
2.2 Studi Literatur	9
2.2.1 Otomatisasi Konstruksi	9
2.2.2 Otomatisasi Konstruksi sesuai dengan tahap <i>project life-cycle</i>	16
2.2.2.1 Fase perencanaan	16
2.2.2.2 Fase eksekusi	17
2.2.3 Otomatisasi konstruksi sesuai dengan bentuknya	19
2.2.3.1 Otomatisasi konstruksi berbentuk <i>software</i>	19
2.2.3.2 Otomatisasi konstruksi berbentuk <i>hardware</i>	21

2.2.4	Penghambat Implementasi Otomatisasi Konstruksi	23
2.2.5	Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi	24
2.3	Penelitian Terdahulu.....	25
2.4	Posisi Penelitian.....	30
BAB 3 METODA PENELITIAN		
3.1	Jenis dan Konsep Penelitian	31
3.2	Identifikasi Variabel Penelitian	31
3.2.1	Identifikasi Jenis Otomatisasi Konstruksi	32
3.2.2	Identifikasi Variabel Penghambat Implementasi Otomatisasi Konstruksi	34
3.2.3	Identifikasi Variabel Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi	35
3.3	Penyusunan Kuisisioner Penelitian	36
3.3.1	Populasi penelitian.....	37
3.3.2	Sampel dan responden penelitian	37
3.4	Metode Analisa Data	38
3.4.1	Analisa Data Deskriptif	38
3.4.2	Analisa Data Fishbone Diagram	38
3.5	Kesimpulan.....	39
3.6	Alur Penelitian.....	45
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Responden dan Perusahaan	49
4.1.1	Deskripsi Profil Responden dan Perusahaan Kontraktor	50
4.1.1.1	Profil Responden	50
4.1.1.2	Profil Perusahaan Responden	52
4.1.2	Deskripsi Profil Responden dan Perusahaan Konsultan Perencana	54
4.1.2.1	Profil Responden	54
4.1.2.2	Profil Perusahaan Responden	56
4.2	Analisis Terhadap Variabel Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi.....	59
4.2.1	Deskripsi Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Pandangan Kontraktor.....	60

4.2.2	Deskripsi Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Pandangan Konsultan Perencana.....	62
4.3	Analisis Terhadap Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi.....	64
4.3.1	Analisis Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi otomatisasi Konstruksi Menurut Kontraktor.....	65
4.3.2	Analisis Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi otomatisasi Konstruksi Menurut Konsultan Perencana.....	67
4.4	Pembahasan.....	69
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA		91
LAMPIRAN 1	KUISIONER - KONTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA	91
LAMPIRAN 2	REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF-KONTRAKTOR.....	101
LAMPIRAN 3	REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF-KONSULTAN PERENCANA	105
LAMPIRAN 4	ANALISIS <i>FISHBONE DIAGRAM</i> -KONTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA.....	109
LAMPIRAN 5	<i>FISHBONE DIAGRAM</i> IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI BESERTA VARIABEL PENGHambat DAN VARIABEL MANFAATNYA.....	117
BIODATA PENULIS		125

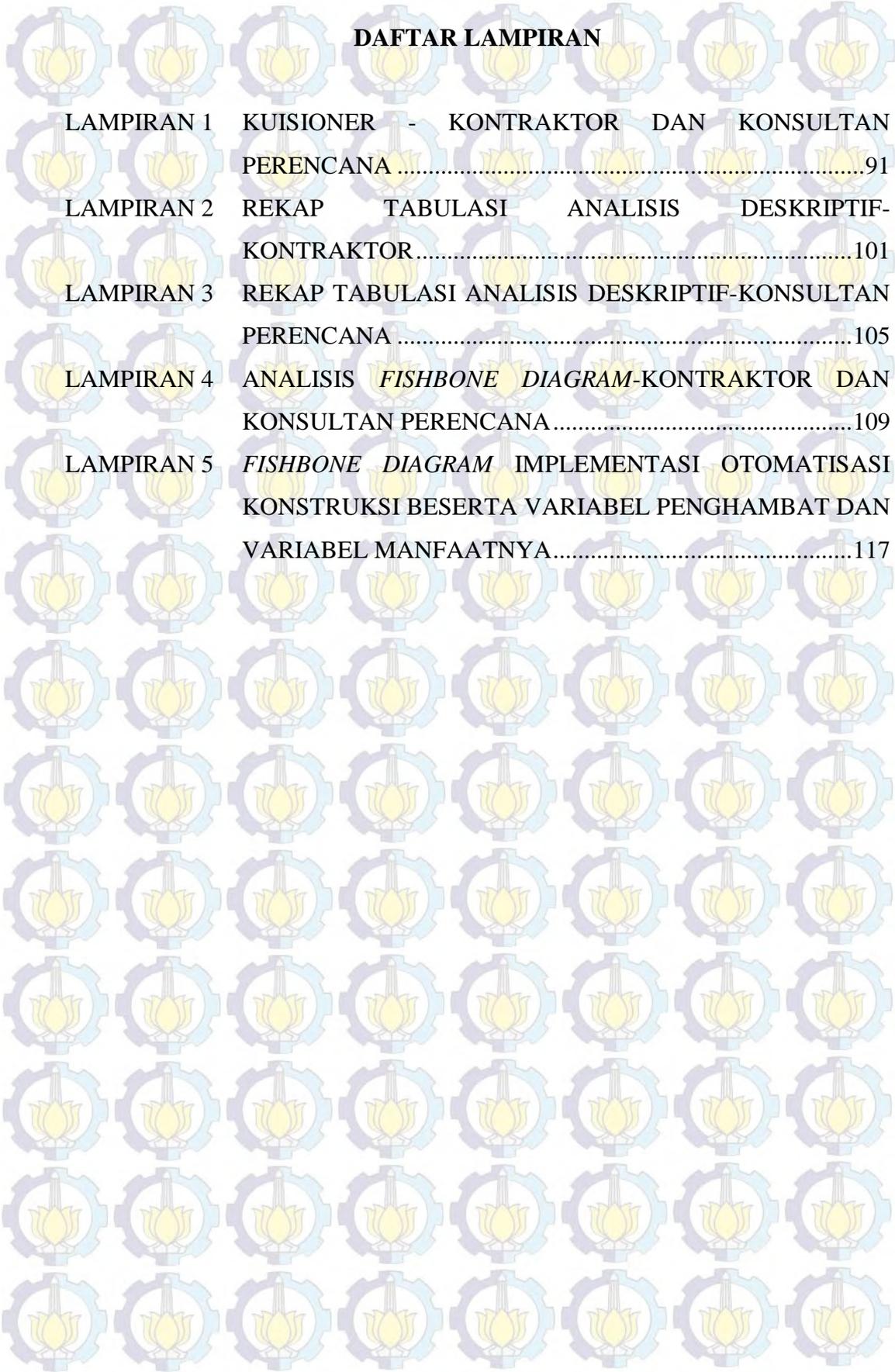
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tahapan <i>Project Life-cycle</i>	16
Gambar 3.1	Alur Pembentukan <i>fishbone diagram</i>	39
Gambar 3.2	<i>Fishbone diagram</i> variabel <i>hardware Tracking</i> dengan variabel penghambat	41
Gambar 3.3	<i>Fishbone diagram</i> variabel <i>hardware Tracking</i> dengan variabel manfaat	42
Gambar 3.4	Diagram alir penelitian	47
Gambar 4.1	Profil Jabatan Responden Kontraktor.....	50
Gambar 4.2	Profil Pengalaman Responden Kontraktor	51
Gambar 4.3	Profil Pengalaman Perusahaan Kontraktor.....	52
Gambar 4.4	Profil Jenis Perusahaan Kontraktor	53
Gambar 4.5	Profil kualifikasi Perusahaan Kontraktor	54
Gambar 4.6	Profil Jabatan Responden Konsultan Perencana	55
Gambar 4.7	Profil Pengalaman Responden Konsultan Perencana.....	56
Gambar 4.8	Profil Pengalaman Perusahaan Konsultan Perencana	57
Gambar 4.9	Profil Jenis Perusahaan Konsultan Perencana.....	58
Gambar 4.10	Profil kualifikasi Perusahaan Konsultan Perencana.....	59
Gambar 4.11	Prosentase Implementasi Variabel Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi menurut kontraktor	62
Gambar 4.12	Prosentase Implementasi Variabel Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi menurut konsultan perencana	64
Gambar 4.13	<i>Fishbone diagram</i> pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor	73
Gambar 4.14	<i>Fishbone diagram</i> pada fase eksekusi perencanaan organisasi proyek beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor	73
Gambar 4.15	<i>Fishbone diagram</i> pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana	81

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Otomatisasi konstruksi robotik yang telah dikembangkan di Amerika Serikat.....	2
Tabel 2.1	Isu penerapan otomatisasi konstruksi dengan segera.....	9
Tabel 2.2	<i>Construction Methode Building Implementation in Japan</i>	22
Tabel 2.3	Contoh praktek desain yang dapat difasilitasi oleh otomatisasi konstruksi	27
Tabel 2.4	Pemetaan otomatisasi konstruksi yang dapat digunakan di industri proyek konstruksi	29
Tabel 2.5	Perbandingan posisi penelitian dengan penelitian terdahulu	30
Tabel 3.1	Identifikasi jenis otomatisasi konstruksi menurut bentuknya dan <i>project life-cycle</i>	33
Tabel 3.2	Identifikasi variabel penghambat diterapkannya otomatisasi konstruksi	34
Tabel 3.3	Identifikasi variabel manfaat implementasi otomatisasi konstruksi ...	36
Tabel 3.4	Model ringkas hasil penelitian yang diharapkan (berupa kuisiner)	40
Tabel 3.5	Tabulasi variabel penghambat dan variabel manfaat pada otomatisasi konstruksi <i>software Structural Modeling</i>	42
Tabel 3.6	Deskripsi kode huruf variabel penghambat.....	43
Tabel 3.7	Deskripsi kode huruf variabel manfaat	44
Tabel 4.1	Urutan Nilai Rata-rata dan Nilai Standar Deviasi Menurut Kontraktor	61
Tabel 4.2	Urutan Nilai Rata-rata dan Nilai Standar Deviasi Menurut Konsultan Perencana	63
Tabel 4.3	Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel penghambat menurut kontraktor	66
Tabel 4.4	Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel manfaat menurut kontraktor	67
Tabel 4.5	Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel penghambat menurut konsultan perencana	68

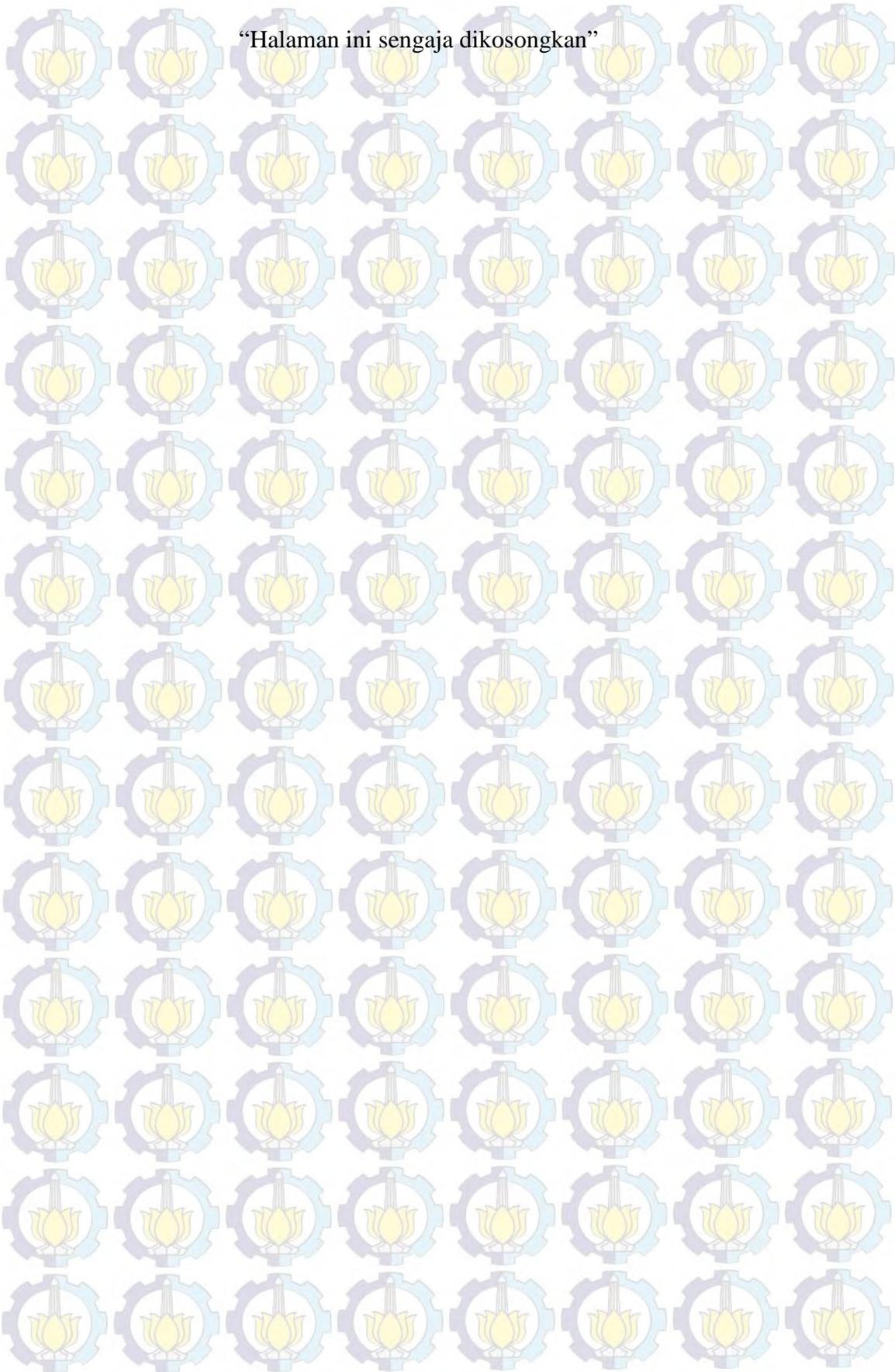
Tabel 4.6	Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel manfaat menurut konsultan perencana	69
Tabel 4.7	Rekapan hambatan yang paling dominan menurut kontraktor	70
Tabel 4.8	Rekapan manfaat yang paling dominan menurut kontraktor	70
Tabel 4.9	<i>Detailing project life-cycle</i>	70
Tabel 4.10	Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang / belum maupun sudah diimplementasikan pada fase perencanaan menurut kontraktor	71
Tabel 4.11	Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang / belum maupun sudah diimplementasikan pada fase eksekusi menurut kontraktor	72
Tabel 4.12	Rekapan hambatan yang paling dominan menurut konsultan perencana	79
Tabel 4.13	Rekapan manfaat yang paling dominan menurut konsultan perencana	79
Tabel 4.14	Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang / belum maupun sudah diimplementasikan pada fase perencanaan menurut konsultan perencana.....	80



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	KUISIONER - KONTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA	91
LAMPIRAN 2	REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF-KONTRAKTOR.....	101
LAMPIRAN 3	REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF-KONSULTAN PERENCANA	105
LAMPIRAN 4	ANALISIS <i>FISHBONE DIAGRAM</i> -KONTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA.....	109
LAMPIRAN 5	<i>FISHBONE DIAGRAM</i> IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI BESERTA VARIABEL PENGHAMBAT DAN VARIABEL MANFAATNYA.....	117

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akhir-akhir ini sistem konstruksi *automated* atau otomatisasi semakin santer diperbincangkan, walaupun dalam penelitian, topik ini masih merupakan salah satu lahan penelitian dan pengembangan yang paling tidak familiar, terlepas bahwa pada kenyataannya industri konstruksi merupakan salah satu industri tertua dan terbesar dalam mempengaruhi sektor ekonomi suatu Negara, yakni dengan kontribusi sekitar 7-10% (Balaguer and Abderrahim, 2008). Lalu, Balaguer and Abderrahim (2008) juga menyatakan, bahwa di Amerika Serikat kontribusi industri konstruksi mencapai 12%, dan di benua Eropa, dibuktikan dengan banyaknya perusahaan (kebanyakan perusahaan kecil dan menengah) yang terlibat dalam bisnis industri konstruksi. Lain halnya dengan di Jepang, selain berkontribusi besar dalam sektor ekonomi negara, hingga saat ini industri konstruksi semakin berkembang pesat dibanding negara lainnya, dikarenakan banyaknya inovasi penelitian yang terkait otomatisasi konstruksi yang tidak hanya berasal dari pihak pemerintah, melainkan berasal dari institusi penelitian luar pula, yakni pabrikan robot dan kontraktor umum (Wamuziri and Smith, 2003). Kontraktor umum disini, diantaranya adalah Kajima, Kumagai-Gumi, Obayashi Taisei, Takanak, dan Shimizu. Dokumentasi awal penelitian proses otomatisasi konstruksi ini, diambil pada tahun 1978 dan dibiayai oleh Japan Industrial Robot Association (Wamuziri and Smith, 2003). Penelitian ini merupakan pemicu penelitian lebih jauh mengenai penggunaan robot dalam bidang konstruksi (Hasagawa, 2000, in Wamuziri and Smith, 2003, Automated Construction in Japan), dan selama 20 tahun, Obayashi, 1999 (Wamuziri and Smith, 2003, Automated Construction in Japan) menyatakan bahwa kontraktor dan sektor *Civil Engineering* Jepang telah menyaksikan pengembangan lebih dari 550 sistem operasi tanpa pengendali dan pekerjaan otomatisasi konstruksi. Salah satu contoh otomatisasi konstruksi yang sudah diterapkan di Jepang adalah sebuah sistem konstruksi gedung bertingkat dengan menggunakan metode *the roof push-up*,

SMART, ABCS, the T-up system, the lift-up, dan lain-lain (Won, Lee, and Kim). Walaupun Jepang merupakan negara yang paling dominan dalam penggunaan otomatisasi konstruksi, Amerika Serikat dan Benua Eropa juga sudah banyak memulai penerapan otomatisasi konstruksi. Di Amerika Serikat, telah banyak didesain dan dibangun sejumlah prototype robotik yang relevan. Beberapa dari robot ini ada yang sudah digunakan untuk pengaplikasian secara komersial dan beberapa menunggu untuk segera dikomersilkan, yang mana prototype robotic tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut ini :

Tabel 1.1 Otomatisasi konstruksi robotik yang telah dikembangkan di Amerika Serikat

Robot Type	Application	Developer
<i>John Deere Excavator, Model 690C</i>	Teleoperated excavation for rapid airport runway repair	John Deere. Inc., Moline, Illinois
<i>Laser Aided Grading System</i>	Automatic grading control for high volume earth work	Gradeway construction Co. & Agtec development Co., San Fransisco, California; Spectrs-physics Co., Dayton, Ohio
<i>Automatic Slipform Machine</i>	Placement of concrete sidewalks, curbs, and gutters	Miller formless systems Co., McHenry, Illinois; Gomaco, Ida Grove, Iowa
<i>Micro-Tunneling Machine</i>	Teleoperated micro-tunneling	American Augers, Wooster, Ohio
<i>Robotic Excavator (REX) and Autonomous Pipe Mapper</i>	Autonomous excavation around buried utility metallic pipes, potentially for several types of autonomou non-destructive testing	Carnegie Mwllo n University, Pittsburgh, Pennsylvania
<i>NavLab</i>	Autonomous navigation in unstructured terrain	Carnegie Mwllo n University, Pittsburgh, Pennsylvania
<i>Remote Work Vehicle</i>	Nuclear accident recovery work, demolition of structures after nuclear accidents, structural surface decontamination, clean-up and treatment, transport of materials	Carnegie Mwllo n University, Pittsburgh, Pennsylvania
<i>Wallbot, Blockbot, Shear Stud Welder</i>	Constion of building interior partitions with metal track studs, concrete masonry work, welding of shear connection in composite steel or concrete structures	Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts
<i>Automated Pipe Manipulator</i>	Teleoperated pipe system assembly in industrial processing plants	University of Texas, Austin, Texas
<i>Automatic Pipe Bending System</i>	Robotic bending and connection of metallic of pipe sections	University of Texas, Austin, Texas
<i>Experimental Maintenance Device</i>	automated pavement crack sealing	Carnegie Mwllo n University, Pittsburgh, Pennsylvania

Sumber : Skibniewski, 1992

Sedangkan di benua Eropa, otomatisasi konstruksi juga sudah mulai marak penerapannya pada proyek-proyek konstruksi. Sebagai contoh, Poppy (1994) menyatakan bahwa status penerapan otomatisasi konstruksi negara-negara yang berada di benua Eropa, diantaranya sudah menerapkan proses otomatisasi pada fabrikasi beton *precast*, pemasangan batu bata dengan mesin (khususnya di UK and Germany), pengendalian dan pemantauan perangkat mesin-mesin konstruksi, alat yang dapat dikontrol via komputer dan *micro tunneling* (khususnya di UK dan Germany).

Dibalik adanya penerapan otomatisasi konstruksi yang tengah berkembang hingga saat ini, baik di negara yang berada di benua Eropa, Amerika Serikat, maupun Jepang, di Indonesia khususnya di wilayah Surabaya hingga sejauh ini menurut pendapat Ir. Agus MT. yang telah berpengalaman sebagai *project manager* dari PT. PP Persero Tbk. bahwa sistem robotik yang seperti tertera pada Tabel 1.1 masih belum diterapkan di proyek konstruksi. Karena belum tentunya pelaksana mendapatkan proyek yang sama di kemudian hari. Selain biaya investasi yang mahal, tidak adanya ruang penyimpanan permanen untuk otomatisasi konstruksi robotik tersebut. Belum lagi biaya perawatan yang harus dikeluarkan setidaknya setiap tahunnya. Walaupun otomatisasi konstruksi robotik belum diterapkan di Surabaya, tetapi otomatisasi lainnya seperti *software* dan *hardware* secara umum sudah diterapkan di proyek konstruksi di Surabaya. Seperti halnya yang dinyatakan oleh O'Brien (1996), otomatisasi konstruksi dibagi menjadi dua, yakni otomatisasi berupa *software* dan otomatisasi berupa *hardware*. Hanya saja setiap proyek belum tentu menggunakan otomatisasi konstruksi yang sama. Oleh karena itu, perlu diketahui jenis-jenis otomatisasi konstruksi apa sajakah yang sudah diterapkan pada proyek konstruksi di Surabaya. Lalu dapat diartikan bahwa dengan belum menerapkan otomatisasi maka terdapat faktor yang menghambat mengapa otomatisasi konstruksi tersebut belum diterapkan, dan juga bahwa dengan sudah menerapkan maka terdapat manfaat yang diperoleh dalam menerapkan otomatisasi konstruksi tersebut. Maka dari itu, faktor penghambat dan manfaat juga terikat dalam penelitian, sehingga nantinya temuan ini tidak hanya dapat dijadikan sebagai tolak ukur atau sumber informasi sudah seberapa jauh penggunaan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi di Surabaya,

tetapi juga dapat dijadikan sumber informasi bagi pelaku konstruksi untuk meminimalisir faktor penghambat dan mengetahui akan manfaat yang didapat dalam menerapkan otomatisasi konstruksi, sehingga otomatisasi konstruksi dapat diterapkan pada industri konstruksi di Surabaya

1.2 Rumusan Masalah

1. Jenis-jenis otomatisasi konstruksi apakah yang sudah diimplementasikan di Kota Surabaya, Indonesia baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana?
2. Faktor apa sajakah yang menghambat implementasi otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana?
3. Manfaat atau benefit apa sajakah yang dapat dirasakan dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana?

1.3 Tujuan

1. Mengidentifikasi jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan ataupun belum di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana.
2. Mengidentifikasi hambatan-hambatan apa saja untuk jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang belum diterapkan di wilayah Surabaya baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana.
3. Mengidentifikasi benefit atau keuntungan telah diterapkannya jenis-jenis otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya baik menurut pandangan kontraktor maupun konsultan perencana.

1.4 Manfaat

1. Penelitian ini berguna bagi para pembaca untuk memberikan sebuah informasi keberadaan otomatisasi konstruksi di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya.

2. Penelitian ini juga dapat berguna untuk penelitian yang berikutnya, yakni bagaimana cara mengatasi hambatan akan otomatisasi konstruksi yang belum diimplementasikan di wilayah Surabaya.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menambah jelasnya materi pembahasan penulisan dari tesis ini dan agar masalah dapat terfokus pada titik permasalahannya sehingga tidak meluas. Maka diperlukan adanya batasan-batasan yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Hanya meninjau sudut pandang kontraktor dan konsultan perencana struktur yang menangani proyek gedung bertingkat di wilayah Surabaya.
2. Proyek yang ditinjau adalah proyek 5 tahun terakhir (2010-2015) di wilayah Surabaya, baik yang sudah selesai pelaksanaannya, maupun masih dalam tahap pelaksanaan.
3. Tidak membahas perbandingan produktifitas proyek dengan menggunakan otomatisasi konstruksi dengan menggunakan cara manual.
4. Penerapan otomatisasi konstruksi dalam penelitian ini merupakan suatu pengumpulan data mengenai kemajuan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah maupun belum diterapkan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya.
5. Tidak meninjau sisi biaya.
6. Tidak meninjau sistem kontrak yang digunakan.
7. *Project Life-Cycle* hanya dibatasi pada fase perencanaan dan fase eksekusi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai uraian latar belakang yang menjadi landasan pentingnya penelitian ini dilakukan, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber informasi sudah seberapa jauh keberadaan penerapan otomatisasi konstruksi, faktor yang menghambat, dan manfaat yang diterima, bagi pelaku industri konstruksi di Surabaya, bahkan di Indonesia. Selain itu terdapat uraian rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai uraian definisi dan terminologi dari otomatisasi, proyek konstruksi, studi literatur yang berisi mengenai otomatisasi konstruksi secara umum berisikan jenis-jenis yang dapat diterapkan pada industri konstruksi, *Project Life-Cycle*, otomatisasi sesuai dengan bentuknya yakni *software* dan *hardware*, hambatan implementasi otomatisasi konstruksi, dan manfaat implementasi otomatisasi konstruksi, lalu terdapat penelitian terdahulu dan posisi penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

BAB 3 METODA PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai uraian jenis dan konsep penelitian, lalu penjelasan mengenai identifikasi variabel penelitian yang berisikan identifikasi jenis-jenis otomatisasi konstruksi, identifikasi hambatan otomatisasi konstruksi, dan identifikasi manfaat otomatisasi konstruksi. Lalu terdapat penjelasan mengenai penyusunan kuisisioner penelitian yang berisikan populasi, sampel, dan responden penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan metoda analisis data yang terdiri dari analisis statistika deskriptif dan analisis *fishbone diagram*. Setelah itu diakhiri dengan kesimpulan dan alur penelitian.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai uraian hasil penelitian dari survey kuisisioner yang telah dilakukan yang meliputi gambaran profil perusahaan tempat responden bernaung, dan profil responden, serta penjelasan mengenai hasil analisis statistik deskriptif pada jenis-jenis otomatisasi konstruksi dan hasil analisis *fishbone diagram* pada hambatan dan manfaat implementasi otomatisasi konstruksi, dan diikuti pembahasan hasil temuan dalam penelitiannya

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir dalam penelitian yang berisikan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil analisis data yang didapatkan dari responden yang merupakan sampel penelitian.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Terminologi

2.1.1 Otomatisasi

Pada tahun 1945-1950, otomatisasi diambil dari kata *autom(atic operation)*, dengan kata asal pada awal tahun 1838 adalah *automatism* yang berarti kualitas yang dihasilkan melalui proses otomatis dalam arti klasik. Otomatisasi dapat diartikan dengan empat pengertian yang dapat dilihat dari kata bendanya yaitu :

1. Sebuah teknik, metode, atau sistem operasi atau pengendalian sebuah proses yang sangat otomatis. Otomatis disini dapat diartikan sebagai alat elektronik dan mengurangi campur tangan manusia hingga yang paling minimum.
2. Sebuah alat mekanikal yang dioperasikan secara elektronik dan berfungsi secara otomatis tanpa bantuan dari seorang operator secara terus menerus.
3. Suatu tindakan atau proses dari *automating*.
4. Suatu keadaan yang sudah menjadi otomatis.

Sedangkan menurut Van Gassel (2002) dalam tabulasinya yang menjelaskan tipologi dari sistem konstruksi, otomatisasi adalah sebuah kegiatan fisik yang dilakukan oleh sebuah alat bantu, dengan kegiatan kognitif dan kegiatan kontrol dapat dilakukan dengan bantuan sebuah komputer dan alat telekomunikasi

Sebagaimana Mahbub (2008) mencantumkan, menurut The World Encyclopedia (2005) mendefinisikan otomatisasi sebagai penggunaan mesin yang dapat dikendalikan sendiri oleh tenaga manusia untuk melaksanakan proses *manufacturing*, distribusi, dan proses lainnya secara otomatis. Dengan menggunakan umpan balik, sensor mengecek sebuah sistem operasi dan mengirim sinyal kepada komputer yang mengatur proses secara otomatis. Dan Mahbub (2008) juga mencantumkan sebuah kutipan yang dikutip dari Marshall (1988), berdasarkan Dictionary of Sociology, otomatisasi merupakan sebuah sistem manufaktur yang pelaksanaannya tanpa menggunakan tenaga pekerja.

2.1.2 Proyek Konstruksi

Secara umum, proyek merupakan suatu kegiatan yang diadakan oleh pemilik proyek, guna kepentingan pribadi maupun kepentingan khalayak umum. Adapun ciri pokok kegiatan yang dapat dikatakan sebuah proyek, yaitu :

1. Memiliki tujuan yang khusus, yakni produk akhir atau hasil kerja akhir.
2. Jumlah biaya, kriteria mutu atau kualitas dalam proses pencapaian tujuan proyek telah ditentukan.
3. Mempunyai awal kegiatan dan mempunyai akhir kegiatan yang telah ditentukan.
4. Mempunyai waktu yang terbatas.
5. Kegiatan yang hanya dilakukan sekali, tidak berulang-ulang, sehingga menghasilkan produk yang bersifat unik (tidak identik, tapi sejenis).

Dalam hal ini, sebuah konstruksi juga dapat disebut sebuah proyek, karena memenuhi ciri-ciri yang telah disebutkan diatas.

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan konstruksi atau membangun suatu bangunan yang sesuai dengan fungsinya, dengan sumber daya yang terbatas dan waktu yang terbatas pula, guna mendapatkan hasil konstruksi yang sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan oleh pemilik proyek. Bangunan yang dimaksud disini menurut bloginfotekniksipil.blogspot.com, dikelompokkan menjadi empat, yakni :

1. Bangunan gedung, contohnya kantor, rumah sakit, pusat perbelanjaan, hotel, rumah, apartemen, dan lain-lain.
2. Bangunan transportasi, contohnya jalan raya, jembatan, rel kereta api, terminal, pelabuhan, bandara atau lapangan terbang, dan lain sebagainya.
3. Bangunan air, contohnya nedungan, saluran irigasi, saluran drainase, bangunan bagi, gorong-gorong atau box culvert, rumah pompa dan lain-lain.
4. Bangunan khusus, contohnya anjungan lepas pantai, menara jaringan listrik tegangan tinggi, menara pemancar radio, TV, dan lain sebagainya.

2.2 Studi Literatur

2.2.1 Otomatisasi Konstruksi

Dapat dikatakan bahwa otomatisasi konstruksi merupakan penerapan otomatisasi yang berupa suatu teknik ataupun metode yang diterapkan penuh secara otomatis pada suatu proyek konstruksi dengan menggunakan alat mekanik dan elektronik dan jasa buruh seminimal mungkin dalam membangun suatu bangunan (Hewitt and Gambatese, 2002). Dimana pada akhirnya, otomatisasi konstruksi ini sebaiknya segera diaplikasikan dalam suatu negara, karena banyaknya isu atau masalah yang berkembang. Dimana isu tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Isu penerapan otomatisasi konstruksi dengan segera

Eropa	Sumber	Jepang	Sumber	Amerika	Sumber
Kurangnya kemampuan para pekerja dan bertambahnya umur rata-rata para pekerja	<i>Poppy (1994)</i>	Banyak pekerja konstruksi yang meninggal selama proses konstruksi	<i>Ueno, Institute of Technology</i>	Adanya kebutuhan yang mendesak untuk otomasi, karena tugas yang diberikan berbahaya bagi pekerja	<i>Skibniwski (1992)</i>
Tuntutan keefektifan para pekerja hampir di semua pekerjaan konstruksi		Banyaknya pekerja yang rata-rata umurnya semakin bertambah		Penghematan tenaga kerja karena tugas yang sederhana	
Bertambahnya persyaratan pada kualitas bangunan yang akan dieksekusi		Prediksi semakin berkurangnya pekerja konstruksi	<i>Won, Lee, and Kim</i>	Semakin besarnya volume yang bangunan yang diinginkan	
Kebutuhan untuk pekerjaan yang bahaya dan area operasi yang tidak dapat diakses		Berkurangnya kemampuan para pekerja konstruksi	<i>Wamuziri and Smith (2003)</i>	Adanya proyek yang dilakukan berulang-ulang	

Dengan adanya isu tersebut, otomatisasi konstruksi sudah mulai diterapkan dalam proyek konstruksi. Salah satu jenis otomatisasi konstruksi yang diimplementasikan adalah sebuah sistem robotik yang dapat dikendalikan dan terintegrasi secara langsung melalui CAM atau bisa disebut dengan *Computer Aided-Manufacturing*, dengan contoh pekerjaan memasang langit-langit, dinding, maupun genteng (Bock, 2008). Selain itu bisa digunakan suatu *automated design* atau desain otomatisasi dalam mendesain proyek konstruksi (Neelamkavil, 2009). Desain otomatisasi ini terdiri dari desain dalam bentuk 3D CAD (*Computer Aided-Design*) (Neelamkavil, 2009), pemodelan analitis atau CAE (*Computer Aided-Engineering*), suatu simulasi dengan contoh adalah simulasi alternatif

resiko yang kemungkinan besar akan terjadi dan harus segera ditangani dalam sebuah proyek dapat menggunakan program bantu *Artificial Intelligence (AI)* dengan macamnya *Neural Network* dan *Fuzzy Logic* (Adi, 2013), dan intelegensi pendistribusian (Neelamkavil, 2009). Selain itu Fischer (2002) menjelaskan bahwasannya sebuah *Project Management Control System Tools* (PMCS Tools), merupakan salah satu pengimplementasian sebuah otomatisasi konstruksi di proyek. Dimana komponen-komponen yang termasuk dalam PMCS Tools adalah *cost estimating, scheduling, Cost Management, dan Web Based Project Collaborations Tools* (Fischer, 2002). Untuk memudahkan terintegrasinya suatu aktifitas bisnis proyek seperti perencanaan produksi, perencanaan biaya, pengiriman layanan material, pemasaran, manajemen penyimpanan material, dan pembayaran dapat mengimplementasikan sebuah alat berupa *The Enterprise Resource Planning (ERP) software* (Daneva dan Wieringa, 2005). Lalu menurut Van Gaasel (2007), terdapat beberapa metode otomatisasi konstruksi yang telah diterapkan pada industri konstruksi di Jepang, seperti ABC System, SMART, dan lain-lain.

Navon (2009) membuat suatu rencana otomatisasi konstruksi pada proses pengumpulan data yang menggunakan teknologi modern di beberapa area proyek konstruksi, yaitu :

1. Pelacakan Pekerja atau *Labor Tracking*

Pekerja merupakan sumber pada proyek konstruksi yang paling signifikan, maka mengendalikan sumber daya pekerja dapat berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek konstruksi, baik dari sisi biaya maupun sisi kemajuan atau progress yang dicapai. Pendekatan yang dilakukan oleh Navon (2009) pada pelacakan pekerja adalah untuk mengotomatisasi pengumpulan data para pekerja dengan menggunakan teknologi otomatisasi pengukuran lokasi dan mengkonversi lokasi ini menjadi sebuah informasi yang diharapkan, yakni dapat mengetahui aktifitas apa saja yang sudah diselesaikan oleh para pekerja. Dimana pengumpulan semua informasi ini telah terintegrasi dengan computer secara sinkron. Contoh teknologi yang bisa digunakan adalah RFID, GIS, dan GPS.

2. Pengoperasian Pekerjaan Tanah atau *Earthmoving operation*

Pengumpulan data yang dilakukan ini menyangkut aktifitas pengopersian pekerjaan tanah. Dimana data semua aktifitas yang dilakukan di beberapa titik lokasi dapat dikumpulkan secara otomatis dengan menggunakan teknologi GPS yang mana masih perlu campur tangan kerja manual. Maka Navon (2009) melakukan pendekatan DWE atau *The Dynamic Work Envelope*. Pendekatan DWE ini, alih-alih lokasi pada setiap aktifitas dengan menentukan area kerja, algoritmanya dapat menentukan pekerjaan yang terkait dengan pekerjaan pada suatu proyek konstruksi secara dinamis selama pengoperasian pekerjaan tersebut, menurut lokasi yang terukur.

3. Laporan lokasi proyek harian berdasarkan alat kontrol atau *Daily-Site-Report based Control Tool*

Laporan lokasi harian mencatatkan sebagian besar sebuah aktifitas penting yang terjadi pada lokasi konstruksi sehari-hari yang didasarkan pada alat kontrol. Dalam mengendalikan atau mengontrol proyek konstruksi telah dikembangkan sebuah alat yang berupa sistem Otomatisasi Kontrol Kelangsungan Proyek, yang mana semua data masukan didapat dari kelangsungan proyek yang sebenarnya melalui teknologi ADC (Automated Data Collection). Salah satunya adalah RFID, UWB, GPS, Video Teknologi, Laser Scanners, dan lain-lain (Isaac, Navon 2008; Navon 2008).

4. Alat Perubahan Manajemen dan Pengendalian atau *Change Management and Control Tool*

Perubahan dibuat dalam proyek konstruksi pada saat tahap desain dan pelaksanaannya merupakan penyebab yang besar terjadinya keterlambatan dan biaya yang tidak terduga. Dampak dari perubahan tersebut sering menjadi jelas hanya setelah penerapannya pada proyek. Pada tahap ini, susah membuat suatu penyesuaian alternatif. Sebuah pengenalan yang tepat waktu oleh tim proyek, implikasi perubahan yang diusulkan dapat mengarah pada peninjauan perubahan, sehingga proyek masih akan memenuhi tujuan pemilik proyek. Menurut Neelamkavil et al (2008) teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi hal ini adalah menggunakan The Enterprise Resources Planning Software tools (ERP

Software tools). Contoh yang lain salah satunya adalah Building Information Modeling (BIM), SLAM's, dan lain sebagainya.

5. Kontrol dan Manajemen Material atau *Materials Management and Control* Material merupakan salah satu penyumbang kontribusi terbesar terhadap biaya proyek konstruksi. Para pekerja sering menganggur dan menunggu material yang tidak tersedia. Maka, efisiensi pengendalian material akan berkurang, yang berdampak pada kerugian material dan produktifitas kerja akan semakin berkurang pula. Agar hal ini tidak terjadi, maka diterapkanlah suatu teknologi otomatisasi konstruksi, diantaranya adalah penggunaan GPS, GIS, dan lain sebagainya. Dalam pengiriman material juga dibutuhkan suatu penghubung komunikasi, karena terdiri dari 2 parti atau lebih yang bersangkutan, yakni kontraktor dan sub-kontraktor penyuplai material yang telah dipesan. Donyavi dan Flanagan menjelaskan agar komunikasi antar parti yang berbeda ini diperlukan sebuah penghubung komunikasi berupa sebuah IT (*Information Technology*), yakni *Electronic Data Interchange* (EDI) dan *Electronic Funds Transfer* (EFT). Dimana EDI dan EFT merupakan sebuah penghubung komunikasi dalam hal pembelian pesanan, pembayaran tagihan, dan proses pengecekan piutang (Donyavi dan Flanagan).

6. Kontrol Keamanan atau *Safety Control*

Pada saat ini, banyak sekali terjadinya resiko kecelakaan yang dapat terjadi di proyek konstruksi, salah satunya adalah jatuh dari ketinggian tertentu. Nah, terkadang beberapa dari korban yang mengalami kecelakaan jatuh dari ketinggian, tidak dapat langsung terdeteksi seketika, sehingga tidak dapat langsung ditangani dan diselesaikan pada saat itu juga. Maka, agar hal semacam ini tidak terjadi, maka dipasanglah sebuah guardrail di sekeliling bangunan konstruksi yang dikombinasikan dengan Laser Scanners pada setiap guardrail. Sehingga sistem akan memberi *WARNING* saat guardrail hilang atau dipindahkan untuk sementara.

Ron Singh (2010) juga menyebutkan, bahwa otomatisasi konstruksi dibagi dalam 6 bagian, yakni :

1. Monitoring Lokasi atau *Site Monitoring*

Memonitor suatu lokasi proyek dapat mengurangi biaya yang tak terduga, meningkatkan produktifitas pekerja, mencegah terjadinya keterlambatan, dan

kualitas yang dihasilkan sebuah proyek sesuai dengan yang diinginkan oleh pemilik proyek. Dalam memonitor lokasi, bisa menggunakan teknologi RFID, GIS, GPS, Video Teknologi dan lain-lain.

2. Pengukuran Tanah atau *Surveying*

Sebelum pembangunan dimulai, harus dilakukan yang namanya pengukuran tanah. Pengukuran tanah disini berfungsi untuk mengetahui luasan dan batasan proyek akan dibangun, untuk mengetahui bentuk dan kontur permukaan tanah, dan pembuatan peta lokasi proyek yang akan dibangun. Teknologi yang dapat digunakan adalah optical surveying equipment, diantaranya adalah total station, trimble leap GNSS receiver, dan lain-lain.

3. Pengantaran material dan Sertifikasi atau *Material Delivery and Certification*

Dalam proyek konstruksi, material merupakan sebuah komponen yang berperan besar terhadap besarnya nilai proyek yang tertera. Oleh karena itu, dalam pengiriman material sebaiknya berada dalam pantauan selalu agar proyek tidak mengalami keterlambatan dan tidak mengurangi produktifitas para pekerja. Alat potensial yang dapat digunakan adalah GPS, GIS, GNSS, COMPASS, dan lain-lain. Sedangkan sertifikasi disini, ditujukan kepada operator yang memindahkan dan mengantar material ke lokasi proyek. Karena jika dilakukan oleh sembarangan orang, maka besar kemungkinan material yang akan dikirim dan dipindahkan mengalami cacat, sehingga tidak dapat diinstal pada proyek.

4. Inspeksi atau *Inspection*

Inspeksi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan di setiap proyek konstruksi, guna mengecek lahan lokasi proyek sebelum proses pembangunan dimulai, maupun mengecek instalasi material, mengecek kualitas yang diinginkan, dan meninjau pekerjaan yang dilakukan oleh para pekerja pada saat proses konstruksi telah dimulai. Alat potensial yang bisa digunakan adalah protimeter, video teknologi, laser scanner, imaging system shape measurement, dan lain sebagainya.

5. Mesin Otomatisasi atau *Machine Automation (System Robotics)*

Mesin otomatisasi disini merupakan sebuah prototype yang dikembangkan dalam bentuk sebuah robot mesin. Mesin otomatisasi berfungsi sebagai *earthmoving operation, piling, foundation*, dan segala bentuk yang berhubungan langsung

dengan proses konstruksi. Misalnya pada *earthmoving operation* bisa menggunakan excavator, tower crane, bulldozer, dan lain-lain.

6. Pemosisian atau *Positioning*

Pemosisian disini berfungsi untuk mengetahui semua posisi yang diinginkan, diantaranya adalah posisi pengiriman material, posisi para pekerja pada saat jam kerja, posisi titik pancang yang diharapkan, posisi peletakkan material, posisi lokasi proyek, dan lain-lain. Alat potensial yang dapat digunakan adalah GPS, GIS, GNSS, RFID, Video teknologi, dan lain sebagainya.

Sedangkan menurut Vähä et al (2013), otomatisasi konstruksi dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Teknologi sensor dan penerimaan data untuk operasi konstruksi atau *Sensors and Data Acquisition Technology for Construction Operation*

Otomatisasi penerimaan dan *monitoring* data dibutuhkan sepanjang proyek konstruksi untuk mendukung perencanaan, pengadaan, pengendalian, konstruksi, dan manajemen keseluruhan dari pekerjaan teknis hingga pengantaran hasil gedung. Dalam fase konstruksi, pengukuran dibutuhkan secara khusus untuk lokasi objek, manajemen asset, instalasi komponen selama pemasangan, untuk menangkap kondisi *existing* proyek konstruksi dan mengumpulkan informasi yang akurat, guna berlangsungnya proyek tanpa adanya keterlambatan hingga proses pemeliharaan. Pada dasarnya, penerimaan data dibagi menjadi empat bagian, yakni :

➤ *Positioning*

Pemosisian sangat dibutuhkan di kedua proses, yaitu baik pada proses fabrikasi komponen, maupun pada penyusunan komponen di lokasi. Dalam kedua kasus perencanaan pemosisian maupun perencanaan dimensi yang pasti untuk suatu komponen dapat ditinjau dari BIM (*Building Information Modeling*). Permintaan akurasi pengukuran dimensi dan pemosisian, secara khusus harus 1mm atau kurang. Sebagai tambahan, akurasi penerimaan kecepatan data sangatlah penting dan harus terselesaikan secara khusus kurang dari satu detik. Pada lokasi pemosisian dapat digunakan alat *Laser tachymeters* dan *trackers*, *Optical trackers*, *Laser indoor GPS*, dan *GNSS; GPS*.

➤ *Tracking*

Pengaplikasian untuk *tracking* atau pelacakan di sektor konstruksi ini bisa pada pelacakan komponen material dari fabrikasi ke lokasi pemasangan, bisa pelacakan alat, komponen, dan asset yang berada di proyek, yang terakhir bisa pelacakan para pekerja. Alat-alat yang berpotensi digunakan untuk pelacakan adalah *RF based system*, *Inertial based system*, dan *Camera based system*.

➤ *Progress Monitoring*

Tujuan dari memantau progress proyek adalah untuk melapisi gambar yang akan dibangun dengan yang direncanakan untuk menentukan dan memperbarui status progress dari proyek konstruksi di lokasi. Biasanya pengkodean warna atau *colour coding* digunakan secara khusus untuk memvisualisasikan jadwal. Alat-alat yang dapat digunakan adalah *RFID and CAD integration*, *Vision based monitoring*, *Digital photos*, dan *Quality control*.

2. Pengaplikasian otomatis untuk konstruksi bangunan atau *Applications for Building Construction Automation*

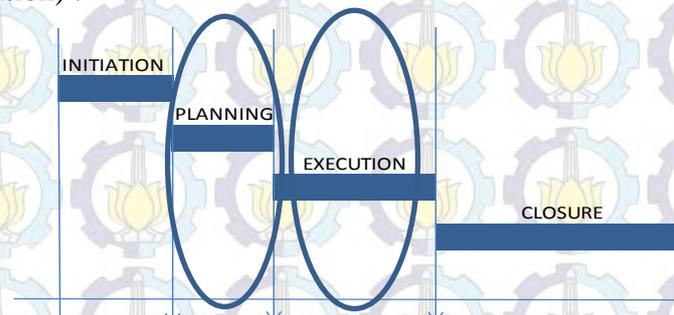
Konstruksi yang sebenarnya mempunyai perhatian utama pada lokasi proyek. Namun, bagian signifikan pada lokasi kerja juga bisa dihasilkan pada luar lokasi pembangunan, yakni pre-fabrikasi. Pada saat ini, pengaplikasian otomatis untuk konstruksi bangunan dapat menggunakan BIM. Kini, BIM telah umum digunakan pada tahap desain dan konstruksi untuk mendukung konstruksi manajemen, beton *precast* dan pendetailan baja, dan pengecoran setempat. BIM memfasilitasi variasi dari aktifitas desain-konstruksi seperti fabrikasi *digital* dari komponen bangunan dan *digital* alur kerja dari desain hingga fabrikasi untuk semua orang yang terkait pada suatu proyek konstruksi. Dalam prefabrikasi, BIM dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komponen, misalnya untuk memberikan informasi dimensi komponen, serta fabrikasi otomatis tulangan baja bersih dan cetakan yang dibutuhkan untuk bukaan jendela, pintu, dan pipa. Lalu dalam proses fabrikasi suatu komponen, sistem robotic sudah dapat digunakan, yakni menggunakan sistem robotik yang dikontrol melalui CAD-CAM (*Computer-Aided Design – Computer-Aided Manufacturing*). Yang mana CAD-CAM berfungsi untuk mengendalikan penyebar beton yang dapat menyebarkan jumlah beton yang pas dan akurat dengan mempertimbangkan instalasi, jendela, atau bukaan pintu sesuai dengan

rencana tata letak pada CAD. Selain itu, dalam konstruksi pembangunan, otomatisasi konstruksi juga diterapkan untuk pekerjaan *earthmoving*, *piling*, *foundation construction*, *frame erection*, dan *indoor works*. Yang mana semua pekerjaan tersebut bisa dilaksanakan dengan menggunakan sistem robotik.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan, bahwa otomatisasi konstruksi dapat diterapkan di semua tahap *project life-cycle*, dan juga otomatisasi konstruksi dapat dibagi menjadi dua bentuk, yakni *software* dan *hardware*.

2.2.2 Otomatisasi Konstruksi sesuai dengan Tahap *Project Life-Cycle*

Tahap *project life-cycle* merupakan serangkaian aktifitas yang digunakan untuk memenuhi tujuan proyek. Proyek mempunyai ukuran dan kompleksitas yang berbeda-beda, tetapi semua proyek dapat dipetakan dengan empat fase *project life-cycle*, yaitu fase inisiasi, fase perencanaan, fase pelaksanaan, dan fase penutupan, yang mana dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini (PMBOKfifthedition) :



Gambar 2.1 Tahapan *project life-cycle*

Sumber : PMBOKfifthedition

Dalam setiap tahap *project life-cycle* terdapat penerapan otomatisasi konstruksinya. dalam penelitian ini hanya dibatasi pada *planning phase* atau fase perencanaan dan *execution phase* atau fase eksekusi, yang mana akan dijelaskan pada subbab di bawah ini.

2.2.2.1 Fase Perencanaan

Jika tahap inisiasi sudah disetujui oleh pemilik proyek, maka tahap berikutnya yang harus dilaksanakan adalah tahap perencanaan. Berikut tahap-tahap yang dapat dilakukan dalam fase perencanaan (Reschkeæ & Schelle, 1990, maxwideman.com) :

- Merencanakan pengembangan desain bangunan, sketsa gambar bangunan baik *shop drawing* maupun *as-built drawing*. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan software CAD (*Computer-Aided Design*).
- Mempelajari lokasi proyek yang akan dibangun, terutama tanah yang akan menjadi dasar bangunan di atasnya. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan CAE (*Computer-Aided Engineering*).
- Merencanakan resiko yang akan terjadi pada proyek pada saat pelaksanaan dilakukan maupun setelah pelaksanaan dilakukan, lalu mencari alternatif-alternatif resiko yang dapat meminimalisir terjadinya bencana di proyek. Resiko terbesar dapat dicari dengan menggunakan software Artificial Intelligence (AI).
- Mengkonfirmasi estimasi biaya yang awalnya merupakan estimasi biaya kasar, dijadikan suatu estimasi biaya pasti yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembangunan proyek suatu bangunan. Dalam hal ini bisa digunakan PMCS Tools berupa Win Estimator. Yang kemudian disesuaikan dengan budget yang telah direncanakan pada awalnya.
- Membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penjadwalan proyek, mulai dari proyek berawal hingga proyek berakhir. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan software office tools berupa Mic. Project ataupun Mic. Excel.

2.2.2.2 Fase Eksekusi

Tahap perencanaan sudah selesai dilakukan, maka dimulailah tahap eksekusi, melaksanakan proses pembangunan. Tahap eksekusi dapat dilakukan melalui beberapa proses umum, yakni proses tender pemilihan pelaksana atau kontraktor, perencanaan organisasi proyek oleh kontraktor, pemilihan metode konstruksi, pengadaan bahan bangunan atau material dan alat konstruksi, melakukan *quality control*, melakukan *progress monitoring*. Berikut penjelasan prosesnya (Reschkeæ & Schelle, 1990, maxwideman.com) :

- Perencanaan organisasi proyek oleh kontraktor
Organisasi proyek dapat dibentuk setelah proses tender selesai, dan terpilihnya seorang pelaksana sebagai pemenang. Organisasi proyek dapat disusun dengan menggunakan Microsoft Excel, word, maupun Microsoft Visio.

➤ Pengadaan bahan bangunan atau material dan alat konstruksi yang harus dilakukan agar proses pelaksanaan proyek konstruksi berjalan dengan lancar adalah segera melakukan pengadaan bahan bangunan atau material sesuai dengan kebutuhan proyek. Begitu pula dengan alat konstruksi, segera melakukan pengadaan alat konstruksi sesuai dengan proyeknya. Pengadaan alat konstruksi disini juga mempunyai peran yang cukup krusial untuk melancarkan proses pelaksanaan konstruksi, karena alat konstruksi merupakan salah satu metode konstruksi yang digunakan oleh pelaksana untuk menyelesaikan proyek. Otomatisasi konstruksi yang bisa diterapkan agar material bangunan tiba tepat waktu adalah dengan melacaknya menggunakan GPS, GIS, GNSS (Vähä, et al. 2013). Lalu dalam purchasing order dan paying invoice bisa menggunakan EDI (*Electronic Data Interchange*) dan EFT (*Electronic Funds Transfer*), sehingga proses pemesanan dan pengiriman dapat selalu terpantau. Lalu otomatisasi konstruksi yang dapat diterapkan pada alat konstruksi adalah dengan menggunakan sistem robotik, misal dengan adanya penggunaan excavator, bulldozer, tower crane, PDE, dan lain sebagainya.

➤ Melakukan *quality control*

Quality Control disini berfungsi agar proyek yang dikerjakan masih sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan oleh pemilik proyek. Disini dikonsentrasikan untuk mengumpulkan data di lapangan atau di proyek, sehingga data ini bisa di update sebagai informasi dalam BIM. Pengumpulan data juga bisa dilakukan dengan otomatisasi konstruksi, yakni dengan cara menerapkan *Imaging systems, Shape measurement, and Scanners* (Vähä, et al. 2013).

➤ Melakukan *progress monitoring*

Tujuan dari memantau progress proyek adalah untuk melapisi gambar yang akan dibangun dengan yang direncanakan untuk menentukan dan memperbarui status progress dari proyek konstruksi di lokasi. Biasanya pengkodean warna atau *colour coding* digunakan secara khusus untuk memvisualisaikan jadwal. Alat-alat yang dapat digunakan adalah *RFID and CAD integration, Vision based monitoring, Digital photos*, dan *Quality control* (Vähä, et al. 2013).

2.2.3 Otomatisasi Konstruksi sesuai dengan Bentuknya

Dari semua *literature review* atau kajian pustaka yang sudah disebutkan sebelumnya, maka penulis dapat menarik kesimpulan, bahwa otomatisasi konstruksi sesuai bentuknya, dapat menjadi dua bentuk, yakni *Software* dan *Hardware*. Berikut penjelasannya.

2.2.3.1 Otomatisasi Konstruksi Berbentuk *Software*

Otomatisasi yang disebut *software* disini adalah sebuah otomatisasi yang tidak dapat dilihat secara fisik oleh manusia dan tidak berwujud sebuah benda, melainkan dapat dioperasikan. Menurut Vicky (2013), *software* merupakan sekumpulan data elektronik yang disimpan dan diatur oleh computer, data yang disimpan oleh computer itu dapat berupa program atau instruksi yang akan menjalankan suatu perintah. Dan melalui *software* inilah computer dapat melakukan suatu perintah. Berikut *software* yang dapat digunakan dalam otomatisasi konstruksi secara umum (hasil olahan penulis, 2015) :

➤ *CAD (Computer-Aided Design)*

CAD merupakan suatu *software* yang bersifat perancangan, baik dari sisi teknik maupun arsitek. Macam-macam *software* dari CAD adalah archiCAD, autoCAD, Revit Architecture, Google Sketch-Up, Ecotect, Adobe Illustrator CS3, dan lain-lain (Swandewi, 2014).

➤ *CAM (Computer-Aided Manufacturing)*

CAM merupakan suatu *software* komputer yang mengendalikan sebuah mesin. Macam-macam *software* CAM, diantaranya adalah NX CAM, CAM Express, NX Tooling and Fixture Design, Parasolid, D-Cubed Components, cimatronE, DELCAM, ProE (Cre), WorkNC, CATIA v5, dan lain sebagainya.

➤ *CAE (Computer-Aided Engineering)*

CAE merupakan *software* yang digunakan untuk mensimulasi hasil produk, guna meningkatkan desain produknya sendiri ataupun membantu menemukan masalah teknis yang dapat terjadi dalam hasil suatu produk. Contoh jenis-jenis CAE, diantaranya adalah *Geotechnical engineering*, Slope stability analysis, STABL, UTEXAS; *Finite Element Analysis*, Abaqus, ADINA, HFSS, LUSAS, RFEM, PZFLEX, FEMtools; *Structural Modeling*, SAP2000, ETABS, dan lain-lain.

➤ *AI (Artificial Intelligence)*

AI disini berfungsi untuk meprediksi kemungkinan terjadinya resiko yang akan terjadi pada suatu proyek konstruksi. Software yang biasanya digunakan adalah MATlab dengan *tools* fuzzy logic dan neural network.

➤ *ERP tools (The Enterprise Resource Planning tools)*

Enterprise resource planning (ERP) adalah perangkat lunak manajemen proses bisnis yang memungkinkan organisasi untuk menggunakan sistem aplikasi yang terintegrasi untuk mengelola bisnis dan mengotomatisasi banyak fungsi back office yang berhubungan dengan teknologi, layanan dan sumber daya manusia (Daneva dan Wieringa). Jenis-jenis *software* ERP adalah NETSUITE, ECi M1, SAP Bussines All-in-One, Sage ERP, dan lain sebagainya.

➤ *Project Management Control System (PMCS) Tools*

Menurut Fischer (2002), PMCS terdapat empat kategori dengan masing-masing *software* yang dapat digunakan, yaitu *cost estimating*, Ms. Excel, Ms Access, WinEstimator, Timberline precision; *scheduling*, Ms. Project, Primavera SureTrak, Welcom Open Plan 3.0, P3, P3e, Artemis Project View, I-Schedule; *cost management*, Welcom Cobra, MPM, Microfusion/WinSight Earned Value Pack, Artemis Cost View, I-Cost; *web based project collaborations*, Welcom Home, Artemis View Point, Proj-Net, e-Room, SiteSpace.

➤ *Billing and Payment System tools*

Sistem pembayaran juga tak kalah penting dalam sebuah proyek konstruksi, karena dapat meningkatkan produktifitas proyek. Menurut Donyavi and Flanagan (2009), *software* yang bisa digunakan untuk meningkatkan manajemen material adalah EDI (*Electronic Data Interchange*) dan EFT (*Electronic Funds Transfer*). Dengan diterapkannya *software* ini, maka dapat diperoleh beberapa keuntungan, yakni mengefisienkan tinjauan tagihan, analisis dan proses pembayaran, mengurangi / menghilangkan kesalahan entri data dan meningkatkan produktivitas, mengintegrasikan data konsumsi ke dalam suatu sistem manajemen energy, dan meningkatkan kecepatan dan keakuratan informasi yang dipertukarkan antara perusahaan.

2.2.3.2 Otomatisasi Konstruksi Berbentuk *Hardware*

Otomatisasi yang disebut *hardware* disini adalah suatu otomatisasi yang dapat dilihat secara fisik, dapat disentuh secara fisik oleh manusia, dan dapat berwujud benda. Menurut Vicky (2011), *hardware* merupakan salah satu komponen computer yang bisa diraba keberadaannya dan berbentuk nyata, yang berfungsi untuk mendukung proses komputerisasi. Berikut *hardware* yang dapat digunakan dalam otomatisasi konstruksi :

➤ *Automatic Data Collection (ADC) Technology*

ADC Technology merupakan sebuah teknologi yang dapat menangkap pergerakan material proyek, pemasangan *guardrail*, menangkap pergerakan pekerja, dan menangkap pergerakan Alat-alat proyek (Isaac dan Navon, 2012). Sehingga penulis dapat menyimpulkan bahwa *ADC Technology* terdiri dari beberapa pengawasan pergerakan yang menggunakan sensor. Berikut teknologi sensornya (Vähä, Heikkilä, Kilpeläinen, Järviluoma, dan Gambao, 2013) :

Positioning

Pemosisian sangat dibutuhkan di kedua proses, yaitu baik pada proses fabrikasi komponen, maupun pada penyusunan komponen di lokasi. Pada lokasi pemosisian dapat digunakan alat *Laser tachymeters* dan *trackers*, *Optical trackers*, *Laser indoor GPS*, dan *GNSS; GPS*.

Tracking

Pengaplikasian untuk *tracking* atau pelacakan di sektor konstruksi ini bisa pada pelacakan komponen material dari fabrikasi ke lokasi pemasangan, bisa pelacakan alat, komponen, dan asset yang berada di proyek, yang terakhir bisa pelacakan para pekerja. Alat-alat yang berpotensi digunakan untuk pelacakan adalah *RF based system*, *Inertial based system*, dan *Camera based system*.

Progress Monitoring

Tujuan dari memantau progress proyek adalah untuk melapisi gambar yang akan dibangun dengan yang direncanakan untuk menentukan dan memperbarui status progress dari proyek konstruksi di lokasi. Biasanya pengkodean warna atau *colour coding* digunakan secara khusus untuk memvisualisaikan jadwal. Alat-alat yang dapat digunakan adalah *RFID and CAD integration*, *Vision based monitoring*, *Digital photos*, dan *Quality control*.

➤ *System Robotics*

Adanya orientasi pasar dan kesadaran akan kompetitifnya industri konstruksi dibutuhkan pengembangan sebuah otomatisasi yang berbasis pada sistem robotik (Bock, 2008). Diantaranya sistem robotik yang dapat diterapkan adalah sebuah robot pengelas otomatis yang dapat berpindah-pindah sesuai dengan jalurnya, sebuah robot finishing permukaan beton, dan sebuah robot perataan dalam pembuatan precast yang berada pada tahap *prefabrication* (Bock, 2008). Lalu Vähä, Heikkilä, Kilpeläinen, Järviluoma, dan Gambao (2013) menjelaskan sistem robotik yang dapat diterapkan adalah pekerjaan *earthmoving* contohnya excavators, bulldozers, draglines, dimana pada saat ini untuk excavators sudah menggunakan *scanning laser rangefinder* dalam pelaksanaannya guna mengenali truk pengangkut dan mengukur kapasitas tanah yang dapat diangkat; pekerjaan *piling*, contohnya PDE (*Pile Driving Equipment*); *building installation*, tower crane; *wall assembly*, robot pemasangan dinding secara otomatis; *Robotised spray painting*, robot penyemprot cat pada pekerjaan finishing.

➤ *Construction Method*

Metode konstruksi yang diterapkan untuk setiap jenis proyek berbeda, karena menggunakan peralatan yang berbeda pula. Menurut sebuah *handout* yang dimiliki oleh Gaassel (2007), metode konstruksi yang penuh otomatisasi dalam pembangunan gedung tertera dalam Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 *Construction Methode Building Implementation in Japan*

Structure	Type of Plant		System	Company
SRC	Fixed Plant	Pushed-up	AMURAD	Kajima
RC	Lifted-up Plant	outer Mast	BIG CANOPY	Obayashi
			NEW SMART	Shimizu
S/SRC	Lifted-up Plant	Mast on Column	SHUTTRISE	Kajima
		Inner Mast	SMART	Shimizu
		Mast on Column	ROOF PUSH UP	Takenaka
			ABCS	Obayashi
			T-UP	Taisei
			MCCS	Maeda
			AKATSUKI-21	FUJITA
FACES	GOYO			

Sumber : Van Gassel, 2007

2.2.4 Hambatan Implementasi Otomatisasi Konstruksi

Penghambat menurut kamus besar bahasa Indonesia dapat diartikan sebagai suatu hal, orang, ataupun faktor yang dapat menghambat suatu keberhasilan ataupun kesuksesan suatu hal. Sehingga dapat diartikan penghambat pengimplementasian otomatisasi konstruksi merupakan suatu faktor yang menghambat agar otomatisasi konstruksi dapat diimplementasikan di suatu proyek. Untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik dalam mengimplementasikan teknologi otomatisasi konstruksi di dunia konstruksi, tidak hanya dilihat kerelaan untuk berinovasi, tetapi perlu dilihat hambatan-hambatan apa saja yang perlu diatasi agar otomatisasi konstruksi dapat diimplementasikan (Mahbub, 2008).

Hewitt dan Gambatese (2002) menjelaskan bahwa otomatisasi konstruksi berdasarkan sisi pandang kontraktor sudah lebih dari 70% kontraktor yang menggunakan teknologi otomatisasi konstruksi, dimana implementasinya dikaitkan secara dominasi kepada biaya, produksi, dan kualitas. Tiga hal tersebut merupakan salah satu faktor penghambat yang dapat menghambat pengimplementasian teknologi otomatisasi konstruksi di industri konstruksi. Dari segi biaya, dalam mengimplemetasikan otomatisasi konstruksi diperlukan biaya yang sangat besar dalam pengadaannya yang disesuaikan dengan jenis proyek konstruksi yang akan dibangun. Lalu karena adanya frekuensi perubahan dan peningkatan teknologi yang terjadi begitu cepat, sehingga banyak penggunaan yang tidak bisa mengikuti perubahan dan peningkatan tersebut.

Mahbub (2008) menyampaikan pula, untuk mendapatkan pemahaman mengenai penerapan teknologi di industri konstruksi tidak hanya penting untuk mengenali keinginan industri untuk berinovasi, tetapi juga adanya kesadaran dan apresiasi terhadap adanya penghambat penerapan teknologi untuk diatasi. Penghambat ini dapat dilihat dari 5 sudut pandang, diantaranya adalah sudut pandang biaya dan ekonomi, besarnya biaya investasi yang dikeluarkan untuk memiliki dan menggunakan teknologi semacam ini di lokasi proyek konstruksi, karena adanya beberapa mesin otomatisasi konstruksi yang masih sepenuhnya belum berkembang, dan mengikuti teknolgi yang lebih maju dapat meningkatkan biaya; sudut pandang struktur dan organisasi sebuah industri konstruksi, karena

adanya banyak tanggung jawab, dimana tanggung jawab setiap fase *project life-cycle* diterima oleh organisasi yang berbeda, sehingga susah untuk dapat menerapkan otomatisasi konstruksi secara efektif; produk konstruksi dan proses kerja, kompleksitas dan tidak adanya standarisasi produk konstruksi merupakan penghambat pengaplikasian otomatisasi konstruksi, dan adanya proses kerja yang tidak ditangani dengan baik, maka dapat menghambat pengadopsian otomatisasi konstruksi; teknologi, pengembangan robot konstruksi sangat susah secara teknologi karena adanya proses kerja konstruksi yang tidak selalu kondusif, misalnya robot harus kuat, fleksibel terhadap cuaca apapun dengan mobilitas dan fleksibilitas yang tinggi; faktor budaya dan manusia, karena otomatisasi konstruksi membutuhkan pekerja dengan kemampuan yang tinggi dan latar belakang akademik yang tinggi pula, maka faktor manusia bisa menghambat dalam penerapannya, sedangkan dari sisi budaya terdapat beberapa negara yang tetap ingin mempertahankan pekerjaanya (Mahbub, 2008).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hwang dan Low (2011), penghambat penerapan implementasi otomatisasi konstruksi di Singapura, yang paling besar adalah karena adanya rasa nyaman dengan pengoperasian yang ada saat ini, yang kedua adalah skala proyek yang dinilai masih terlalu kecil, yang ketiga adalah memakan banyak waktu, yang keempat adalah kurangnya manajemen, yang kelima adalah kurangnya spesialis profesional, yang keenam adalah biaya penerapan, dan yang terakhir adalah kurangnya sumber daya.

2.2.5 Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi

Kamus Besar Bahasa Indonesia menerangkan bahwa manfaat merupakan suatu guna atau suatu keuntungan yang bersifat baik dan menguntungkan. Oleh karena itu dalam hal ini manfaat implementasi teknologi otomatisasi konstruksi merupakan suatu keuntungan yang akan diperoleh suatu parti atau pihak jika mengimplementasikan teknologi otomatisasi konstruksi dalam sebuah proyek konstruksi. Hewitt dan Gambatese (2002) menerangkan bahwa ditemukan suatu manfaat yang telah didapat dari sebuah proyek konstruksi tebok penahan tanah dan konstruksi jalan tol dengan menggunakan *Extruder*. Dari hasil yang diperoleh,

extruder dapat membantu meningkatkan keakurasian yang tidak bisa dilakukan dengan konsisten oleh mata manusia.

Menurut Mahbub (2008) terdapat sebuah *opportunities* atau kesempatan memperoleh suatu keuntungan dalam menerapkan sebuah teknologi otomatisasi konstruksi dalam suatu proyek konstruksi, yakni dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi, dapat meningkatkan produktifitas proyek, dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah, peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi, dan peningkatan kualitas.

Selain itu dalam implementasi teknologi otomatisasi konstruksi juga dapat mengurangi biaya pekerja, dapat mengurangi biaya safety dan kesehatan (asuransi) yang masih harus dibayar kan kepada pekerja, menghemat waktu, meningkatkan kualitas kerja, dan meningkatkan produktifitas kerja (Morales, Herbzman, Najafi, 1999). Lalu Bock (2008) menambahkan bahwa dengan adanya implementasi teknnologi otomatisasi konstruksi dapat meningkatkan kualitas dan dapat meningkatkan efisiensi.

2.3 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu, yang terkait dengan penelitian penulis. Yang pertama adalah penelitian pernah dilakukan oleh Mahbub (2008), melakukan penelitian eksplorasi mengenai hambatan yang dapat terjadi dan manfaat dengan adanya penerapan otomatisasi konstruksi dan sistem robotik. Lalu metode penyebaran kuisioner juga dilakukannya, beserta wawancara kepada perusahaan kontraktor. Tetapi ruang lingkup penelitian yang penelitian ini terapkan berada di tiga Negara, yakni Jepang, Malaysia, dan Australia.

Selanjutnya, penelitian Hewitt dan Gambatese (2002), yang mana dilatar belakangi oleh adanya otomatisasi konstruksi yang sudah diterapkan oleh kontraktor selaku pelaksana proyek yang berguna untuk menghemat biaya proyek, mempercepat durasi proyek, meningkatkan kualitas dan konsistensi, dan menambah keuntungan proyek lainnya. Sedangkan tim desainer yang bertugas pada desain proyek, memiliki kecenderungan untuk menggunakan metode

konvensional. Dengan alasan karena adanya komunikasi diantara kontraktor selaku pelaksana proyek dan desainer selaku tim desain proyek dan metode yang akan digunakan sering dibatasi sebagai akibat adanya hubungan yang bersifat kontraktual dan persyaratan penawaran yang kompetitif. Untuk itu pertimbangan desainer dalam desain proyek untuk menggunakan otomatisasi konstruksi dibatasi. Padahal, sudah disebutkan sebelumnya bahwa dengan menerapkan otomatisasi konstruksi dapat meningkatkan produktifitas proyek. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk menginvestigasi kemampuan para desainer untuk mempertimbangkan adanya penggunaan otomatisasi konstruksi dalam mendesain proyek. Sehingga output dari penelitian ini adalah teridentifikasinya praktek desain yang dapat difasilitasi dengan adanya penerapan teknologi otomatisasi konstruksi (dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah), serta menampakkan hambatan-hambatan yang berperan besar dalam menghambat penerapan teknologi otomatisasi konstruksi dalam desain proyek.

Tabel 2.3 Contoh praktek desain yang dapat difasilitasi oleh otomatisasi konstruksi

Automation Category	Example Desain Practices
<i>Concrete Finishing</i>	Spesifikasi yang lebih ketat untuk grade, slope, dan kehalusan.
	Paving yang panjang terus menerus dengan kemiringan yang konstan.
	Menjaga utilitas lantai bersama, tidak menyebar.
	Penuangan dibatasi dengan lebar mesin; kelengkungan tidak tegak lurus.
<i>Concrete Reinforcement Fabrication and Placement</i>	Menghilangkan tonjolan pertengahan slab.
	Menggunakan ukuran nerulang seluruh bangunan untuk kolom, balok (yaitu merevisi penguatan beton dan kekuatan beton sebagai pengganti mengubah ukuran anggota).
	Gunakan kolom bulat vs kolom persegi.
	Standar kondusif untuk fasilitas pembuatan besi lokal.
<i>Earthmoving / Excavation</i>	Tingkat pengendalian variabilitas arsitektur.
	Salinan digital profil permukaan yang ada.
	Perencanaan tingkat kemiringan secara seragam dengan mendefinisikan garis putus secara baik.
	Kedalaman kondusif untuk menggunakan peralatan otomatis (pipa yang lebih kuat tidak akan terkubur dalam, sehingga pelaksanaan otomasi dapat menyeimbangkan atau menurunkan biaya melalui peningkatan produktifitas).
<i>Soil Compaction</i>	Ketepatan standar untuk mencari utilitas bawah tanah secara efektif.
	Memperbolehkan untuk menggunakan lebar peralatan yang sesuai.
	Gunakan material pengurukan yang kondusif bagi peralatan
	Sesuaikan lereng galian untuk berbagai kemiringan peralatan.
<i>Site and Structure Inspection</i>	Sesuaikan spesifikasi lift untuk memperbolehkan ijin bagi objek yang tegak lurus
	Level permukaan atau lantai dasar bebas dari hambatan
<i>Pipe Fab. And Inst.</i>	Jarak pandang antara peralatan dan operator.
<i>Structural Steel Fab. And Inst.</i>	Aksesibilitas untuk tukang las dengan menyisakan jarak 2 kaki antara connections dan joints.
<i>Material Tracking</i>	Penggunaan dari dasar proses objek desain agar dokumen desain dapat digunakan untuk detail dan membangun material.
	Spesifikasi untuk penggunaan label barcode
	Standarisasi industri teknologi.
	Desain dengan yang bisa lebih saling menggantikan urutan kerja.
	Spesifikasi yang diperuntukkan partisipasi yang diyaratkan.

Sumber : Hewitt and Gambatese, 2002

Lalu penelitian berikutnya adalah mengenai otomatisasi menyeluruh pada proyek konstruksi. Penelitian ini dilakukan oleh O'Brien (1996). Peneliti menyampaikan, penerapan otomatisasi konstruksi berpotensi untuk merubah keadaan proses pembangunan dan konstruksi secara total, tetapi hingga saat ini masih belum ada kepentingan komersial yang serius, hal ini diungkapkan oleh perusahaan konstruksi daerah barat dalam tipe otomatisasi konstruksi ini. Pimpinan industri beralih ini semua, karena mereka melihat sistem yang sedang dikembangkan masih belum layak secara komersial. Alasan bahwa teknologi dianggap tidak ekonomis oleh industri sangatlah rumit. Ada beberapa faktor yang bersandar pada sisi pengembang teknologi yang mempunyai sejumlah alasan struktural dan praktek yang mewabah di industri konstruksi utama yang mengubah masalah ekonomi ke banyak tingkat pencegahan yang sangat besar, jika tidak masuk akal secara sosial dan penanaman modal yang bijak. Praktek yang mewabah ini diantaranya banyaknya praktek optimisasi sub-sistem, sebuah keproyekan dan aktifitas sub-kontraktor tingkat tinggi, banyaknya kesulitan penempatan pusat batasan biaya dan laba, dan aktifitas yang berlainan berdasarkan metode estimasi. Karena alasan-alasan inilah, peneliti memiliki ide yang bertujuan untuk mengetahui seberapa efektifkah lahan sistem otomatisasi yang sesuai dengan kebutuhan industri. Yang mana tujuan ini menghasilkan suatu kesimpulan yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4 Pemetaan otomatisasi konstruksi yang dapat digunakan di industri proyek konstruksi

Pekerjaan Area Umum	Komputer terintegrasi yang lebih maju, teknik pengawasan waktu nyata	Teknologi kendaraan cerdas dan tanpa sopir	Pengendali dan manipulator robotik	Proses yang lebih maju dan teknologi sistem kontrol	Penangkapan data otomatis, pertukaran dan komunikasi data	CAD dan dibuat untuk pengukuran sebelum fabrikasi dimulai
Penerbitan lokasi kantor proyek	Yes					
Penghancuran dan pembersihan lokasi	Yes	Yes		Yes	Yes	
Pekerjaan tanah dalam jumlah besar di lokasi	Yes	Yes		Yes	Yes	
Pekerjaan pondasi	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
Pemasangan pipa dan pekerjaan pipa drainase	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Crane, hoist, dan pengaturan sistem lokasi utama lainnya				Yes	Yes	
Frame struktural utama	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
Arsitektur bangunan bagian luar bangunan	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
Pekerjaan pipa saluran air dan pekerjaan pipa pembuangan di interior	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
HVAC	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
Pengangkatan dan pelayanan mekanis	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes
Melengkapi interior	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Servis elektrikal				Yes	Yes	
Commission dan tes				Yes	Yes	
Pembersihan dan merapikan		Yes	Yes	Yes	Yes	
Landscaping		Yes	Yes	Yes	Yes	

Sumber : O'Brien 1996

2.4 Posisi Penelitian

Posisi penelitian disini merupakan penelitian awal di Indonesia yang mencari tau bagaimanakah perkembangan penerapan otomatisasi konstruksi di Indonesia dan hambatan apa sajakah yang menghambat belum diterapkannya otomatisasi konstruksi Indonesia beserta solusinya. Hal ini dilakukan penulis dengan cara mengkalsifikasikan otomatisasi konstruksi yang sudah dikumpulkan menjadi dua tipe otomatisasi konstruksi, yakni otomatisasi konstruksi dilihat sesuai dengan bentuknya dan otomatisasi konstruksi dilihat melalui *project life-cycle*. Dimana pengklasifikasian ini bertujuan untuk mempermudah para responden penulis, yakni kontraktor dan konsultan BUMN untuk memilih mana-mana sajakah otomatisasi konstruksi yang sudah ataupun belum diterapkan di Indonesia. Sehingga dapat diketahui hambatan belum diterapkannya otomatisasi konstruksi di Indonesia beserta manfaat yang sudah dirasakan jika sudah diterapkan, dan di proyek jenis apakah otomatisasi konstruksi sudah diterapkan. Posisi penelitian dapat dilihat selengkapnya dalam Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Perbandingan posisi penelitian dengan penelitian terdahulu

Penelitian	Identifikasi jenis otomasi konstruksi secara umum	Identifikasi jenis otomasi konstruksi lebih spesifik	Identifikasi hambatan penerapan otomasi konstruksi	Identifikasi manfaat penerapan otomasi konstruksi	Identifikasi pekerjaan proyek yang dapat difasilitasi otomasi konstruksi secara umum	Identifikasi pekerjaan proyek yang dapat difasilitasi otomasi konstruksi secara spesifik	Ruang lingkup penelitian
Sumber							
Mahbub (2008)	X	X	√	√	X	X	Jepang, Australia, dan Malaysia
Hewitt dan Gambatese (2002)	√	X	√	X	√	X	Tidak disebutkan
O'brien (1996)	√	X	X	X	√	X	Tidak disebutkan
Skibniewski (1992)	√	X	X	X	X	X	Amerika Serikat
Risnu (2015)	X	√	√	√	X	√	Surabaya, Indonesia

BAB 3

METODA PENELITIAN

3.1 Jenis dan Konsep Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Metoda deskriptif merupakan suatu metoda yang melakukan penuturan, analisis dan mengklasifikasikan data dan informasi yang diperoleh dengan berbagai teknik seperti survey, wawancara, observasi, angket, kuisioner, studi kasus, dan lain-lain. Sedangkan metode eksploratifnya adalah hasil yang akan didapat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran mengenai suatu topik yang diinginkan oleh peneliti, yang mana nantinya bisa dikembangkan dalam penelitian berikutnya.

Dalam konteks penelitian yang diinginkan penulis, maka penelitian eksploratifnya dapat dilihat dari pencarian seberapa jauh dan seberapa banyak jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah maupun belum diterapkan, dimana jenis-jenis otomatisasi konstruksi disini, ditentukan melalui studi literatur yang telah dilakukan penulis (pada BAB 2 Subbab 2.2), hambatan dalam penerapan otomatisasi konstruksi di Indonesia beserta solusinya, dan di proyek mana jenis otomatisasi konstruksi tersebut diterapkan. Lalu hal ini dituangkan dalam metode diskriptif melalui sebuah kuisioner dan wawancara, sehingga hambatan belum diterapkannya otomatisasi konstruksi di Indonesia beserta solusinya dan di proyek mana jenis otomatisasi konstruksi tersebut diterapkan dapat diketahui.

3.2 Identifikasi Variabel Penelitian

Identifikasi variabel penelitian dibagi menjadi tiga, yakni identifikasi variabel penelitian jenis otomatisasi konstruksi, identifikasi penghambat diterapkannya otomatisasi konstruksi, dan identifikasi solusi dari penghambat agar bisa diterapkan. Yang mana ketiga identifikasi variabel penelitian ini didapat dari studi literatur yang tertera pada BAB 2 Subbab 2.2. Dan ketiga identifikasi variabel penelitian tersebut merupakan suatu masukan dalam penyusunan kuisioner.

3.2.1 Identifikasi Jenis Otomatisasi Konstruksi

Untuk mengidentifikasi jenis otomatisasi konstruksi, metode analisis data yang digunakan adalah berbentuk deskriptif berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan oleh penulis pada BAB 2 Subbab 2.2. Yang dapat diidentifikasi adalah dari bentuknya dan dari sisi *project life-cycle*. Dari bentuknya, jenis-jenis otomatisasi konstruksi oleh penulis dikelompokkan menjadi dua, yakni *software* dan *hardware*. Berikut hasil identifikasi jenis otomatisasi konstruksi dari sisi *project life-cycle* dan dikelompokkan sesuai dengan bentuknya, dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini. Yang mana hasil identifikasi ini merupakan inputan data pada rancangan kuisisioner penelitian. Sedangkan Dari sisi *project life-cycle* bisa dilihat bahwa jenis-jenis otomatisasi konstruksi mana saja yang dapat digunakan di setiap tahap *project life-cycle* yakni tahap perencanaan dan tahap eksekusi (PMBOK Guide Fifth Edition).

Tabel 3.1 Identifikasi jenis otomatisasi konstruksi menurut bentuknya dan *project life-cycle*

Otomasi Konstruksi	JENIS	Contoh	Project Life-cycle		
			Fase Perencanaan	Fase Eksekusi	
S o f t w a r e	CAD	Desain	autoCAD, archiCAD, Google Sketch Up		
	CAM	Program pengendali yang terintegrasi dengan mesin kerja	NX CAM, CAM Express, DELCAM		
	CAE	Simulator produk			
		Geotechnical engineering	STABL, UTEXAS		
		Finite element analysis	Abaqus, ADINA, LUSAS		
		Computational fluid dynamic	LITPACK, SHETRAN, FEHM		
	AI	Structural modeling	SAP2000, ETABS		
		Prediktor resiko	Fuzzy Logic, Neural Network		
	ERP tools	Integrasi manajemen back office	NETSUITE, SAP Business All in-one		
	PMCS tools	Sarana sistem kontrol manajemen proyek			
		Cost estimating	Ms. Excel, Ms. Access, WinEstimator		
		Scheduling	Ms. Project, Primavera SureTrak, P3, Artemis View Point		
		Cost management	Welcom Cobra, MPM, Artemis Cost View		
	Billing and payment system tools	web based project collaborative	Welcom Home, Artemis View Point, SiteSpace		
	ADC Technology	System pembayaran	EFT, EDI		
Penangkapan data secara otomatis					
Positioning		Optical tracker, laser tachymeter, laser indoor GPS			
Tracking		RF Based System, Inertial Based System, Camera based system			
H a r d w a r e	Progress Monitoring	RFID, CAD Integration, Digital Photos			
	Pekerjaan dengan menggunakan robot				
	Sistem robotik	Earthmoving	Excavators, bulldozer, dragline		
		PDE	Hydraulic hammer, Vibratory hammer		
		Prefabrication	robot placing magneto CAD-CAM		
		Building instalation	Tower crane		
		Pengelasan	Robot las otomatis		
		Finishing Beton	Robot perataan beton cor		
		Pemasngan Dinding	Robot otomatis		
		Pekerjaan cat	Robot semprot cat otomatis		
Metode konstruksi	Metode Konstruksi pada bangunan gedung	AMURAD, BIG CANOPY, SMART, ABCS			

3.2.2 Identifikasi Variabel Penghambat Implementasi Otomatisasi Konstruksi

Faktor –faktor yang menghambat implementasi otomatisasi konstruksi adalah, biaya dan ekonomi, teknologi, faktor budaya dan manusia, struktur dan organisasi industry konstruksi, dan produk konstruksi dan proses kerja (Mahbub, 2008). Dimana faktor ini merupakan inputan data dalam kuisisioner penelitian. Sedangkan menurut Hwang dan Low (2011), penghambat belum diterapkannya otomatisasi konstruksi adalah, rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini, kurangnya spesialis profesional, kurangnya sumber daya, kurangnya manajemen, biaya penerapan, memakan waktu, dan skala royek yang masih terlalu kecil. Berikut rangkuman identifikasi variabel penghambat disajikan dalam Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Identifikasi variabel penghambat diterapkannya otomatisasi konstruksi

No.	Variabel Penghambat	Sumber
1	Biaya dan Ekonomi	Mahbub (2008)
a.	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.	
b.	Besarnya biaya yang dikeluarkan untuk pengembangan dan penelitian.	
c.	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomasi konstruksi.	
2	Teknologi	
a.	Susahnya mengembangkan teknologi otomasi konstruksi yang sesuai, karena adanya lokasi kerja yang tidak selalu kondusif.	
b.	Kurangnya fleksibilitas teknologi otomasi konstruksi terhadap cuaca apapun.	
c.	Mobilitas teknologi otomasi konstruksi yang kurang memadai.	
3	Faktor Budaya dan Manusia	
a.	Adanya di beberapa negara yang menganggap bahwa teknologi merupakan pengganti para buruh, sehingga dianggap tidak memberikan peluang kerja bagi kaum buruh.	
b.	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.	
c.	Dibutuhkannya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi.	
4	Struktur dan Organisasi Industri Konstruksi	
a.	Banyaknya <i>participant</i> atau organisasi yang tergabung, dengan tanggung jawab yang berbeda-beda, sehingga teknologi otomasi konstruksi susah untuk diterapkan secara efektif.	
5	Produk Konstruksi dan Proses Kerja	
a.	Adanya komplksitas proses kerja di proyek dan tidak adanya standarisasi kualitas produk.	

No.	Variabel Penghambat	Sumber
6	Zona Nyaman	<i>Hwang and Low (2011)</i>
a.	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.	
7	Kurangnya Spesialis Profesional	
a.	Tidak banyaknya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi	
8	Sumber Daya	
a.	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomasi konstruksi yang digunakan.	
9	Waktu	
a.	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomasi konstruksi yang akan diterapkan.	
10	Dukungan	
a.	Kurangnya dukungan dari pemerintah untuk pengadaan otomasi konstruksi.	
11	Minat	
a.	Kurangnya minat pelaksana proyek / kontraktor untuk menerapkan otomasi konstruksi.	
12	Skala Proyek	
a.	Banyaknya proyek yang masih berskala kecil.	

3.2.3 Identifikasi Variabel Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi

Identifikasi variabel benefit implementasi otomatisasi konstruksi didasarkan pada studi literatur yang telah dilakukan penulis pada Bab 2 subbab 2.2.5. Hal ini juga merupakan suatu variabel yang termasuk dalam kuisisioner penelitian. Berikut Rangkuman variabel benefit implementasi otomatisasi konstruksi dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini :

Tabel. 3.3 Variabel Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi

No.	Variable Benefit	Sumber
1	Produktifitas	
a.	Dapat meningkatkan produktifitas proyek	Mahbub (2008) dan Morales, Herbizman, Najafi (1999)
b.	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi	
2	Biaya dan Ekonomi	
a.	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi	Mahbub (2008)
b.	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah	
c.	Dapat mengurangi biaya asuransi pekerja	Morales, Herbizman, Najafi (1999)
3	Kualitas	
a.	Peningkatan kualitas	Bock (2008), Mahbub (2008), dan Morales, Herbizman, Najafi (1999)
b.	Peningkatan Efisiensi	
4	Waktu	
a.	Menghemat Waktu, kemungkinan terjadinya keterlambatan proyek dapat diminimalisir	Morales, Herbizman, Najafi (1999)

3.3 Penyusunan Kuisisioner Penelitian

Kuisisioner dibutuhkan disini guna mengidentifikasi jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah maupun yang belum diterapkan di Indonesia, serta mengidentifikasi hambatan-hambatannya jika belum diterapkan di Indonesia, dan solusi dari hambatan tersebut sehingga dapat diterapkan di Indonesia. Penyusunan kuisisioner penelitian dibagi menjadi 3 tahap, yakni kuisisioner penelitian sudah atau belumnya diterapkannya otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya, kuisisioner penghambat diterapkannya otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya, dan kuisisioner variabel solusi agar otomatisasi konstruksi dapat diterapkan di wilayah Surabaya. Dimana dalam menyusun kuisisioner penelitian sudah atau belumnya diterapkannya otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya, dibutuhkan suatu pengukuran variabel penelitian guna memudahkan dalam menganalisa data. Pengukuran variabel digunakan metode skala likert numerik. Skala likert numerik

yang digunakan dalam kuisisioner penelitian ini adalah range angka antara 1 – 5 dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Belum diterapkan sama sekali.
2. Sudah sedikit diterapkan.
3. Sudah sebagian diterapkan.
4. Sudah banyak diterapkan.
5. Sudah diterapkan secara penuh.

Dalam menyusun kuisisioner penelitian dibutuhkan populasi yang ditinjau, sampel yang dibutuhkan, dan teknik sampling yang digunakan. Kuisisioner untuk kontraktor mauoun konsultan perencana dapat dilihat pada LAMPIRAN 1 - Kuisisioner penelitian kontraktor dan konsultan perencana.

3.3.1 Populasi Penelitian

Untuk kesuksesan hasil yang diharapkan oleh penulis, penulis menentukan populasi penelitian sebuah kontraktor atau selaku pelaksana dan konsultan atau selaku perencana dari setiap proyek konstruksi *High-Rise Building* yang sedang berlangsung di wilayah Surabaya. Keputusan ini diambil oleh penulis atas dasar bahwa sebuah kontraktor memiliki sebuah metode dalam menjalankan suatu proyek, sehingga lebih memahami *construction automation* apa saja yang sudah dan belum diterapkan dalam proyek konstruksi yang sedang ditanganinya, begitu pula dengan konsultan, yang mana dapat lebih memahami penggunaan otomatisasi konstruksi software apa sajakah dalam merencanakan sebuah proyek *High-Rise Building*. Maka bisa diartikan bahwa populasi dalam penelitian yang ditentukan oleh penulis bersifat homogen.

3.3.2 Sampel dan Respoden Penelitian

Sampel yang digunakan untuk penelitian ini adalah beberapa kontraktor dan konsultan yang sedang menangani proyek konstruksi gedung bertingkat di wilayah Surabaya. Dengan teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling* dan *snowball sampling*. *Purposive sampling* ini sangat cocok digunakan dalam penelitian ini, karena penulis menentukan dan memilih subjek berdasarkan kriteria spesifik yang diinginkan oleh penulis. Sedangkan *snowball sampling* juga

dipilih oleh penulis, karena penulis juga mendapatkan informasi, baik rekomendasi responden lain dari responden yang sudah ditemui maupun informasi implementasi otomatisasi konstruksi pada proyek *High-Rise Building* sebelumnya yang pernah ditangani oleh responden penelitian. Responden yang akan ditinjau oleh penulis adalah untuk kontraktor, *Project Manager/Site Engineering Manager/Staff Engineering* sedangkan untuk konsultan, *Project Manager/Engineering Manager/Staff Engineering* yang sedang menangani proyek *High-Rise Building* di wilayah Surabaya. Responden dipilih, karena ketiganya baik untuk kontraktor maupun konsultan, cukup memahami akan implementasi otomatisasi konstruksi di proyek *High-Rise Building* yang sedang ditangani ataupun yang pernah ditangani di wilayah Surabaya.

3.4 Metode Analisis Data

Analisa data yang digunakan untuk mengolah hasil kuisioner dan wawancara ada dua, yakni analisa data deskriptif dan analisa data *fishbone diagram*. Sebelum data primer yang didapat dari hasil kuisioner atau wawancara diolah, dilakukan sebuah uji terlebih dulu, yakni uji validitas dan uji reliabilitas.

3.4.1 Analisis Data Deskriptif

Analisa data deskriptif berfungsi untuk menjabarkan jenis-jenis otomatisasi konstruksi apa sajakah yang sudah ataupun belum banyak diterapkan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya dari hasil kuisioner yang telah disebarakan oleh penulis. Disini penulis menggunakan *mean* dan standar deviasi dari hasil kuisioner yang telah didapat dari responden penelitian. Lalu dari hasil mean yang telah didapatkan, dituangkan dalam sebuah diagram, yakni *bar chart* atau diagram batang. Dari diagram tersebut dapat dilihat dengan jelas, otomatisasi konstruksi mana sajakah yang sudah banyak dan yang belum banyak diterapkan di Indonesia.

3.4.2 Analisis Data Fishbone Diagram

Analisis data yang dilakukan penulis adalah dengan menyusun hambatan-hambatan belum diterapkannya otomatisasi konstruksi di Indonesia,

secara sistematis. Sehingga dapat dilihat dengan jelas hubungan antara belum diterapkannya otomatisasi konstruksi di Indonesia dengan penyebab belum diterapkannya otomatisasi konstruksi di Indonesia. Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan oleh penulis dengan menggunakan *Fishbone Diagram* atau *Ishikawa Diagram*. Dimana langkah pembuatan *fishbone diagram* dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini :

Langkah pertama

- Sepekat sebuah pernyataan masalah yang diinterpretasikan sebagai *effect* pada *fishbone diagram*, dan diletakkan pada ujung diagram.



Langkah kedua

- Mengidentifikasi kategori-kategori tempat penyebab berasal. Lalu diletakkan pada badan diagram yang akan membentuk cabang pada badan diagram.



Langkah ketiga

- Menemukan penyebab-penyebab yang berpotensi menyebabkan munculnya masalah melalui proses penyebaran kuisioner atau wawancara. Lalu diletakkan di masing-masing cabang yang sesuai dengan kategori



Langkah keempat

- Mengkaji dan menyepakati penyebab yang paling berperan besar terhadap masalah yang timbul



Langkah kelima

- Penggambaran *fishbone diagram* dapat dilakukan dengan tepat dan benar, sesuai dengan peletakkannya.

Gambar 3.1 Alur pembentukan *fishbone diagram*

Sumber : hasil olahan penulis, 2015. Diadopsi dari Kusnadi, 2011

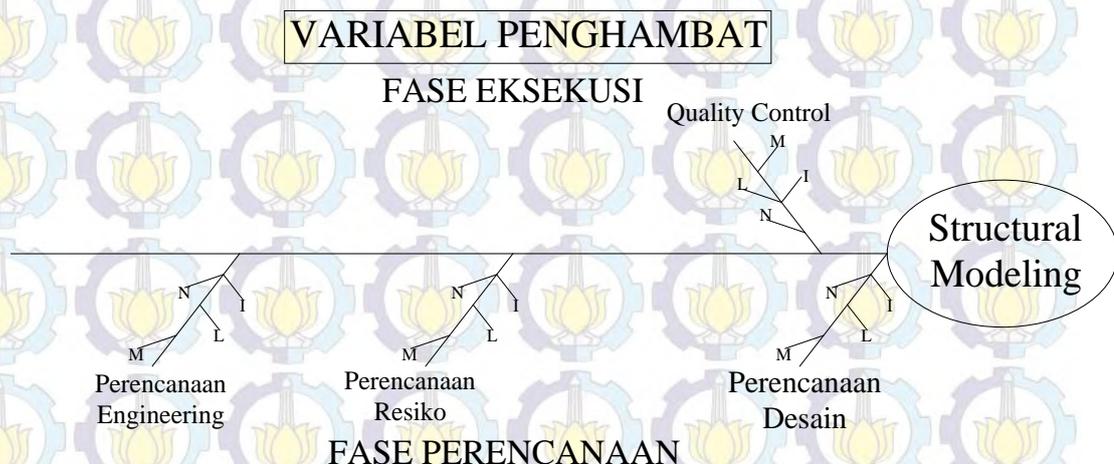
3.5 Kesimpulan

Didapatlah sebuah model atau output yang diharapkan dalam tabel 3.4 yang dapat dilihat dibawah ini. Yang mana tabel model hasil yang diharapkan oleh penulis merupakan inputan data kuisioner yang akan disebar oleh penulis kepada responden penelitian yaitu *Project Manager* yang memimpin masing-masing proyek yang berada di wilayah Surabaya.

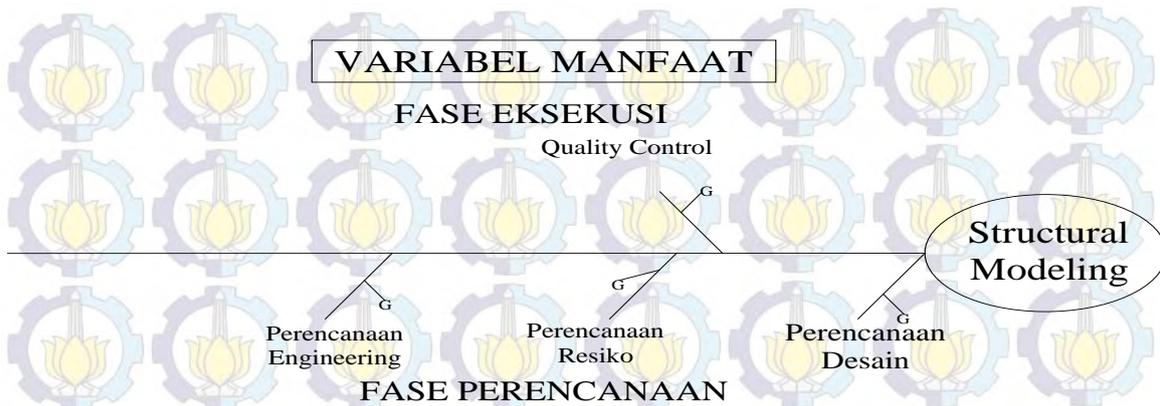
Tabel 3.4 Model ringkas hasil penelitian yang diharapkan (berupa kuisisioner)

Otomasi Konstruksi	JENIS	Contoh	Penerapan di Indonesia					Project Life-cycle		H a t m a b n	M a n f t i	J e n i s	P r e s o k y	
			1	2	3	4	5	Fase Perencanaan	Fase Eksekusi					
S o f t w a r e	CAD	Desain	autoCAD, archiCAD, Google Sketch Up											
	CAM	Program pengendali yang terintegrasi dengan mesin kerja	NX CAM, CAM Express, DELCAM											
	CAE	Simulator produk												
		Geotechnical engineering		STABL, UTEXAS										
		Finite element analysis		Abaqus, ADINA, LUSAS										
		Computational fluid dynamic		LITPACK, SHETRAN, FEHM										
		Structural modeling		SAP2000, ETABS										
	AI	Prediktor resiko	Fuzzy Logic, Neural Network											
	ERP tools	Integrasi manajemen back office	NETSUITE, SAP Business All in one											
	PMCS tools	Sarana sistem kontrol manajemen proyek												
		Cost estimating		Ms. Excel, Ms. Access, WinEstimator										
		Scheduling		Ms. Project, Primavera SureTrak, P3, Artemis View										
		Cost management		Welcom Cobra, MPM, Artemis Cost View										
		web based project collaborative		Welcom Home, Artemis View Point, SiteSpace										
Billing and payment system tools	Sistem pembayaran	EFT, EDI												
ADC Technology	Penangkapan data secara otomatis													
	Positioning		Optical tracker, laser tachymeter, laser indoor GPS											
	Tracking		RF Based System, Inertial Based System, Camera based system											
	Progress Monitoring		RFID, CAD Integration, Digital Photos											
H a r d w a r e	Pekerjaan dengan menggunakan robot													
	Earthmoving		Excavators, bulldozer, dragline											
	PDE		Hydraulic hammer, Vibratory hammer											
	Prefabrication		robot placing magneto CAD-CAM											
	Building instalation		Tower crane											
	Pengelasan		Robot las otomatis											
	Finishing Beton		Robot perataan beton cor											
	Pemasngan Dinding		Robot otomatis											
Metode konstruksi	Pekerjaan cat		Robot semprot cat otomatis											
	Metode Konstruksi pada bangunan gedung		AMURAD, BIG CANOPY, SMART, ABCS											

Sehingga ketika kuisioner telah dikembalikan, dapat diketahui faktor penghambat dan manfaat penerapan otomatisasi konstruksi, dan dapat diketahui jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah/belum diimplementasikan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya. Hasil akhir kuisioner variabel penghambat dan manfaat dapat dituangkan dalam *fishbone diagram*. Yang mana hasil simulasi akhir dari olahan data kuisioner dibagi menjadi 24 bagian berdasarkan variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksinya per kuisioner, yakni terdiri dari 12 variabel *software* dan 12 variabel *hardware*. Barulah kedua puluh empat variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi ini dibentuk dalam *fishbone diagram*, lalu ditabulasikan dalam sebuah tabel agar dapat diketahui variabel yang paling dominan dari variabel penghambat dan variabel manfaat. Untuk memudahkan pengerjaan analisis, dilakukan pembagian analisis *fishbone diagram* dan tabulasinya sesuai dengan hasil pemilihan skala likert yang telah dilakukan oleh responden. Berikut salah satu contoh simulasi analisis *fishbone diagram* dengan variabel *software Structural Modeling* yang berisikan dengan variabel penghambat pada tulang ikan tersier-nya dapat dilihat pada Gambar 3.2, sedangkan contoh simulasi analisis *fishbone diagram* dengan variabel *software Structural Modeling* yang berisikan dengan variabel manfaat pada tulang ikan tersier-nya dapat dilihat pada Gambar 3.3 beserta tabulasi variabel penghambat dan manfaat pada Tabel 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.2 *Fishbone diagram* variabel *hardware Tracking* dengan variabel penghambat



Gambar 3.3 *Fishbone diagram* variabel *hardware Tracking* dengan variabel manfaat

Tabel 3.5 Tabulasi variabel penghambat dan variabel manfaat pada otomatisasi konstruksi *software Structural Modeling*

Variabel Penghambat	Jumlah	Variabel Manfaat	Jumlah
A		A	
B		B	
C		C	
D		D	
E		E	
F		F	
G		G	1
H			
I	1		
J			
K			
L	1		
M	1		
N	1		
O			
P			
Q			
R			

Keterangan gambar : Kepala ikan merupakan variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi. Tulang ikan sekunder merupakan *project life-cycle phase*. Kode huruf yang berada pada tulang ikan terkecil atau tulang ikan tersier merupakan variabel hambatan dan manfaat yang telah dipilih oleh responden yang bersangkutan pada tabel kuisioner yang telah diberikan. Dimana deskripsi kode huruf untuk variabel penghambat dapat dilihat pada Tabel 3.6, sedangkan untuk deskripsi kode huruf variabel manfaat tertera dalam Tabel 3.7 di bawah ini.

Dimana salah satu detail analisis *fishbone diagram*, dapat dilihat pada LAMPIRAN 4 Contoh analisis *fishbone diagram* kontraktor dan konsultan perencanaan.

Tabel 3.6 Deskripsi kode huruf variabel penghambat

Kode	Variabel Penghambat
A	Tidak ada hambatan sama sekali.
B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.
C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi.
D	Susahnya mengembangkan teknologi otomatisasi konstruksi yang sesuai, karena adanya lokasi kerja yang tidak selalu kondusif.
E	Kurangnya fleksibilitas teknologi otomatisasi konstruksi terhadap cuaca apapun.
F	Mobilitas teknologi otomatisasi konstruksi yang kurang memadai.
G	Adanya di beberapa negara yang menganggap bahwa teknologi merupakan pengganti para buruh, sehingga dianggap tidak memberikan peluang kerja bagi kaum buruh.
H	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.
I	Dibutuhkannya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi.
J	Banyaknya <i>participant</i> atau organisasi yang tergabung, dengan tanggung jawab yang berbeda-beda, sehingga teknologi otomatisasi konstruksi susah untuk diterapkan secara efektif.
K	Adanya kompleksitas proses kerja di proyek dan tidak adanya standarisasi kualitas produk.
L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.
M	Tidak banyaknya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi
N	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomatisasi konstruksi yang digunakan.
O	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi yang akan diterapkan.
P	Kurangnya dukungan dari pemerintah untuk pengadaan otomatisasi konstruksi.
Q	Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi.
R	Banyaknya proyek yang masih berskala kecil.

Tabel 3.7 Deskripsi kode huruf variabel manfaat

Kode	Variabel Manfaat
A	Tidak bermanfaat sama sekali
B	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi
C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek
D	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah
E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi
F	Peningkatan kualitas
G	Peningkatan Efisiensi

Dengan adanya gambaran simulasi hasil penelitian yang diharapkan ini, dapat diketahui variabel penghambat dan variabel manfaat yang paling dominan, dengan cara menyusun jumlah variabel penghambat dan manfaat di setiap kuisioner dari hasil analisis *fishbone diagram* yang telah disusun. Lalu dibentuklah sebuah peringkat untuk masing-masing variabel dalam sebuah tabel.

Sedangkan untuk jenis-jenis otomatisasi konstruksinya dapat diidentifikasi melalui statistik deskriptif berupa sebuah tabulasi peringkat yang disusun dari perhitungan hasil *mean* untuk masing-masing jenis otomatisasi konstruksi sesuai dengan jumlah kuisioner yang telah didapat kembali dari responden yang bersangkutan. Sehingga dapat diketahui dengan jelas sudah atau belumnya jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang diterapkan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya.

3.6 Alur Penelitian

Alur penelitian ini disusun berdasarkan kegiatan-kegiatan analisis yang akan dilakukan. Berikut alur penelitiannya yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini :

Latar Belakang

- Semakin berkembangnya penerapan otomatisasi konstruksi di proyek konstruksi yang berada di berbagai belahan negara di dunia.
- Belum diketahuinya jenis-jenis penerapan otomatisasi konstruksi di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya

Rumusan Masalah

1. Jenis-jenis otomatisasi konstruksi apakah yang sudah ataupun yang belum diimplementasikan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya?
2. Apa sajakah yang menghambat penerapan otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya?
3. Manfaat atau benefit apakah yang dapat dirasakan dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi?

Tujuan

- Mengidentifikasi jenis-jenis otomatisasi konstruksi di wilayah Surabaya, baik yang sudah maupun yang belum, dengan mengklasifikasikan jenis-jenis otomatisasi konstruksi berdasarkan studi literatur.
- Mengidentifikasi hambatan-hambatan apa saja untuk jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang belum diterapkan di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya.
- Mengidentifikasi manfaat atau benefit yang dirasakan dengan mengimplementasikan otomatisasi konstruksi.

A

A

Studi Literatur

1. Studi literatur digunakan untuk menentukan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang akan ditinjau.
2. Lalu jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut dikelompokkan oleh penulis menjadi dua kategori, yakni otomatisasi konstruksi sesuai dengan *project life-cycle* dan otomatisasi konstruksi sesuai dengan bentuknya.
3. Identifikasi hambatan dan manfaat implementasi otomatisasi konstruksi.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdapat dua jenis, yakni data sekunder dan data primer.

- Data Sekunder
Data sekunder ini didapat dari hasil studi literatur, yang outputnya berupa olahan penulis dari berbagai sumber pustaka.
- Data Primer
Data primer ini didapat dari hasil pengumpulan kuisioner yang telah disebar kepada responden penelitian atau hasil wawancara

Penyebaran Kuisioner Penelitian

- Populasi Penelitian
Project Manager konstruksi di wilayah Surabaya.
- Sampel Penelitian
Yang akan ditinjau adalah beberapa *Project Manager* konstruksi di wilayah Surabaya.
- Teknik Sampling
Teknik yang digunakan adalah *purposive sampling* dan *snowball sampling*.

B

B

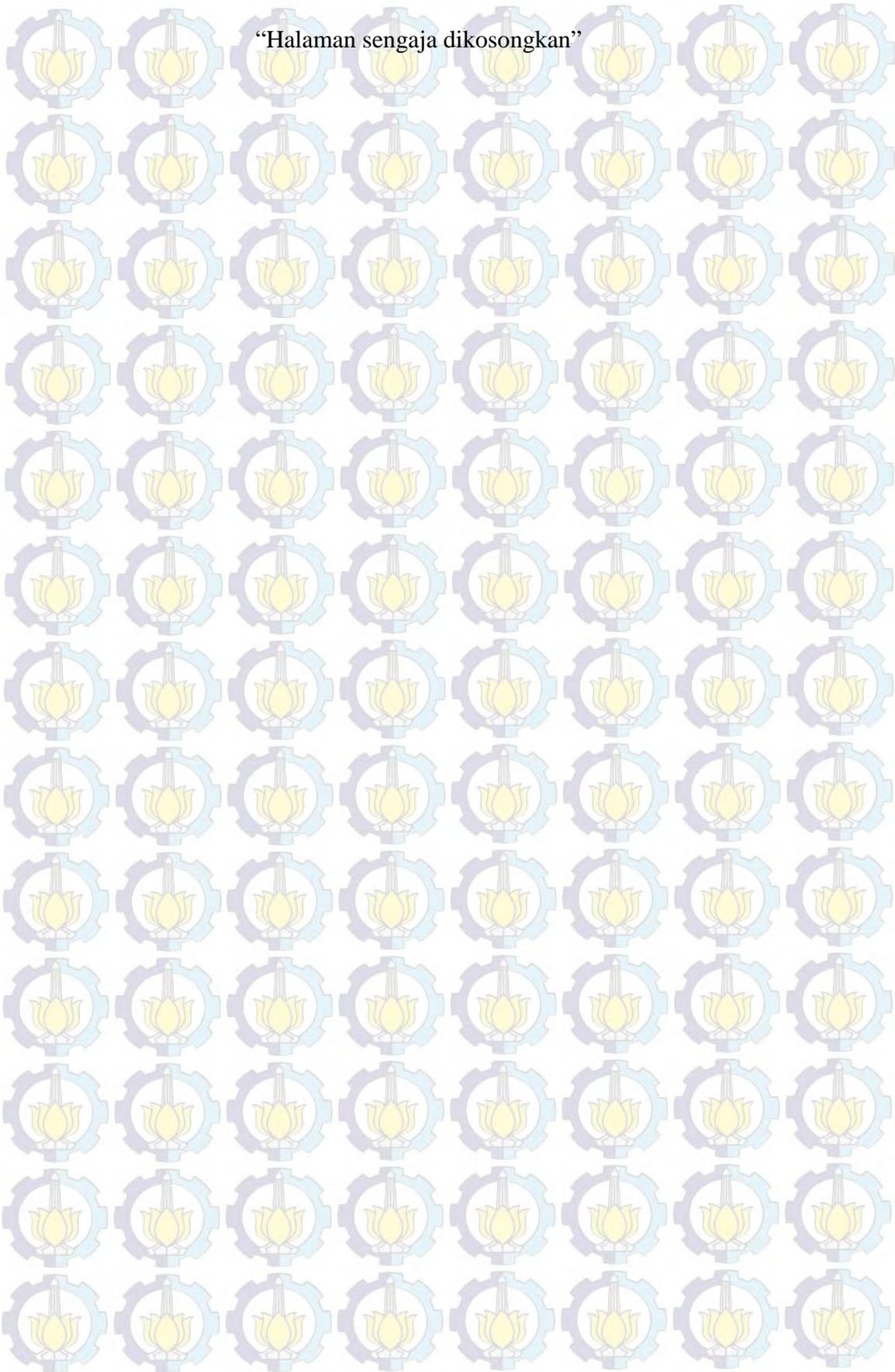
**Pengelolaan Hasil Kuisisioner yang kembali dengan
Melakukan Analisa Data**

- Analisa Data Deskriptif
Mendeskripsikan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan ataupun belum di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya. Dengan menggunakan mean dan standar deviasi, hasil dituangkan dalam sebuah *bar chart*.
- Analisa Data Fishbone Diagram
Dari hasil kuisisioner yang telah dilakukan, meyusun faktor penghambat dan manfaat dalam *fishbone diagram*, sehingga dapat diketahui penghambat belum diterapkannya otomatisasi konstruksi dan manfaat yang dapat diterima dengsn menerapkan

KESIMPULAN

Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

“Halaman sengaja dikosongkan”



BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini disajikan sebuah analisis dan pembahasan dari data primer yang didapat dari jawaban kuisisioner yang telah disebar kepada responden yang dituju, yakni untuk kontraktor, *Project Manager/Site Engineering Manager/Staff Engineering* sedangkan untuk konsultan, *Project Manager/Engineering Manager/Staff Engineering*. Dimana sampel penelitian yang ditinjau adalah kontraktor dan konsultan yang sedang menangani proyek *High-Rise Building* di Kota Surabaya yang mewakili populasi kontraktor maupun konsultan secara umum. Jumlah kuisisioner yang disebar untuk perusahaan kontraktor adalah sebanyak 75 kuisisioner dan kuisisioner yang kembali sebanyak 34 kuisisioner. Sedangkan untuk perusahaan konsultan disebar sebanyak 50 kuisisioner dan kuisisioner yang kembali untuk diolah sebanyak 23 kuisisioner. Analisis dan pembahasan yang dilakukan adalah mendeskripsikan hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah yang tertera pada Bab 1 subbab 1.2, baik dengan menggunakan analisa statistik deskriptif berupa hubungan mean dan standar deviasi, maupun penjabaran *fishbone diagram analysis*.

4.1 Deskripsi Responden dan Perusahaan

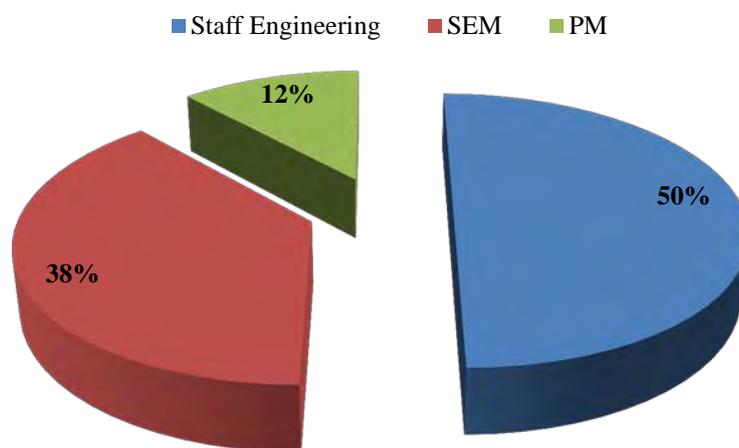
Deskripsi responden dan perusahaan disini bertujuan untuk menguraikan profil responden dan perusahaan yang dinaunginya secara detail. Dimana deskripsi responden dan perusahaan terdiri dari dua sumber yang berbeda, yakni profil responden dan perusahaan kontraktor dan profil responden dan perusahaan konsultan. Dengan adanya informasi deskripsi responden dan perusahaan secara detail, maka dapat diketahui apakah responden dan perusahaan yang dinaunginya sudah cukup mewakili dan tepat untuk membuat suatu kesimpulan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah maupun yang belum diterapkan di proyek konstruksi, hambatan yang dialami dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi, dan manfaat yang diterima dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi.

4.1.1 Deskripsi Profil Responden dan Perusahaan Kontraktor

4.1.1.1 Profil Responden

Profil responden yang ditinjau ada 2, yakni profil jabatan responden, dan profil pengalaman responden. Responden yang dituju dalam penelitian ini adalah yang menjabat sebagai *Project Manager/Site Engineering Manager/Staff Engineering* yang pernah atau sedang menangani proyek *High-Rise Building* di Kota Surabaya. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dibawah, dijelaskan bahwa terdapat 34 responden dengan tiga profil jabatan yang berbeda yang telah mengisi kuisisioner, yakni 17 *Staff Engineering* dengan prosentase sebesar 50%, 13 *Site Engineering Manager (SEM)* dengan prosentase sebesar 38%, dan 4 orang *Project Manager (PM)* dengan prosentase sebesar 12%. Dengan adanya penjelasan ini, maka dapat dikatakan bahwa penyebaran kuisisioner penelitian sudah disebarakan kepada responden yang diharapkan.

Profil Jabatan Responden

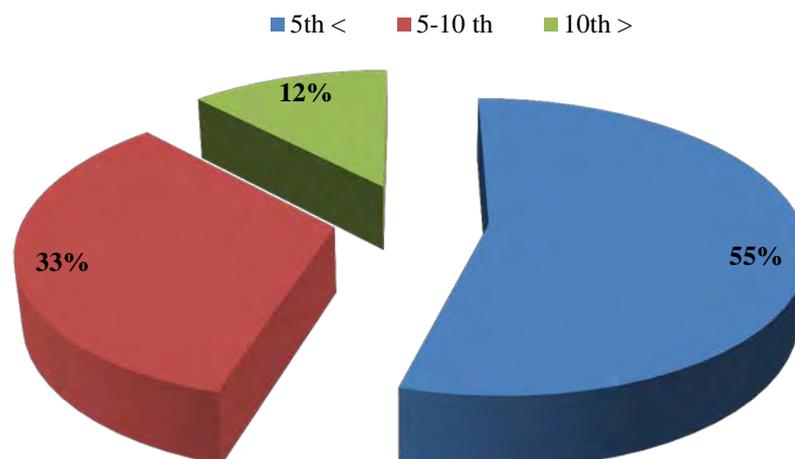


Gambar 4.1 Profil Jabatan Responden Kontraktor

Lalu profil responden yang ditinjau adalah pengalaman responden. Profil pengalaman responden disini mendeskripsikan sudah berapa lama responden menggeluti proyek konstruksi *High-Rise Buiding*. Dapat diketahui pada Gambar 4.2 dibawah, bahwa profil pengalaman responden yang kurang dari lima tahun ($5\text{ th} <$) mengisi kuisisioner sebanyak 18 kuisisioner dengan prosentase sebesar 55%,

profil pengalaman responden antara lima hingga sepuluh tahun (5-10 th) mengisi sebanyak 11 kuisisioner dengan prosentase sebesar 33%, dan profil pengalaman responden yang terakhir adalah lebih dari sepuluh tahun (10 th >) mengisi kuisisioner sebanyak 4 kuisisioner dengan prosentase sebesar 12%. Dengan diketahuinya seberapa lama pengalaman responden dalam menggeluti proyek konstruksi *High-Rise Buiding*, dapat menunjukkan bahwa responden yang dituju sudah sesuai dengan harapan dan sudah cukup mempunyai wawasan akan sudah atau belumnya pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *High-Rise Buiding*, hambatan yang dialami dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi, dan manfaat yang diterima dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi. Semakin lama profil pengalaman responden, maka dapat dikatakan pula mempunyai wawasan akan sudah atau belumnya pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi, hambatan, dan manfaat yang diterima dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *High-Rise Buiding*.

Profil Pengalaman Responden

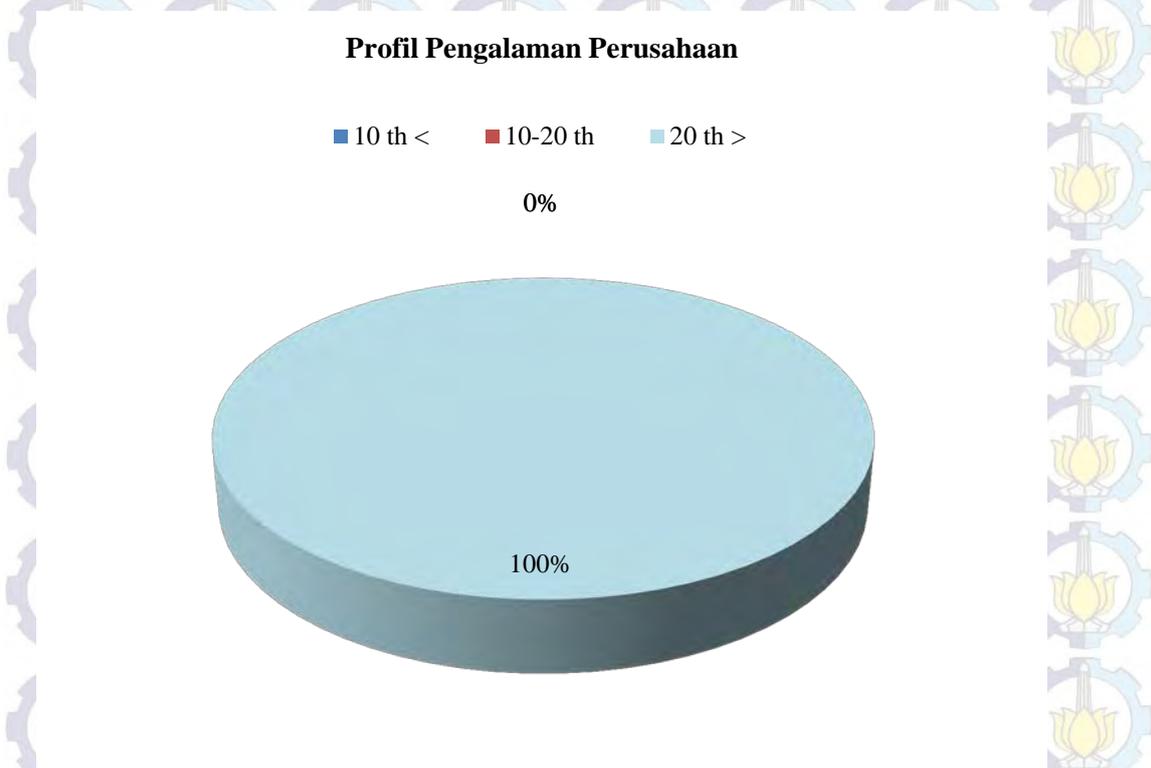


Gambar 4.2 Profil Pengalaman Responden Kontraktor

4.1.1.2 Profil Perusahaan Responden

Profil perusahaan responden merupakan sebuah profil perusahaan yang dinaungi oleh responden penelitian yang dituju. Yang mana terdiri dari, profil pengalaman perusahaan responden, jenis perusahaan responden, dan kualifikasi perusahaan responden.

Pada Gambar 4.3 dijelaskan mengenai profil pengalaman perusahaan tempat responden bernaung. Klasifikasi lama waktu pengalaman perusahaan dibagi menjadi 3 golongan, yakni kurang dari sepuluh tahun (10 th <), antara sepuluh hingga dua puluh tahun (10-20 th), dan lebih dari dua puluh tahun (20 th >).



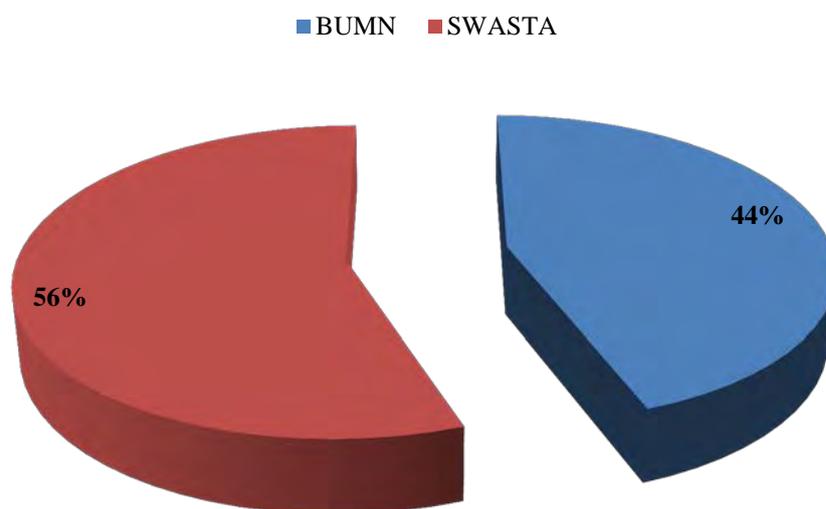
Gambar 4.3 Profil Pengalaman Perusahaan Kontraktor

Dari penjelasan Gambar 4.3 dapat diuraikan bahwa lama pengalaman perusahaan yang dinaungi oleh responden penelitian, semuanya lebih dari dua puluh tahun (20 th >). Jadi tidak ada perusahaan dengan pengalaman perusahaan yang kurang dari sepuluh tahun (10 th <) dan antara sepuluh hingga dua puluh tahun (10-20 th) atau bisa disebut dalam prosentase sebesar 0 %. Bisa diartikan, dengan adanya pengalaman perusahaan keseluruhan lebih dari dua puluh tahun (20

th >), maka kuisisioner telah diberikan kepada responden yang berada dalam naungan perusahaan yang tepat. Karena semakin lama pengalaman perusahaan, semakin paham akan perkembangan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang diimplementasikan, hambatan, dan manfaat pengimplementasiannya.

Lalu profil jenis perusahaan yang merupakan naungan para responden penelitian. Pada gambar 4.4 dijelaskan bahwa jenis perusahaan dibagi menjadi dua, yakni jenis perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) dan jenis perusahaan Swasta. Yang mana dari hasil sebaran kuisisioner, didapatkan jenis perusahaan BUMN sebesar 44% dan jenis perusahaan Swasta sebesar 56%.

Profil Jenis Perusahaan



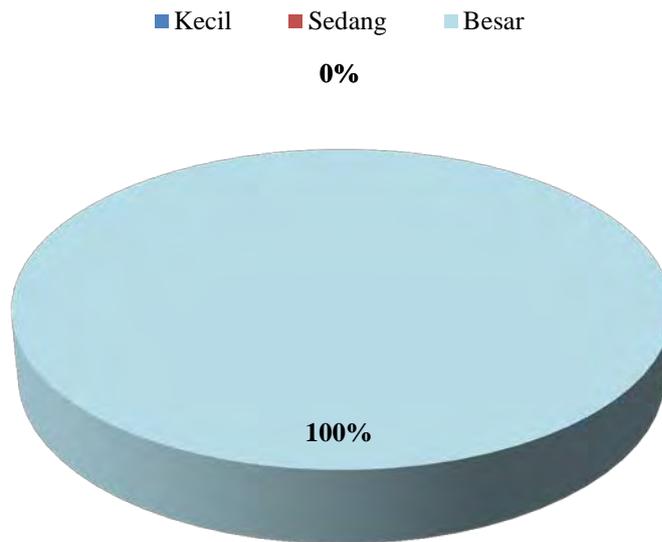
Gambar 4.4 Profil Jenis Perusahaan Kontraktor

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam profil pengalaman perusahaan tempat responden bernaung adalah profil kualifikasi perusahaan.

Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.5 dibawah. Profil kualifikasi perusahaan digolongkan menjadi tiga macam, yaitu kecil, sedang, dan besar. Dari keseluruhan kuisisioner yang telah disebarkan dan diterima kembali lagi, keseluruhan kuisisioner itu pula terjawab dari profil kualifikasi perusahaan dengan golongan besar, atau jika disebutkan dalam prosentase sebesar 100%. Dapat diuraikan bahwa, kuisisioner

telah diberikan kepada perusahaan yang tepat. Karena semakin besar perusahaan tempat responden bernaung, maka semakin besar pula pemahaman akan perkembangan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang diimplementasikan, hambatan, dan manfaat pengimplementasiannya.

Profil Kualifikasi Perusahaan



Gambar 4.5 Profil kualifikasi Perusahaan Kontraktor

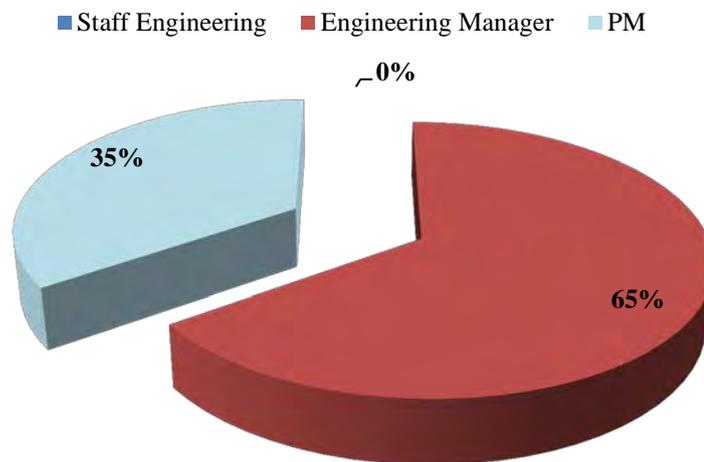
4.1.2 Deskripsi Profil Responden dan Perusahaan Konsultan Perencana

4.1.2.1 Profil Responden

Profil responden yang ditinjau ada 2, yakni profil jabatan responden, dan profil pengalaman responden. Responden yang dituju dalam penelitian ini adalah yang menjabat sebagai *Project Manager/Engineering Manager/Staff Engineering* yang pernah atau sedang menangani proyek *High-Rise Building* di Kota Surabaya. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 dibawah, dijelaskan bahwa terdapat 20 responden dengan tiga profil jabatan yang berbeda, yang telah mengisi kuisioner, yakni 0 *Staff Engineering* dengan prosentase sebesar 0%, 15 *Engineering Manager* dengan prosentase sebesar 65%, dan 8 orang *Project Manager (PM)* dengan prosentase sebesar 35%. Dengan adanya penjelasan ini, maka dapat

dikatakan bahwa penyebaran kuisioner penelitian sudah disebarkan kepada responden yang diharapkan.

Profil Jabatan Responden

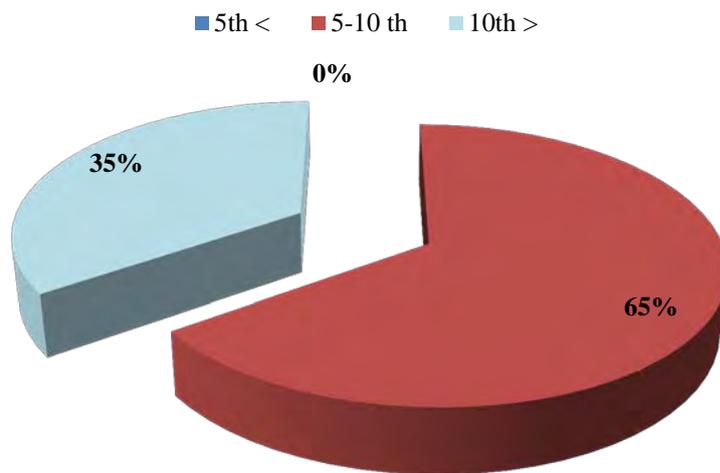


Gambar 4.6 Profil Jabatan Responden Konsultan Perencana

Lalu profil responden yang ditinjau adalah pengalaman responden. Profil pengalaman responden disini mendeskripsikan sudah berapa lama responden menggeluti proyek konstruksi *High-Rise Buiding*. Dapat diketahui pada Gambar 4.7 dibawah, bahwa profil pengalaman responden tidak ada yang kurang dari lima tahun ($5 \text{ th} <$) dalam mengisi kuisioner dengan prosentase sebesar 0%, profil pengalaman responden antara lima hingga sepuluh tahun ($5-10 \text{ th}$) mengisi sebanyak 15 kuisioner dengan prosentase sebesar 65%, dan profil pengalaman responden yang terakhir adalah lebih dari sepuluh tahun ($10 \text{ th} >$) mengisi kuisioner sebanyak 8 kuisioner dengan prosentase sebesar 35%. Dengan diketahuinya seberapa lama pengalaman responden dalam menggeluti proyek konstruksi *High-Rise Buiding*, dapat menunjukkan bahwa responden yang dituju sudah sesuai dengan harapan dan sudah cukup mempunyai wawasan akan sudah atau belumnya pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *High-Rise Buiding*, hambatan yang dialami dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi, dan manfaat yang diterima dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi.

Semakin lama profil pengalaman responden, maka dapat dikatakan pula mempunyai wawasan akan sudah atau belumnya pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi, hambatan, dan manfaat yang diterima dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *High-Rise Buiding*.

Profil Pengalaman Responden

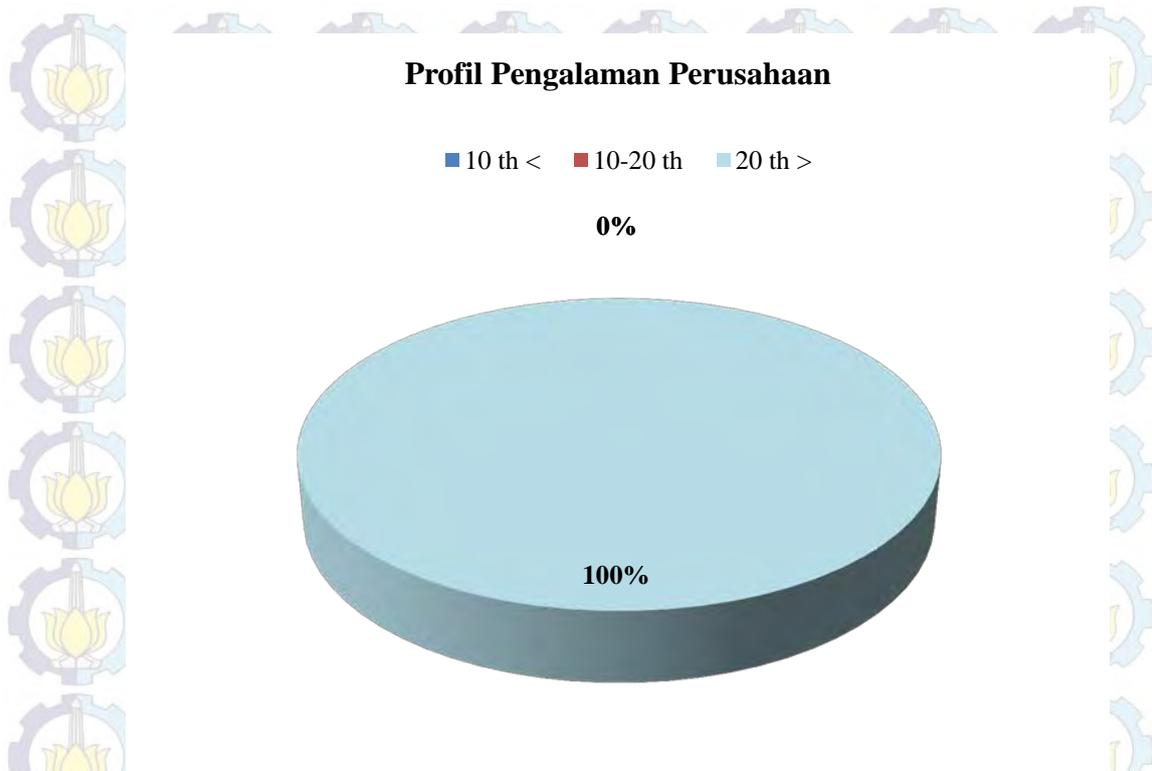


Gambar 4.7 Profil Pengalaman Responden Konsultan Perencana

4.1.2.2 Profil Perusahaan Responden

Profil perusahaan responden merupakan sebuah profil perusahaan yang dinaungi oleh responden penelitian yang dituju. Yang mana terdiri dari, profil pengalaman perusahaan responden, jenis perusahaan responden, dan kualifikasi perusahaan responden.

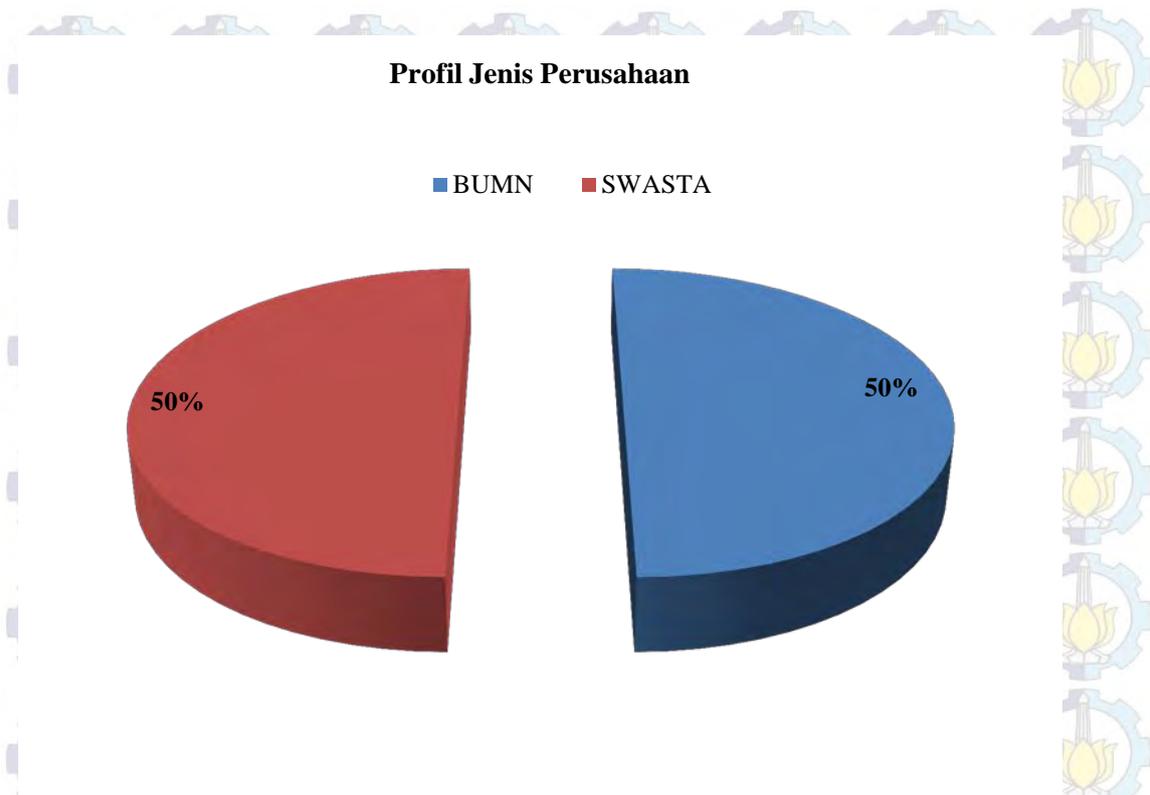
Pada Gambar 4.8 dibawah dijelaskan mengenai profil pengalaman perusahaan tempat responden bernaung. Klasifikasi lama waktu pengalaman perusahaan dibagi menjadi 3 golongan, yakni kurang dari sepuluh tahun (10 th <), antara sepuluh hingga duapuluh tahun (10-20 th), dan lebih dari duapuluh tahun (20 th >).



Gambar 4.8 Profil Pengalaman Perusahaan Konsultan Perencana

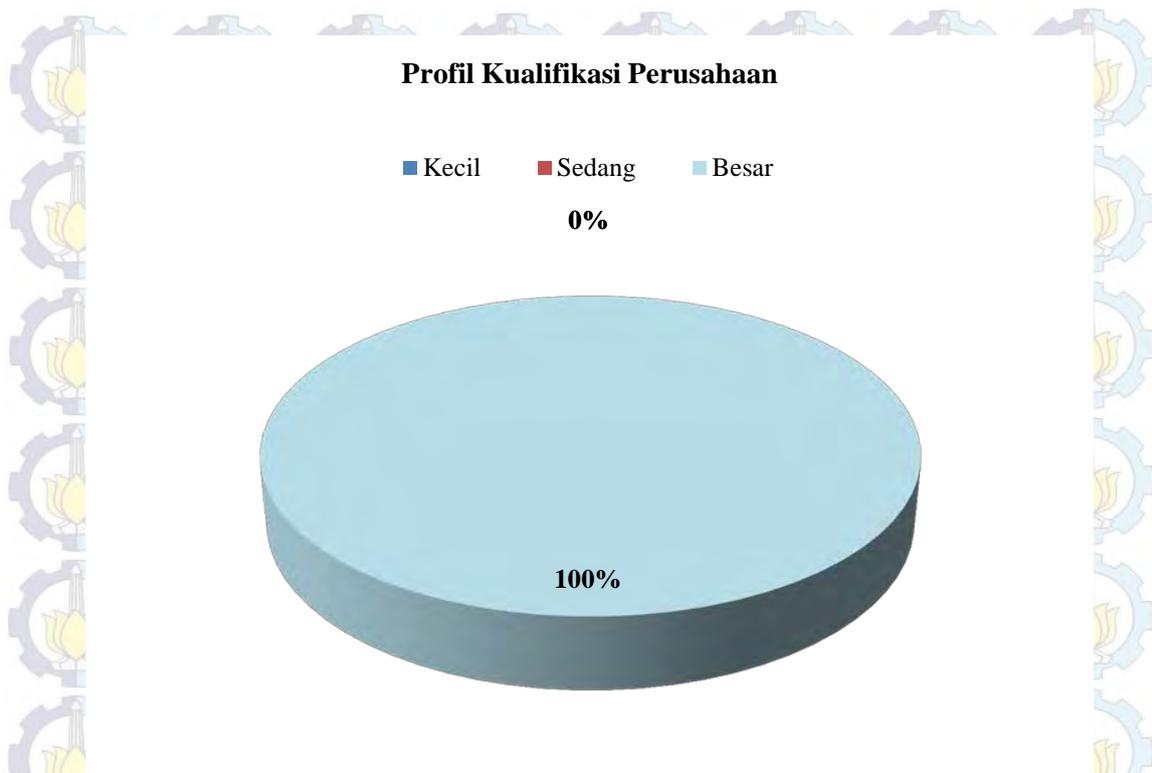
Dari penjelasan Gambar 4.8 diatas dapat diuraikan bahwa lama pengalaman perusahaan yang dinaungi oleh reponden penelitian, keseluruhannya memiliki pengalaman lebih dari dua puluh tahun (20 th >). Yang mana jika diprosentasekan sebesar 100%. Bisa diartikan, dengan adanya pengalaman perusahaan tempat bernaungnya responden penelitian, keseluruhannya lebih dari duapuluh tahun (20 th >), maka kuisisioner telah diberikan kepada responden yang berada dalam naungan perusahaan yang tepat. Karena semakin lama pengalaman perusahaan, semakin paham akan perkembangan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang diimplementasikan, hambatan, dan manfaat pengimplementasiannya.

Lalu profil jenis perusahaan yang merupakan naungan para responden penelitian. Pada gambar 4.9 dijelaskan bahwa jenis perusahaan dibagi menjadi dua, yakni jenis perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) dan jenis perusahaan Swasta. Yang mana dari hasil sebaran kuisisioner, didapatkan jenis perusahaan BUMN sebesar 50% dan jenis perusahaan Swasta sebesar 50%.



Gambar 4.9 Profil Jenis Perusahaan Konsultan Perencana

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam profil pengalaman perusahaan tempat responden bernaung adalah profil kualifikasi perusahaan. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.10 dibawah. Profil kualifikasi perusahaan digolongkan menjadi tiga macam, yaitu kecil, sedang, dan besar. Dari keseluruhan kuisisioner yang telah disebar dan diterima kembali lagi, keseluruhan kuisisioner itu pula terjawab dari profil kualifikasi perusahaan dengan golongan besar, atau jika disebutkan dalam prosentase sebesar 100%. Dapat diuraikan bahwa, kuisisioner telah diberikan kepada perusahaan yang tepat. Karena semakin besar perusahaan tempat responden bernaung, maka semakin besar pula pemahaman akan perkembangan jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang diimplementasikan, hambatan, dan manfaat pengimplementasiannya.



Gambar 4.10 Profil kualifikasi Perusahaan Konsultan Perencana

4.2 Analisis Terhadap Variabel Jenis-Jenis Otomatisasi Konstruksi

Di dalam Sub-bab ini akan dijelaskan mengenai analisis hasil pengolahan data variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang didapat dari sebaran 34 kuisisioner kepada kontraktor dan 20 sebaran kuisisioner kepada konsultan yang sedang menangani proyek *High-Rise Building* dan proyek *High-Rise Building* dalam 5 tahun terakhir yang pernah ditangani oleh responden, di wilayah Surabaya.

Dimana analisis pengolahan datanya diagi menjadi dua, yakni pengolahan data variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi terhadap pandangan kontraktor dan yakni pengolahan data variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi terhadap pandangan konsultan. Pengolahan data yang dilakukan disini menggunakan analisis statistik deskriptif, dengan menggunakan mean dan standar deviasi yang akan menjadi sebuah tolok ukur sudah atau belumnya variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi diimplementasikan di proyek-proyek, baik yang sedang ditangani maupun yang telah ditangani dalam 5 tahun terakhir yang berada di wilayah Surabaya.

4.2.1 Deskripsi Jenis-Jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Kontraktor

Sesuai dengan yang dikutip oleh Lahbib (2015), Sugiyono (2009) menguraikan bahwa analisis statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku umum atau generalisasi. Penelitian ini digunakan metode analisis statistik deskriptif, karena metode survey yang digunakan adalah mendistribusikan kuisisioner kepada responden penelitian yang dituju. Analisis statistik deskriptif dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis otomatisasi konstruksi apa sajakah yang paling banyak diimplementasikan di proyek *High-Rise Building* di wilayah Surabaya. Dari hasil sebaran kuisisioner yang telah kembali, data tersebut diolah dalam bentuk sebuah tabel yang menampilkan rata-rata persepsi responden terhadap penilaian masing-masing variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi, lalu dibandingkan dengan nilai standar deviasi masing-masing variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi. Pada Tabel 4.1 dibawah dijelaskan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi yang diurutkan berdasarkan nilai *mean* tertinggi. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat, bahwa dengan nilai rata-rata yang tinggi tidak selalu diikuti oleh nilai standar deviasi yang tinggi pula. Dimana tabulasi data deskriptif dapat dilihat pada LAMPIRAN 2 – Rekap tabulasi analisis deskriptif kontraktor

Sesuai dengan olahan data yang telah dilakukan, nilai rata-rata (*mean*) tertinggi dimiliki oleh variabel jenis otomatisasi konstruksi *hardware* berupa *building installation tower crane* dengan nilai 4.62 dan nilai standar deviasi 0.63. Lalu variabel dengan nilai rata-rata (*mean*) terendah dimiliki oleh variabel jenis otomatisasi konstruksi *hardware* berupa sistem robotik dalam metode konstruksi seperti ABCS, AMURAD, BIG CANOPY, dan lain sebagainya, dengan nilai 1.00 dan nilai standar deviasi 0.00.

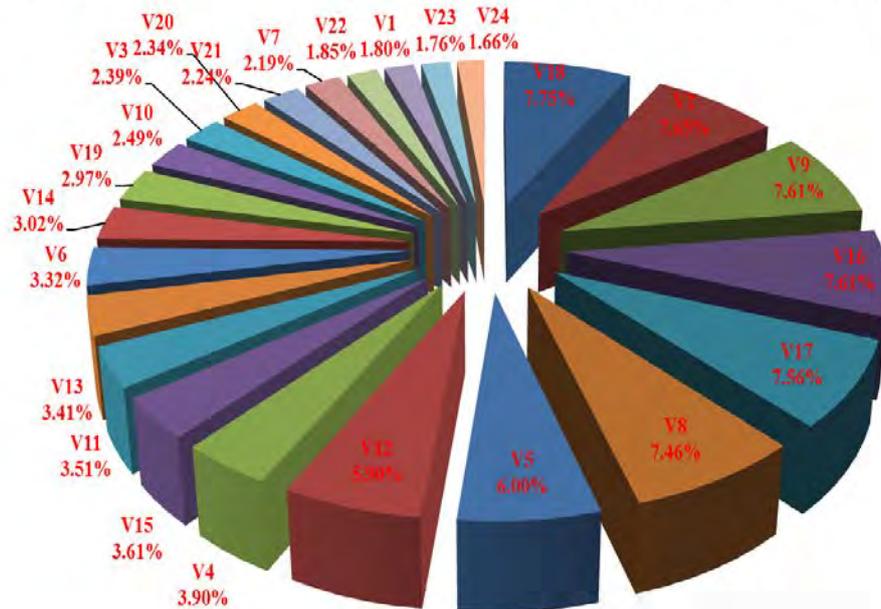
Tabel 4.1 Urutan Nilai Rata-rata dan Nilai Standar Deviasi Menurut Kontraktor

Kode	Variabel	Mean	Standar Deviasi
V18	<i>Building Installation; Tower Crane</i>	4.68	0.64
V2	<i>CAD</i>	4.62	0.60
V9	<i>PMCS Tools: Cost Estimating</i>	4.59	0.66
V16	<i>Sistem Robotik: PDE</i>	4.59	0.61
V17	<i>Sistem Robotik: EarthMoving</i>	4.56	0.61
V8	<i>PMCS Tools: Scheduling</i>	4.50	0.75
V5	<i>CAE: Structural Modeling</i>	3.62	1.16
V12	<i>Billing & Payment System Tools</i>	3.56	1.21
V4	<i>CAE: Geotechnical Engineering</i>	2.35	1.57
V15	<i>ADC Tools: Progress Monitoring</i>	2.18	1.59
V11	<i>PMCS Tools: Cost Management</i>	2.12	1.61
V13	<i>ADC Tools: Positioning</i>	2.06	1.43
V6	<i>ERP Tools</i>	2.00	1.46
V14	<i>ADC Tools: Tracking</i>	1.82	1.03
V19	<i>Sistem Robotik: Prefabrication</i>	1.79	1.39
V10	<i>PMCS Tools: Web-based Project Collaborative</i>	1.50	1.13
V3	<i>CAE: Finite Element Analysis</i>	1.44	0.93
V20	<i>Sistem Robotik: Finishing Concrete</i>	1.41	1.02
V21	<i>Sistem Robotik: Pengelasan</i>	1.35	1.07
V7	<i>Artificial Intelligence (AI)</i>	1.32	0.73
V22	<i>Sistem Robotik: Pekerjaan Cat</i>	1.12	0.33
V1	<i>CAM</i>	1.09	0.29
V23	<i>Sistem Robotik: Pemasangan Dinding</i>	1.06	0.24
V24	<i>Sistem Robotik: Metode Konstruksi</i>	1.00	0.00

Nilai rata-rata (*mean*) diatas merupakan sebuah acuan seberapa banyaknya variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi telah diimplementasikan. Semakin tinggi nilai rata-rata (dengan nilai maksimal 5) yang didapat, maka semakin tinggi pula telah diimplementasikannya jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut, dan begitu pula sebaliknya. Jika semakin rendah nilai rata-rata (dengan nilai minimal 1) yang didapat, maka semakin rendah pula belum diimplementasikannya jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut. Pada Tabel 4.1 diatas, dapat diketahui bahwa yang memiliki nilai rata-rata (*mean*) tertinggi adalah

variabel *Building Installation: Tower Crane* dengan prosentase sebesar 7.75%, sedangkan yang memiliki nilai rata-rata (*mean*) terendah adalah Sistem Robotik: Metode Konstruksi dengan prosentase sebesar 1.66%. Berikut grafik prosentase pengimplementasian variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.

PROSENTASE VARIABEL JENIS-JENIS OTOMATISASI KONSTRUKSI



Gambar 4.11 Prosentase Implementasi Variabel Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Kontraktor

4.2.2 Deskripsi Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Konsultan Perencana

Analisis statistik deskriptif dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis otomatisasi konstruksi apa sajakah yang paling banyak diimplementasikan di proyek *High-Rise Building* di wilayah Surabaya. Dari hasil sebaran kuisisioner yang telah kembali, data tersebut diolah dalam bentuk sebuah tabel yang menampilkan rata-rata persepsi responden terhadap penilaian masing-masing variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi, lalu dibandingkan dengan nilai standar deviasi masing-masing variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi. Pada Tabel 4.3 dibawah dijelaskan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi yang diurutkan berdasarkan nilai *mean* tertinggi. Dari Tabel 4.2 dapat dilihat, bahwa

dengan nilai rata-rata yang tinggi tidak selalu diikuti oleh nilai standar deviasi yang tinggi pula.

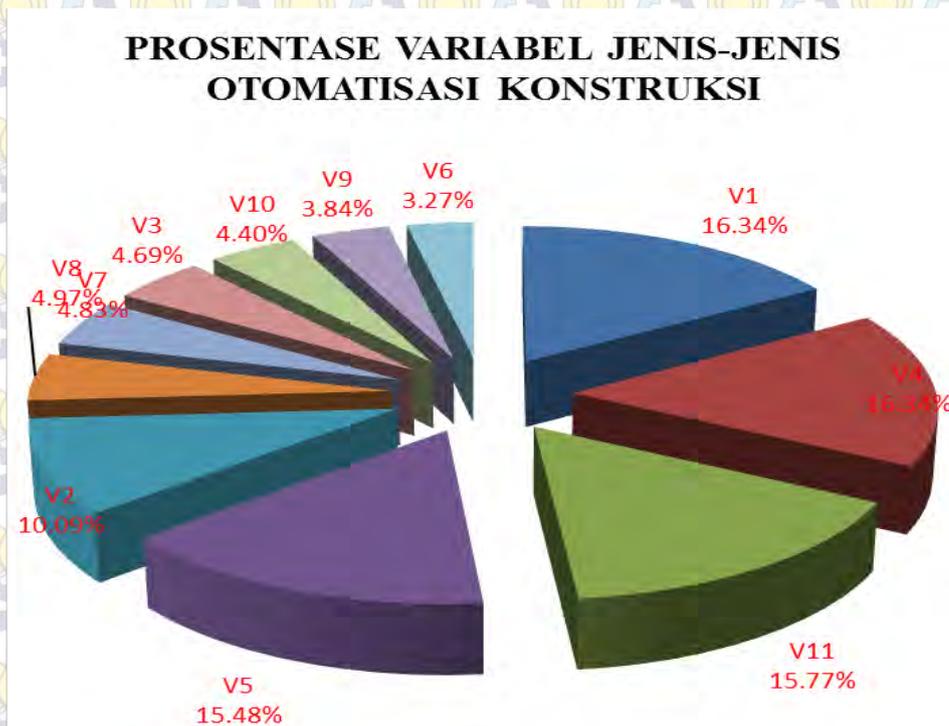
Sesuai dengan olahan data yang telah dilakukan (LAMPIRAN 3 – Rekap tabulasi analisis deskriptif konsultan perencanaan), nilai rata-rata (*mean*) tertinggi dimiliki oleh variabel jenis otomatisasi konstruksi *software* berupa *CAD* dan *CAE: Structural Modeling* dengan nilai 5 dan nilai standar deviasi 0.00. Lalu variabel dengan nilai rata-rata (*mean*) terendah dimiliki oleh variabel jenis otomatisasi konstruksi *software* berupa *Artificial Intelligence (AI)*, dengan nilai 1.00 dan nilai standar deviasi 0.00.

Tabel 4.2 Urutan Nilai Rata-rata dan Nilai Standar Deviasi Menurut Konsultan Perencana

Kode	Variabel	Mean	Standar Deviasi
V1	CAD	5.00	0.00
V4	CAE: Structural Modeling	5.00	0.00
V11	Billing & Payment System Tools	4.83	0.58
V5	ERP Software Tools	4.74	0.92
V2	CAE: Finite Element Analysis	3.09	0.73
V8	PMCS Tools: Cost Estimating	1.52	1.38
V7	PMCS Tools: Scheduling	1.48	1.27
V3	CAE: Geotechnical Engineering	1.43	1.20
V10	PMCS Tools: Cost Management	1.35	0.98
V9	Web-based Project Collaborative	1.17	0.83
V6	Artificial Intelligence (AI)	1.00	0.00

Nilai rata-rata (*mean*) diatas merupakan sebuah acuan seberapa banyaknya variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi telah diimplementasikan. Semakin tinggi nilai rata-rata (dengan nilai maksimal 5) yang didapat, maka semakin tinggi pula telah diimplementasikannya jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut, dan begitu pula sebaliknya. Jika semakin rendah nilai rata-rata (dengan nilai minimal 1) yang didapat, maka semakin rendah pula belum diimplementasikannya jenis-jensi otomatisasi konstruksi tersebut. Pada Tabel 4.3 diatas, dapat diketahui bahwa yang memiliki nilai rata-rata (*mean*) tertinggi adalah variabel *CAD* dan *CAE: Structural Modeling* sebesar 16.34%, sedangkan yang memiliki nilai rata-rata (*mean*) terendah adalah *Artificial Intelligence (AI)* dengan

prosentase sebesar 1.00%. Ini menandakan bahwa, CAD dan CAE: *Structural Modeling* telah diimplementasikan secara penuh dalam proses pembangunan proyek *High-rise Building* di sama sekali dalam proses pembangunan proyek *High-rise Building* di Kota Surabaya. Berikut grafik prosentase pengimplementasian variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi dapat dilihat pada Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Prosentase Implementasi Variabel Jenis-jenis Otomatisasi Konstruksi Menurut Konsultan Perencana

4.3 Analisis Terhadap Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi

Subbab ini menguraikan tentang analisis variabel-variabel penghambat dan manfaat akan implementasi otomatisasi konstruksi di proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya. Dimana nantinya akan dibagi menjadi dua, yakni analisis variabel penghambat dan manfaat menurut pandangan kontraktor dan analisis variabel penghambat dan manfaat menurut pandangan konsultan perencana. Dalam menganalisis variabel penghambat dan manfaat ini digunakan *fishbone diagram analysis*. Analisis *fishbone diagram* disini berfungsi untuk

mengidentifikasi variabel penghambat manakah yang paling dominan menyebabkan otomatisasi konstruksi belum diimplementasikan di proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya, dan variabel manfaat manakah yang paling dominan dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi di proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya. Dari hasil kuisisioner yang sudah didapatkan kembali, dirancanglah sebuah *fishbone diagram* untuk masing-masing kuisisioner yang telah kembali. Lalu dicari variabel penghambat dan manfaat yang paling dominan di masing-masing kuisisioner dengan merekap jumlah variabel penghambat dan manfaat yang telah dianalisis dengan *fishbone diagram* dalam sebuah tabulasi. Yang pada akhirnya akan digabungkan secara keseluruhan, sehingga nantinya dapat ditabelkan menjadi sebuah peringkat variabel penghambat dan manfaat, mulai dari yang paling dominan hingga yang paling tidak dominan.

Analisis *fishbone diagram*-nya terdiri dari kepala ikan, badan ikan, dan tulang ikan. Kepala ikan disini mewakili variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi, badan ikan mewakili *project life-cycle*, sedangkan tulang ikan mewakili variabel penghambat implementasi jenis-jenis otomatisasi konstruksi. Sebelum analisis *fishbone diagram* dimulai, dilakukan sebuah pengelompokan variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi sesuai dengan hasil penilaian skala yang telah dilakukan oleh responden, sehingga pelaksanaan analisis dapat dilakukan dengan lebih mudah. Yang mana pada penilaian skala 1 hanya terdapat variabel penghambat, pada penilaian skala 2 hingga skala 4 terdapat kedua variabel, sedangkan pada penilaian skala 5 hanya terdapat variabel manfaat.

4.3.1 Analisis Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi Menurut Kontraktor

Analisis yang dilakukan adalah dengan merancang sebuah *fishbone diagram* untuk masing-masing kuisisioner. Dimana kuisisioner yang kembali sebanyak 34 kuisisioner, sehingga dilakukan rancangan *fishbone diagram* dari kuisisioner 1 hingga kuisisioner 34. Salah satu perwakilan analisis *fishbone diagram* beserta tabulasinya dapat dilihat pada LAMPIRAN 4-Contoh analisis *fishbone diagram* kontraktor dan konsultan perencanaan. Berikut tabulasi rekap jumlah dan

peringkat variabel penghambat dan variabel manfaat dapat dilihat masing-masing pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.3 Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel penghambat menurut kontraktor

Peringkat	Kode	Variabel Penghambat	Jumlah
1	B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.	536
2	C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi.	503
3	O	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi yang akan diterapkan.	435
4	H	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.	424
5	L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.	416
6	N	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomatisasi konstruksi yang digunakan.	409
7	Q	Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi.	398
8	G	Adanya di beberapa negara yang menganggap bahwa teknologi merupakan pengganti para buruh, sehingga dianggap tidak memberikan peluang kerja bagi kaum buruh.	270
9	P	Kurangnya dukungan dari pemerintah untuk pengadaan otomatisasi konstruksi.	252
10	I	Dibutuhkannya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi.	247
11	M	Tidak banyaknya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi	237
12	E	Kurangnya fleksibilitas teknologi otomatisasi konstruksi terhadap cuaca apapun.	207
13	F	Mobilitas teknologi otomatisasi konstruksi yang kurang memadai.	196
14	D	Susahnya mengembangkan teknologi otomatisasi konstruksi yang sesuai, karena adanya lokasi kerja yang tidak selalu kondusif.	196
15	J	Banyaknya <i>participant</i> atau organisasi yang tergabung, dengan tanggung jawab yang berbeda-beda, sehingga teknologi otomatisasi konstruksi susah untuk diterapkan secara efektif.	125
16	K	Adanya komplksitas proses kerja di proyek dan tidak adanya standarisasi kualitas produk.	113
17	R	Banyaknya proyek yang masih berskala kecil.	33
18	A	Tidak ada hambatan sama sekali.	0

Tabel 4.4 Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel manfaat menurut kontraktor

Peringkat	Kode	Variabel Manfaat	Jumlah
1	C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek	302
2	F	Peningkatan kualitas	301
3	G	Peningkatan Efisiensi	297
4	E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi	235
5	B	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi	113
6	D	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah	90
7	A	Tidak bermanfaat sama sekali	-

4.3.2 Analisis Variabel Penghambat dan Manfaat Implementasi Otomatisasi Konstruksi Menurut Konsultan Perencana

Analisis yang dilakukan adalah dengan merancang sebuah *fishbone diagram* untuk masing-masing kuisisioner. Dimana kuisisioner yang kembali sebanyak 23 kuisisioner, sehingga dilakukan rancangan *fishbone diagram* dari kuisisioner 1 hingga kuisisioner 23. Salah satu perwakilan analisis *fishbone diagram* beserta tabulasinya dapat dilihat pada LAMPIRAN 4-Contoh analisis *fishbone diagram* kontraktor dan konsultan perencana. Dimana hal yang sama dilakukan untuk ke-22 kuisisioner berikutnya. Berikut tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel penghambat dan variabel manfaat dapat dilihat masing-masing pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.5 Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel penghambat menurut konsultan perencana

Peringkat	Kode	Variabel Penghambat	Jumlah
1	Q	Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi.	130
2	B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.	88
3	C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi.	88
4	L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.	69
5	N	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomatisasi konstruksi yang digunakan.	64
6	H	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.	44
7	M	Tidak banyaknya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi	44
8	O	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi yang akan diterapkan.	23
9	I	Dibutuhkannya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi.	21
10	J	Banyaknya <i>participant</i> atau organisasi yang tergabung, dengan tanggung jawab yang berbeda-beda, sehingga teknologi otomatisasi konstruksi susah untuk diterapkan secara efektif.	2
11	D	Susahnya mengembangkan teknologi otomatisasi konstruksi yang sesuai, karena adanya lokasi kerja yang tidak selalu kondusif.	0
12	E	Kurangnya fleksibilitas teknologi otomatisasi konstruksi terhadap cuaca apapun.	0
13	F	Mobilitas teknologi otomatisasi konstruksi yang kurang memadai.	0
14	G	Adanya di beberapa negara yang menganggap bahwa teknologi merupakan pengganti para buruh, sehingga dianggap tidak memberikan peluang kerja bagi kaum buruh.	0
15	K	Adanya kompleksitas proses kerja di proyek dan tidak adanya standarisasi kualitas produk.	0
16	P	Kurangnya dukungan dari pemerintah untuk pengadaan otomatisasi konstruksi.	0
17	R	Banyaknya proyek yang masih berskala kecil.	0
18	A	Tidak ada hambatan sama sekali.	0

Tabel 4.6 Tabulasi rekap jumlah dan peringkat variabel manfaat menurut konsultan perencana

Peringkat	Kode	Variabel Manfaat	Jumlah
1	F	Peningkatan kualitas	119
2	C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek	103
3	G	Peningkatan Efisiensi	101
4	E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi	73
5	D	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah	67
6	B	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi	47
7	A	Tidak bermanfaat sama sekali	0

4.4 Pembahasan

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan, untuk deskripsi jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang paling banyak diimplementasikan menurut pandangan kotraktor, dari 24 variabel yang telah disebarkan kepada responden adalah variabel *Building Installation: Tower Crane*, *CAD*, *PMCS Tools: Cost Estimating*, Sistem Robotik: *EathMoving*, Sistem Robotik: *PDE*, *PMCS Tools: Schedulin*, *CAE: Structural Modeling*, dan *Billing &Payment System*. Selain banyak jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang telah diimplementasikan oleh kontraktor di proyek konstruksi *high-rise building* di wilayah Surabaya, terdapat jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang masih belum diimplementasikan di proyek, yakni *CAE: Finite Element Analysis*, *Artificial Intelligence (AI)*, *CAM*, Sistem Robotik yang berupa pekerjaan cat, pemasangan dinding, *finishing concrete*, pengelasan, dan metode konstruksi masih belum diimplementasikan di semua proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya,

Terdapat 5 hambatan dan 5 manfaat yang dominan dalam mengimplementasikan variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut yang masing-masing rekapannya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 di bawah,

dan tidak lupa pula pengimplementasiannya pada *project life-cycle*. Dimana pendetailan *project life-cycle*-nya dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.7 Rekapitan hambatan yang paling dominan menurut kontraktor

Peringkat	Kode	Variabel Penghambat
1	B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.
2	C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi.
3	O	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi yang akan diterapkan.
4	H	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.
5	L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.

Tabel 4.8 Rekapitan manfaat yang paling dominan menurut kontraktor

Peringkat	Kode	Variabel Manfaat
1	C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek
2	F	Peningkatan kualitas
3	G	Peningkatan Efisiensi
4	E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi
5	B	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi

Tabel 4.9 Detailing *project life-cycle*

<i>PROJECT LIFE-CYCLE</i>	
Fase Perencanaan	Fase Eksekusi
Perencanaan Desain	Perencanaan Organisasi Proyek
Perencanaan Engineering	Pengadaan Bahan Bangunan dan Material
Perencanaan Resiko	QC
Perencanaan RAB	Progress Monitoring
Estimasi Biaya Proyek	

Lalu dapatlah disusun sebuah tabulasi akhir yang berupa variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang belum maupun sudah diimplementasikan pada *project life-cycle* fase perencanaan dan *project life-cycle* fase eksekusi, yang mana masing-masing tabulasinya tertera pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.10 Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang/belum maupun sudah diimplementasikan pada fase perencanaan menurut kontraktor

Fase Perencanaan	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Jarang / Belum Diterapkan	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Sudah Diterapkan
Perencanaan Desain	V1	CAM	V2	CAD
	V3	CAE: Finite Element Analysis	V5	CAE: Structural Modeling
			V8	PMCS Tools: Scheduling
	V7	Artificial Intelligence (AI)	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
V12			Billing & Payment System Tools	
Perencanaan Engineering	V3	CAE: Finite Element Analysis	V2	CAD
			V5	CAE: Structural Modeling
			V8	PMCS Tools: Scheduling
	V7	Artificial Intelligence (AI)	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
V12			Billing & Payment System Tools	
Perencanaan Resiko	V3	CAE: Finite Element Analysis	V2	CAD
			V5	CAE: Structural Modeling
			V8	PMCS Tools: Scheduling
	V7	Artificial Intelligence (AI)	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
V12			Billing & Payment System Tools	
Perencanaan RAB	-	-	V2	CAD
	-	-	V5	CAE: Structural Modeling
	-	-	V8	PMCS Tools: Scheduling
	-	-	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
Estimasi Biaya Proyek	-	-	V12	Billing & Payment System Tools
	-	-	V2	CAD
	-	-	V5	CAE: Structural Modeling
	-	-	V8	PMCS Tools: Scheduling
-	-	V9	PMCS Tools: Cost Estimating	
-	-	V12	Billing & Payment System Tools	

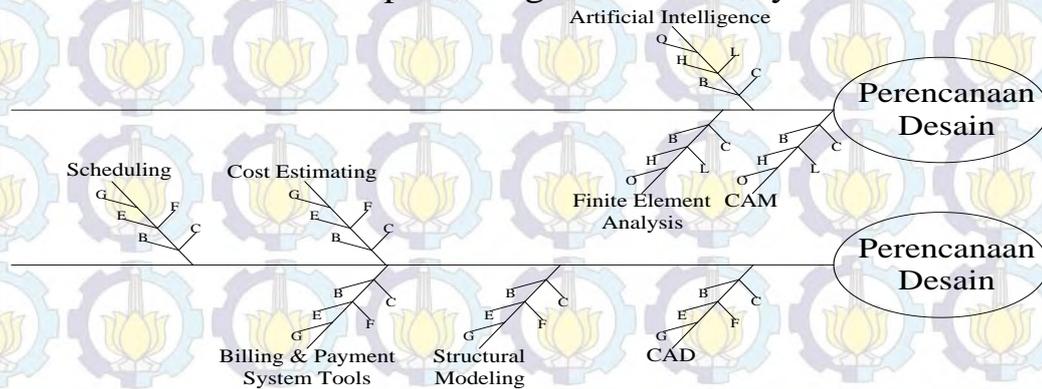
Tabel 4.11 Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang/belum maupun sudah diimplementasikan pada fase eksekusi menurut kontraktor

Fase Eksekusi	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Jarang / Belum Diterapkan	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Sudah Diterapkan
Perencanaan Organisasi Proyek			V2	CAD
			V8	PMCS Tools: Scheduling
			V9	PMCS Tools: Cost Estimating
			V12	Billing & Payment System Tools
Pengadaan Bahan Bangunan dan Material			V2	CAD
			V5	CAE: Structural Modeling
			V8	PMCS Tools: Scheduling
			V9	PMCS Tools: Cost Estimating
			V12	Billing & Payment System Tools
			V16	Sistem Robotik: PDE
			V17	Sistem Robotik: EarthMoving
QC	V3	CAE: Finite Element Analysis	V2	CAD
	V7	Artificial Intelligence (AI)	V5	CAE: Structural Modeling
	V20	Sistem Robotik: Finishing Concrete	V8	PMCS Tools: Scheduling
	V21	Sistem Robotik: Pengelasan	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
	V22	Sistem Robotik: Pekerjaan Cat	V12	Billing & Payment System Tools
			V16	Sistem Robotik: PDE
	V23	Sistem Robotik: Pemasangan Dinding	V17	Sistem Robotik: EarthMoving
V18			Building Installation; Tower Crane	
Progress Monitoring	V1	CAM	V2	CAD
	V3	CAE: Finite Element Analysis	V5	CAE: Structural Modeling
	V7	Artificial Intelligence (AI)	V8	PMCS Tools: Scheduling
	V20	Sistem Robotik: Finishing Concrete	V9	PMCS Tools: Cost Estimating
	V21	Sistem Robotik: Pengelasan	V12	Billing & Payment System Tools
	V22	Sistem Robotik: Pekerjaan Cat	V16	Sistem Robotik: PDE
	V23	Sistem Robotik: Pemasangan Dinding	V17	Sistem Robotik: EarthMoving
V18			Building Installation; Tower Crane	

Sesuai dengan kedua tabulasi diatas, maka dapat digambarkan sebuah *fishbone diagram* akhir sesuai dengan *project life-cycle*-nya. Di dalam gambar *fishbone diagram* ini dapat dilihat dengan jelas mana-mana saja variabel otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan maupun belum disetiap fase beserta

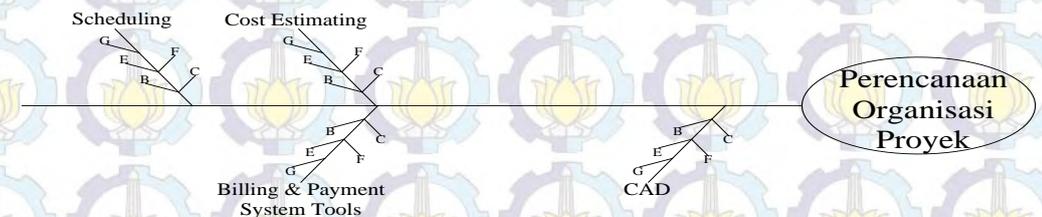
detailing variabel penghambat dan variabel manfaat pengimplementasiannya secara garis besar. Dimana deskripsi kode variabel penghambat dan variabel manfaat yang tertera pada gambar, dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 diatas. Berikut gambaran *fishbone diagram*nya dapat dilihat pada Gambar 4.13 untuk fase perencanaan desain dan Gambar 4.14 untuk fase perencanaan eksekusi perencanaan organisasi proyek.

**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya**



**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya**

Gambar 4.13 *Fishbone diagram* pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor



**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya**

Gambar 4.14 *Fishbone diagram* pada fase eksekusi perencanaan organisasi proyek beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor

Sedangkan untuk detail gambaran *fishbone diagram* untuk masing-masing fase dapat dilihat pada LAMPIRAN 5-*Fishbone Diagram* implementasi Otomatisasi Konstruksi beserta Variabel Penghambat dan Variabel Manfaatnya poin fase perencanaan a hingga poin fase perencanaan e dan poin fase eksekusi a hingga poin fase eksekusi d..

Berdasarkan proyek-proyek *high-rise building* dalam 5 tahun terakhir di wilayah Surabaya, keenambelas variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi tersebut memang ada beberapa yang belum maupun sudah diimplementasikan pada masing-masing fase perencanaan maupun fase eksekusi selama proyek berlangsung. Sebagai contoh, dalam perencanaan engineering terdapat variabel otomatisasi konstruksi *finite element analysis* dan *artificial intelligence* yang belum diimplementasikan. Untuk variabel otomatisasi konstruksi *finite element analysis* memang belum digunakan, karena memang itu bukan bagian tugas dari seorang kontraktor secara umum, berarti sesuai dengan hambatan dengan kode pihak kontraktor masih nyaman dengan adanya pengoperasian yang sudah menjadi tugasnya saat ini. Padahal dengan mengimplementasikannya otomatisasi konstruksi *finite element analysis* dapat mengetahui resiko yang terjadi dalam eksekusi pembangunan proyek konstruksi *high-rise building*. Sehingga resiko tersebut dapat diminimalisir dan diolah dengan menggunakan otomatisasi konstruksi *artificial intelligence* dan dapat diketahui resiko yang paling besar kemungkinannya terjadi. Sedangkan untuk otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan, dapat dilihat pada Tabel 4.12 di atas, rata-rata kontraktor memang menyetujui bahwa otomatisasi konstruksi tersebut memang diimplementasikan di setiap detailing fase perencanaan yang ada. Karena hubungannya erat sekali, semisal otomatisasi konstruksi *cost estimating*, bagi pihak kontraktor hal ini harus dilakukan kembali pada saat penawaran hingga pada saat proyek telah berlangsung. Dimana *cost estimating* menghitung secara keseluruhan berapa total biaya proyek yang dilakukan, lalu dimasukkan dalam kontrak beserta termin cairnya uang biaya proyek, karena rata-rata proyek yang sedang berlangsung tidak ada yang langsung menerima cash sesuai dengan biaya proyek yang telah diestimasi. Perhitungan *cost estimating* ini didapat dari sebuah gambar rencana atau *soft drawing* yang telah dilakukan pada fase perencanaan desain yang pada saat ini sudah banyak menggunakan CAD sebagai alat penggambar yang lebih efisien waktu. Selain itu, perhitungan *cost estimating* juga didapat dari sebuah hasil pada fase perencanaan engineering. Karena dapat diketahui, seperti diameter tulangan yang akan digunakan, jumlah tulangan yang

akan digunakan, dan lain sebagainya. Yang kemudian dapat dihitung dalam *cost estimating*.

Dalam hal ini, maka berhubungan dengan adanya *scheduling* proyek, dimana *scheduling* ini merupakan rencana dan target proyek yang harus diselesaikan. Dengan adanya *scheduling*, semuanya semakin jelas, termin jumlah uang yang cair tertera pada *scheduling*, sehingga kontraktor dapat memperkirakan untuk tanggal kesekian harus membeli perlengkapan proyek yang dibutuhkan, pada akhirnya hal-hal yang masih belum dibutuhkan dapat dihindari dan proyek dapat berlangsung sesuai rencana awal dan memenuhi target yang diinginkan.

Begitu pula pada fase eksekusi, semisal adalah otomatisasi konstruksi sistem robotik yang belum diterapkan pada fase eksekusi QC maupun fase eksekusi *progress monitoring*. Untuk berinvestasi pada Sistem Robotik tersebut, selain

memerlukan biaya atau *cost* pengadaan yang tinggi, belum tentu dapat digunakan kembali di proyek lainnya, bahkan di jenis proyek yang sama. Karena kendala proses mobilitas transportasi Sistem Robotik tersebut tidak bisa memenuhi keseluruhan penjuror lokasi proyek yang ada. Banyak proyek-proyek yang berada pada lokasi yang jauh dari perkotaan, sehingga harus melewati jalur laut yang

memakan waktu sangat lama ataupun jalur udara yang memakan biaya sangat mahal walaupun memakan waktu yang lebih singkat dari jalur laut, khususnya di Indonesia. Walaupun dalam wilayah satu kota, Sistem Robotik juga masih belum bisa memenuhi pengimplemetasiannya di keseluruhan proyek, apalagi ketika mendapatkan jenis proyek yang sama dalam waktu yang bersamaan karena biaya

yang dibutuhkan untuk membeli beberapa Sistem Robotik tersebut membutuhkan biaya atau *cost* yang tinggi, dan belum tentu lagi kontrakator mendapatkan proyek yang sama setelahnya, maka secara otomatis dibutuhkan suatu ruang khusus untuk

menyimpan perangkat keras Sistem Robotik tersebut, yang mana membutuhkan biaya pembangunannya. Belum lagi biaya perawatan dan pemeliharaan yang harus dikeluarkan setidaknya setiap tahun, dan biaya merekrut *security* untuk menjaga perangkat keras Sistem Robotik tersebut setidaknya setiap bulan. Lalu

ada juga biaya pelatihan yang harus dikeluarkan untuk menggunakan perangkat keras Sistem Robotik tersebut. Sehingga hal ini dianggap kebutuhan yang masih belum penting dan *urgent* atau darurat dan hanya membuang-buang uang saja oleh

kontraktor. Padahal banyak penelitian yang mengatakan bahwa dengan mengimplementasikan otomatisasi konstruksi secara garis besar dapat meningkatkan produktifitas, kualitas, efisiensi, dan pengurangan durasi proyek.

Seperti halnya yang dijelaskan oleh Grau et al., (2009) mengungkapkan, bahwa dengan adanya penerapan otomatisasi konstruksi yang berupa tracking otomatis di proyek konstruksi yang sedang berlangsung dapat meningkatkan produktifitas proyek yang berupa penghematan waktu dalam meletakkan setiap komponen di lokasi peletakkan yang dilakukan oleh pekerja dan penghematan waktu dalam pencarian sejumlah komponen yang tidak dapat segera ditemukan oleh pekerja. Lalu Miyakawa et al., menyebutkan bahwa dengan adanya penerapan metode konvensional dalam pembangunan bangunan bertingkat tinggi, maka kualitas dan jadwal kerja dapat dipengaruhi oleh angin atau hujan yang turun, dan banyaknya kondisi pekerjaan yang berbahaya. Secara tidak langsung pernyataan tersebut menjelaskan, dengan menerapkan otomatisasi konstruksi yakni *Automated Building Construction System (ABCS)* dapat meningkatkan kualitas hasil pekerjaan dan dapat menghemat waktu. Lalu dengan adanya penerapan sistem robotik tersebut pada proyek konstruksi, maka *quality control* pekerjaan yang didapatkan jauh lebih baik daripada secara manual. Karena terhindarnya faktor lelah yang dapat dialami oleh buruh kerja proyek, sehingga tingkat ketelitian dan kepresisian semakin berkurang. Sedangkan untuk otomatisasi konstruksi yang sudah diterapkan, tidak hanya otomatisasi konstruksi perangkat keras seperti halnya *building installation: tower crane*, tetapi perangkat lunak juga diterapkan pada fase eksekusi ini. Semisal scheduling, secara otomatis jika ingin mengetahui progress proyek sudah sesuai jadwal atau belum, maka otomatisasi konstruksi ini diterapkan hingga fase eksekusi selesai dilaksanakan

Dengan adanya otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan tersebut sesuai yang tertera pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13, memiliki manfaat yang besar pula bagi proyek konstruksi *high-rise building* di wilayah Surabaya, dengan adanya penggunaan CAD dalam proses penggambaran denah proyek sangat membantu dalam meningkatkan produktivitas proyek, meningkatkan kualitas ketajaman dan detailing gambar yang diinginkan, dan meningkatkan efisiensi waktu daripada menggunakan teknik manual. Ini semua didukung

dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh Hewitt and Gambatese (2002) di dalam Mahbub (2008), mengatakan bahwa kontraktor menggunakan teknologi otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi dapat meningkatkan kualitas dan konsistensi, mengurangi durasi proyek, dan menghemat biaya. Seperti dengan adanya pengimplementasian *Building Installation: Tower Crane*, walaupun biaya pengadaan awalnya besar dan memakan waktu berkisar satu (1) bulan penuh untuk mobilisasi dan *erection Building Installation: Tower Crane*, tetapi secara keseluruhan mulai dari awal hingga proyek selesai, semuanya akan jatuh lebih hemat biaya, hemat waktu, hemat tenaga pekerja, dan mengurangi/meminimalisir terjadinya resiko kecelakaan yang lebih banyak diakibatkan karena fatik atau faktor kelelahan yang dialami oleh pekerja jika dibandingkan dengan penggunaan manual, yang mana kemungkinan itu semua terjadi semakin besar. Dapat diartikan bahwa, dengan adanya implementasi otomatisasi konstruksi, pekerjaan yang dilakukan menjadi lebih mudah dan lebih cepat. Contoh lainnya adalah dengan adanya pemasangan atau pengimplementasian perangkat keras berupa *progress monitoring* yang berjenis CCTV. Walaupun jenis otomatisasi konstruksi *progress monitoring* berjenis CCTV masih belum diimplementasikan secara penuh di semua proyek konstruksi *high-rise building* di wilayah Surabaya, hal ini dapat mempunyai dampak manfaat yang besar bagi proyek *high-rise building* yang mengimplementasikan. Misalnya adalah dapat memantau dan melihat progress pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja di lapangan, sehingga supervisor tidak perlu repot-repot selalu terjun ke lapangan secara langsung setiap harinya. Selain itu dapat melihatkan dan menunjukkan secara langsung kepada *owner* atau pemilik bahwa *progress* yang didapat oleh kontraktor sudah sejauh yang diharapkan atau belum tanpa harus *owner* terjun langsung ke lapangan. Dan dengan mengimplementasikan teknologi otomatisasi konstruksi pada proyek *high-rise building* maupun proyek manapun, dapat meningkatkan kredibilitas dan kepercayaan publik untuk menggunakan jasa kontraktor tersebut di proyek berikutnya. Selain itu penerapann otomatisasi konstruksi berupa teknologi ADC (*Automated Data Collection*), dan penggunaan EDI (*Electronic Data Interchange*) dan EFT (*Electronic Funds Transfer*) dapat meningkatkan produktifitas dalam memanajemen material (Donyavi and Flanagan, 2009), sehingga berpotensi

dapat mengurangi biaya konstruksi, meminimalisir terjadinya keterlambatan proyek, mengurangi jam kerja pekerja, dan mendorong penghematan durasi proyek (Kasim, Liwan, Shamsuddin, Zainal, and Kamaruddin, 2012). Dan seharusnya kontraktor-kontraktor di Indonesia, khususnya untuk kontraktor yang sedang maupun akan menangani proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya juga mulai menyadari semakin berkurangnya kemampuan baik fisik maupun daya pikir para pekerja yang dikarenakan semakin bertambahnya rata-rata umur para pekerja, akibat banyaknya pemuda-pemuda yang memilih pekerjaan untuk tidak menjadi pekerja konstruksi (Poppy, 1994), sehingga semakin berkurangnya pekerja konstruksi di masa yang akan datang (Won, Lee, and Kim).

Lalu dari hasil penghambat dan manfaat menurut kontraktor yang sudah tercantum dalam Gambar *fishbone diagram* pada LAMPIRAN 6, perlu diketahui bahwa pemilihan variabel penghambat berdasarkan pengalaman responden, tidak memiliki perbedaan yang signifikan, baik pengalaman responden < 5 th, 5-10 th, maupun > 10 th menyetujui bahwa faktor utama atau yang paling dominan dalam menghambat pengimplementasian otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *high-rise building* di Surabaya adalah variabel penghambat besarnya biaya investasi yang dikeluarkan dan dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi. Kemudian pada pemilihan variabel manfaat berdasarkan pengalaman responden, memiliki perbedaan hasil manfaat yang paling dominan. Pada pengalaman responden < 5 th dan 5-10 th, sepakat manfaat yang paling dominan yang dirasakan oleh pelaksana proyek konstruksi *high-rise building* di Surabaya dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi adalah meningkatnya produktivitas proyek dan adanya peningkatan kualitas, sedangkan pada pengalaman responden > 10 th memilih bahwa meningkatnya produktivitas proyek dan adanya peningkatan efisiensi.

Begitu pula dari sisi konsultan, secara otomatis yang digunakan hanyalah perangkat lunak saja dan *project life-cycle* fase perencanaan saja. Dimana detailing *project life-cycle* fase perencanaan dapat dilihat pada Tabel 4.9 di atas. Berdasarkan hasil analisis deskriptif yang telah dilakukan, dari sebelas (11) variabel otomatisasi konstruksi yang telah disebar dalam kuisioner, terdapat lima (5) teratas otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan, yaitu

otomatisasi konstruksi CAD, CAE: *Structural Modeling*, CAE: *Finite Element Analysis*, ERP Software Tools dan *Billing & Payment System Tools*. Dan terdapat 5 teratas dan 5 terbawah otomatisasi konstruksi yang belum maupun sudah diimplementasikan terdapat variabel penghambat dan variabel manfaat yang telah di analisis dengan menggunakan *fishbone diagram*. Berikut Variabel penghambat otomatisasi konstruksi yang belum dan yang sudah diimplementasikan, dengan masing-masing pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Rekapitan hambatan yang paling dominan menurut konsultan perencana

Peringkat	Kode	Variabel Penghambat
1	Q	Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi.
2	B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.
3	C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi.
4	L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.
5	N	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomatisasi konstruksi yang digunakan.

Tabel 4.13 Rekapitan manfaat yang paling dominan menurut konsultan perencana

Peringkat	Kode	Variabel Manfaat
1	F	Peningkatan kualitas
2	C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek
3	G	Peningkatan Efisiensi
4	E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi
5	D	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah

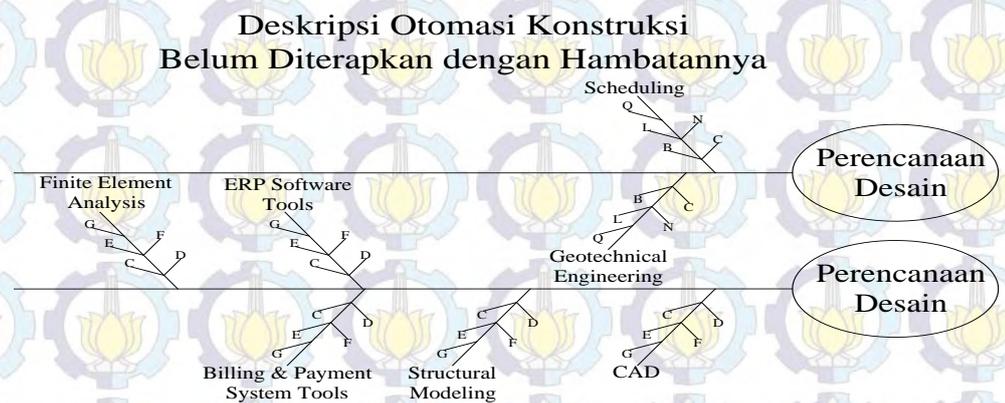
Lalu dapatlah disusun sebuah tabulasi akhir yang berupa variabel jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang belum maupun sudah diimplementasikan pada *project life-cycle* fase perencanaan yang mana tabulasinya tertera pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Tabulasi akhir variabel otomatisasi konstruksi yang jarang / belum maupun sudah diimplementasikan pada fase perencanaan menurut konsultan perencanaan

Fase Perencanaan	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Jarang / Belum Diterapkan	Kode	Deskripsi Otomasi Konstruksi Sudah Diterapkan
Perencanaan Desain	V3	CAE: Geotechnical Engineering	V1	CAD
			V2	CAE: Finite Element Analysis
	V7	PMCS Tools: Scheduling	V4	CAE: Structural Modeling
			V5	ERP Software Tools
			V11	Billing & Payment System Tools
Perencanaan Engineering	V3	CAE: Geotechnical Engineering	V1	CAD
			V2	CAE: Finite Element Analysis
	V7	PMCS Tools: Scheduling	V4	CAE: Structural Modeling
			V5	ERP Software Tools
			V11	Billing & Payment System Tools
Perencanaan Resiko	V3	CAE: Geotechnical Engineering	V2	CAE: Finite Element Analysis
	V7	PCMCS Tools: Scheduling	V5	ERP Software Tools
	V9	Web-based Project Collaborative		
	V10	PMCS Tools: Cost Management	V11	Billing & Payment System Tools
Perencanaan RAB	V7	PMCS Tools: Scheduling	V1	CAD
	V9	Web-based Project Collaborative	V4	CAE: Structural Modeling
	V10	PMCS Tools: Cost Management	V5	ERP Software Tools
			V11	Billing & Payment System Tools
Estimasi Biaya Proyek	V7	PMCS Tools: Scheduling	V1	CAD
	V9	Web-based Project Collaborative	V4	CAE: Structural Modeling
	V10	PMCS Tools: Cost Management	V5	ERP Software Tools
			V11	Billing & Payment System Tools

Sesuai dengan tabulasi diatas, maka dapat digambarkan sebuah *fishbone diagram* akhir sesuai dengan *project life-cycle*-nya. Di dalam gambar *fishbone diagram* ini dapat dilihat dengan jelas mana-mana saja variabel otomatisasi konstruksi yang sudah diimplementasikan maupun belum disetiap fase beserta detailing variabel

penghambat dan variabel manfaat pengimplementasiannya secara garis besar. Dimana deskripsi kode variabel penghambat dan variabel manfaat yang tertera pada gambar, dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 diatas. Berikut gambaran *fishbone diagram*nya dapat dilihat pada Gambar 4.15 untuk fase perencanaan desain.



Gambar 4.15 *Fishbone diagram* pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana

Sedangkan untuk detail gambaran *fishbone diagram* fase perencanaan dapat dilihat pada LAMPIRAN 5-*Fishbone Diagram* implementasi Otomatisasi Konstruksi beserta Variabel Penghambat dan Variabel Manfaatnya poin fase perencanaan f hingga poin fase perencanaan j.

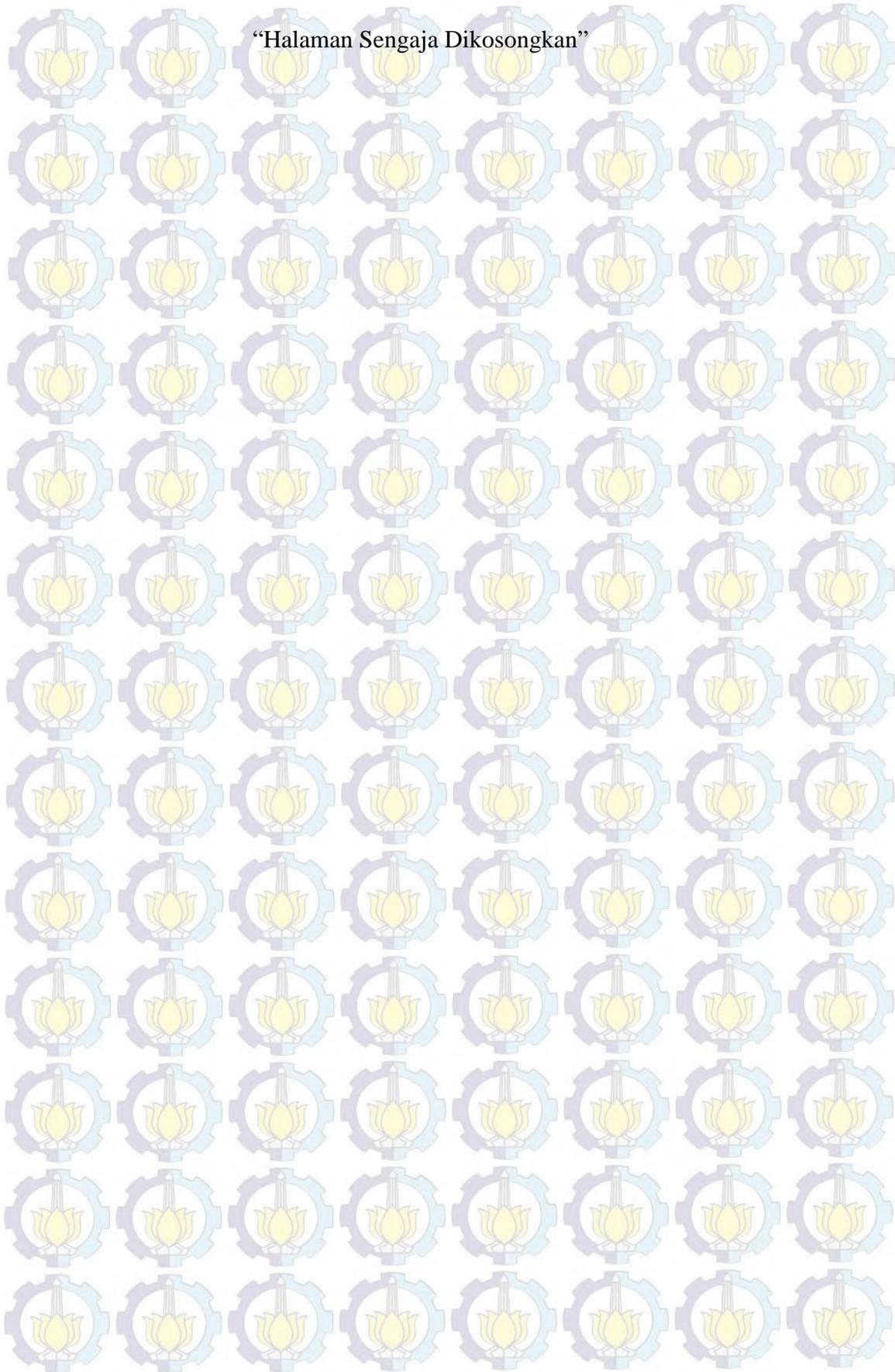
Dari gambar *fishbone diagram* yang tertera diatas dapat dilihat bahwa dari 5 teratas dan 5 terbawah otomatisasi konstruksi, tidak semuanya tercantum pada gambar. Karena disesuaikan dengan hasil dari pilihan centangan responden pada kuisisioner yang telah kembali. Untuk variabel otomatisasi konstruksi yang belum diterapkan, dari keseluruhan fase perencanaan, salahsatunya terdapat variabel otomatisasi konstruksi *Scheduling* dan *Cost Management*. Menurut Pak Alex selaku *Engineering Manager* konsultan perencana struktur CV. Benjamin Gideon & Associates, variabel otomatisasi konstruksi ini merupakan sebuah variabel yang memang tidak digunakan oleh konsultan perencana, karena memang kebanyakan dari proyek *high-rise building* yang telah berlangsung maupun yang sedang berlangsung dalam 5 tahun terakhir ini, untuk variabel otomatisasi konstruksi *Scheduling* merupakan tugas seorang QS atau *Quantity Surveyor* dan

kontraktor. Sehingga memang kebanyakan konsultan perencana tidak menggunakan variabel otomatisasi konstruksi *Scheduling* ini. Sedangkan menurut konsultan perencana untuk otomatisasi konstruksi *PMCS Tools: Web-based Project Collaborative* memang sebaiknya digunakan karena dapat menyambungkan informasi dari proyek satu dengan proyek lain di perusahaan yang sama. Karena pada hasil yang diperoleh, *PMCS Tools: Web-based Project Collaborative* memang masih belum diimplementasikan. Lalu untuk variabel otomatisasi konstruksi yang sudah diterapkan dari keseluruhan fase perencanaan, semisal dengan adanya pengimplementasian otomatisasi konstruksi *CAE: Structural Modeling*, konsultan perencana menganggap bahwa peningkatan secara kualitas akan semakin besar jika dibandingkan dengan cara perhitungan manual. Karena keakurasian dan ketelitian yang dihasilkan oleh *CAE: Structural Modeling* sangat tinggi, maka secara otomatis produktifitas proyek pun juga semakin meningkat. Begitu pula dengan pengimplementasian CAD, faktor kelelahan yang dapat menyebabkan kurangnya tingkat keakurasian dan ketelitian dapat dihindari.

Lalu dari hasil penghambat dan manfaat menurut konsultan perencana yang sudah tercantum dalam Gambar *fishbone diagram* pada LAMPIRAN 6, perlu diketahui bahwa pemilihan variabel penghambat berdasarkan pengalaman responden, tidak memiliki perbedaan yang signifikan, baik pengalaman responden 5-10 th maupun > 10 th menyetujui bahwa faktor utama atau yang paling dominan dalam menghambat pengimplementasian otomatisasi konstruksi pada proyek konstruksi *high-rise building* di Surabaya adalah variabel penghambat Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi dan dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi. Kemudian pada pemilihan variabel manfaat berdasarkan pengalaman responden, memiliki perbedaan hasil manfaat yang paling dominan. Pada pengalaman responden 5-10 th, manfaat yang paling dominan yang dirasakan oleh pelaksana proyek konstruksi *high-rise building* di Surabaya dalam mengimplementasikan otomatisasi konstruksi adalah meningkatnya produktivitas proyek dan adanya peningkatan kualitas, sedangkan pada pengalaman responden > 10 th memilih bahwa adanya peningkatan kualitas dan peningkatan efisiensi. Dalam kuisisioner konsultan perencana tidak ada pengalaman responden < 5 th.

Tetapi dapat dilihat, bahwa antara konsultan perencana struktur dan kontraktor selaku pelaksana proyek mempunyai suatu hubungan. Menurut Ir. Agus MT selaku *Project Manager* PT PP Persero Tbk, menjelaskan bahwa hubungan yang dimiliki oleh konsultan perencana struktur dengan kontraktor selaku pelaksana merupakan hubungan pekerjaan desain dan *engineering*. Jadi kontraktor secara umum pun juga terlibat dalam pekerjaan desain dan *engineering*. Dalam pekerjaan desain menghasilkan sebuah struktural *as-built drawing* yang menggunakan otomatisasi konstruksi CAD dan dalam pekerjaan *engineering* struktural bangunan yang menggunakan otomatisasi konstruksi CAE: *Structural Modeling*, salah satunya berupa diameter tulangan, jumlah tulangan yang dibutuhkan, diameter kolom maupun balok, dan lain-lain. Lalu hal ini didiskusikan secara pasti oleh konsultan perencana struktur dengan kontraktor, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan atau sumber informasi oleh kontraktor selaku pelaksana dalam mengeksekusi bangunan konstruksi dan menetapkan suatu metoda pelaksanaan secara tepat. Pernyataan ini secara otomatis menegaskan bahwa secara umum kontraktor pun juga menerapkan otomatisasi konstruksi berupa CAD dan CAE: *Structural Modeling* di lapangan.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dari total 34 responden untuk kontraktor dan 23 responden untuk konsultan perencana pada proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya, dapat diambil dari rumusan masalah, yakni :

1. Jenis-jenis otomatisasi konstruksi yang sudah banyak diimplementasikan di proyek *high-rise building* di wilayah Surabaya menurut pandangan kontraktor adalah variabel *Building Installation: Tower Crane*, CAD, *PMCS Tools: Cost Estimating*, Sistem Robotik: *EathMoving*, Sistem Robotik: PDE, *PMCS Tools: Scheduling*. Sedangkan menurut pandangan konsultan perencana adalah CAD, CAE: *Structural Modeling*, CAE: *Finite Element Analysis*, dan *Billing & Payment System Tools*.
2. Lima besar faktor yang paling menghambat pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi dari 18 variabel penghambat yang tertera, menurut pandangan kontraktor adalah besarnya biaya investasi yang dikeluarkan, dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi, kerana belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi yang akan diterapkan, dibutuhkannya pekerja dengan *soft skill* maupun *hard skill* yang memadai, dan adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini. Sedangkan menurut pandangan konsultan perencana, lima besar faktor yang paling menghambat pengimplementasian jenis-jenis otomatisasi konstruksi dari 18 variabel penghambat yang tertera adalah kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomatisasi konstruksi, besarnya biaya investasi yang dikeluarkan, dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomatisasi konstruksi, adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini, dan tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomatisasi konstruksi yang digunakan.

3. Lima besar faktor manfaat yang paling tinggi dari 7 variabel manfaat yang tertera, menurut pandangan kontraktor adalah dapat meningkatkan produktifitas proyek, peningkatan kualitas, peningkatan efisiensi, peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi, dan dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi. Sedangkan menurut pandangan konsultan perencana, lima besar faktor manfaat yang paling tinggi dari 7 variabel manfaat yang tertera adalah peningkatan kualitas, dapat meningkatkan produktifitas proyek, peningkatan efisiensi, peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi, dan dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomatisasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah.

5.2 Saran

Dari hasil yang sudah diperoleh, diketahui beberapa item otomatisasi konstruksi yang masih belum diimplementasikan dalam pembangunan proyek konstruksi *high-rise building* di Surabaya, diantaranya adalah CAE: *Finite Element Analysis*, *Artificial Intelligence* (AI), CAM, Sistem Robotik yang berupa pekerjaan cat, pemasangan dinding, *finishing concrete*, pengelasan, dan metode konstruksi. Item otomatisasi konstruksi ini dapat diteliti lebih dalam lagi mengenai perkembangannya dalam beberapa tahun mendatang pada proyek konstruksi di Surabaya maupun cakupan yang lebih luas, yakni Indonesia. Dengan contoh, *Artificial Intelligence* (AI). Item otomatisasi konstruksi ini sangat memungkinkan untuk digunakan dalam proyek konstruksi oleh kontraktor selaku pelaksana. Karena dengan adanya penerapan otomatisasi konstruksi di AI, resiko-resiko yang akan terjadi selama proyek berlangsung dapat terkontrol dengan jelas. Sehingga dapat dilakukan penelitian perbandingan studi kasus dengan dan tanpa menerapkan AI. Manfaat dan kerugian apa yang didapatkan. Lalu dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan penggunaan kolaborasi otomatisasi konstruksi pada bagian struktural bangunan dan *mechanical-electrical* bangunan. Jadi dapat dilakukan sebuah penelitian bagaimana mengkolaborasikan kedua otomatisasi konstruksi tersebut dalam penerapannya agar dapat berjalan dengan selaras.

DAFTAR PUSTAKA

Balaguer, C., Abderrahim, M . 2008 . Trends in Robotics and Automation in Construction . Robotics and Automation in Construction . ISBN 978-953-7619-13-8 . In Tech

Bock, T . 2008 . Construction Automation and Robotics . Robotics and Automation in Construction . ISBN 978-953-7619-13-8 . In Tech

Daneva, M., Wieringa, R . 2005 . Requirements Engineering for Cross-organizational ERP Implementation: Undocumented Assumptions and Potential Mismatches . Department of Computer Science . University of Twente . The Netherlands . 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering, RE 2005 . Paris . France.

Donyavi. S., Flanagan. R., 2009 . The Impact Of Effective Material Management On Construction Site Performance For Small And Medium Sized Construction Enterprises . *Procs 25th Annual ARCOM Conference*, 7-9 September 2009, Nottingham, UK, Association of Researchers in Construction Management, 11-20 . UK.

Gassel F.V . 2005 . The Development of a Concept for a Dutch Construction System for High-rise Buildings . 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction . ISARC 2005 . Italy

Gassel. F.V . 2007. Modern Construction in Japan . Technische Universiteit Eindhoven.

Grau. D., Caldas. C.H., Haas C.T., Goodrum. P.M., Gong. J . 2009 . Impact of fast automated tracking of construction components on labor productivity . 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction . ISARC.

Fischer. R . 2002 . Project management control system implementation and tools . Project management services, Inc.

Hao. Q., Shen. W., Neelamkavil. J., Thomas. R . 2008 . Change management in construction projects . CIB W78 2008 International Conference on Information Technology in Construction. Santiago . Chile.

Hewitt. M.M., Gambatese. J.A . 2002 . Automation Consideration During Project Design . International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC) . Washington . Corvallis . Oregon

- Ikeda, Y., Harada, T . 2006 . Application Of The Automated Building Construction System Using The Conventional Construction Method Together . ISARC . Japan.
- Kasim N., Liwan S. R., Shamsuddin A., Zainal R., Kamaruddin N. C . 2012 . Improving On Site Materials Tracking For Inventory Management In Construction Projects . Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship . ICTMBE 2012 . Malaysia
- Mahbub. R . 2008 . An investigation into the barriers to the implementation of automation and robotics technologies in the construction industry . School of Urban Development Faculty of Built Environment and Engineering Queensland University of Technology . Australia.
- Max, T . 2013 . Daftar Perusahaan Kontraktor BUMN Indonesia . <http://kampus-sipil.blogspot.com/2013/04/daftar-perusahaan-kontraktor-bumn.html>
- Navon. R . 2009 . Research on Automated Project Performance Control: An Update . . 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction . ISARC. Austin . Texas . US
- Navon. R., Isaac. S . 2012 . Combining automatically and manually collected data for project monitoring and control . ISARC World Conference . Eindhoven.
- Neelamkavil, J. 2009 . Automation in the Prefab and Modular Construction Industry . *26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2009)* . National Research Council Canada .
- O'Brien. J., . 1996 . Holistic-automation of construction projects . 13th ISARC PP. 179-188. Australia
- PMBOK Guide – Fifth Edition . 2013 . A Guide To The Project Management Body Of Knowledge . Project Management Institute, Inc . Newton Square, Pennsylvania, United States of America
- Poppy W . 1994 . Driving Forces and Status of Automation and Robotics in Construction in Europe . Automation and Robotics in Construction XI . D. A. Chamberlain .
- Quetti C., Pigni F . 2014 . Factors Affecting RFID Adoption in a Vertical Supply Chain : The Case of The Silk Industry in Italy . HAL archives-ouvertes. Fr . Collaborative Networks for a Sustainable World, 336, Springer, pp.653-

663, 2010, IFIP Advances in Information and Communication Technology . New York.

Reschke H., Schelle H . 1990 . Dimensions of The Project Environment . Springer-Verlag in 1990 .
<http://www.maxwideman.com/papers/projenviro/dimensions.htm>

Saracoglu, B. O . 2006 . "Identification of Technology Performance Criteria for CAD/CAM/CAE/CIM/CAL in Shipbuilding Industry". http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering

Swandewi, P., N., D. 2014 . Macam-macam Software yang digunakan dalam Proses Desain . <https://deviswandewi.wordpress.com/2014/09/14/macam-macam-software-yang-digunakan-dalam-proses-desain/>

Ueno T . 1998 . Automation and Robotics in Construction in Japan – State of The Art - . Institute of Technology, Shimizu Corporation . Japan . Proceedings of The 15th ISARC . Munchen . Germany.

U.S. Congress, Office of Technology Assessment . 1984 . *Computerized manufacturing automation* . DIANE Publishing .
http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing

Vähä. P., Heikkilä. T., Kilpeläinen. P., Järviluoma. M., Gambao. E . 2013 . Extending Automation of building construction-Survey on potential sensor technologies and robotic applications . Automation in Construction 36 (2013) 168-178 . Finland . Spain

Vicky . 2013 . Pengertian Software (perangkat lunak) Komputer . <http://belajar-komputer-mu.com/pengertian-software-perangkat-lunak-komputer/>

Vicky . 2011 . Pengertian Hardware (perangkat keras) Komputer . <http://belajar-komputer-mu.com/pengertian-hardware-perangkat-keras-komputer/>

Wahyu Adi, T., J. 2013 . The use of computer/AI In construction management. Modul Kuliah . Civil Engineering department, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya-Indonesia

Wikipedia, The Free Encyclopedia . 2015 . Enterprise Resource Planning .
https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning

Wikipedia, The Free Encyclopedia . 2015 . Computer-Aided Manufacturing .
https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing

Wikipedia, The Free Encyclopedia . 2013 . Category : Computer-Aided Manufacturing Software .

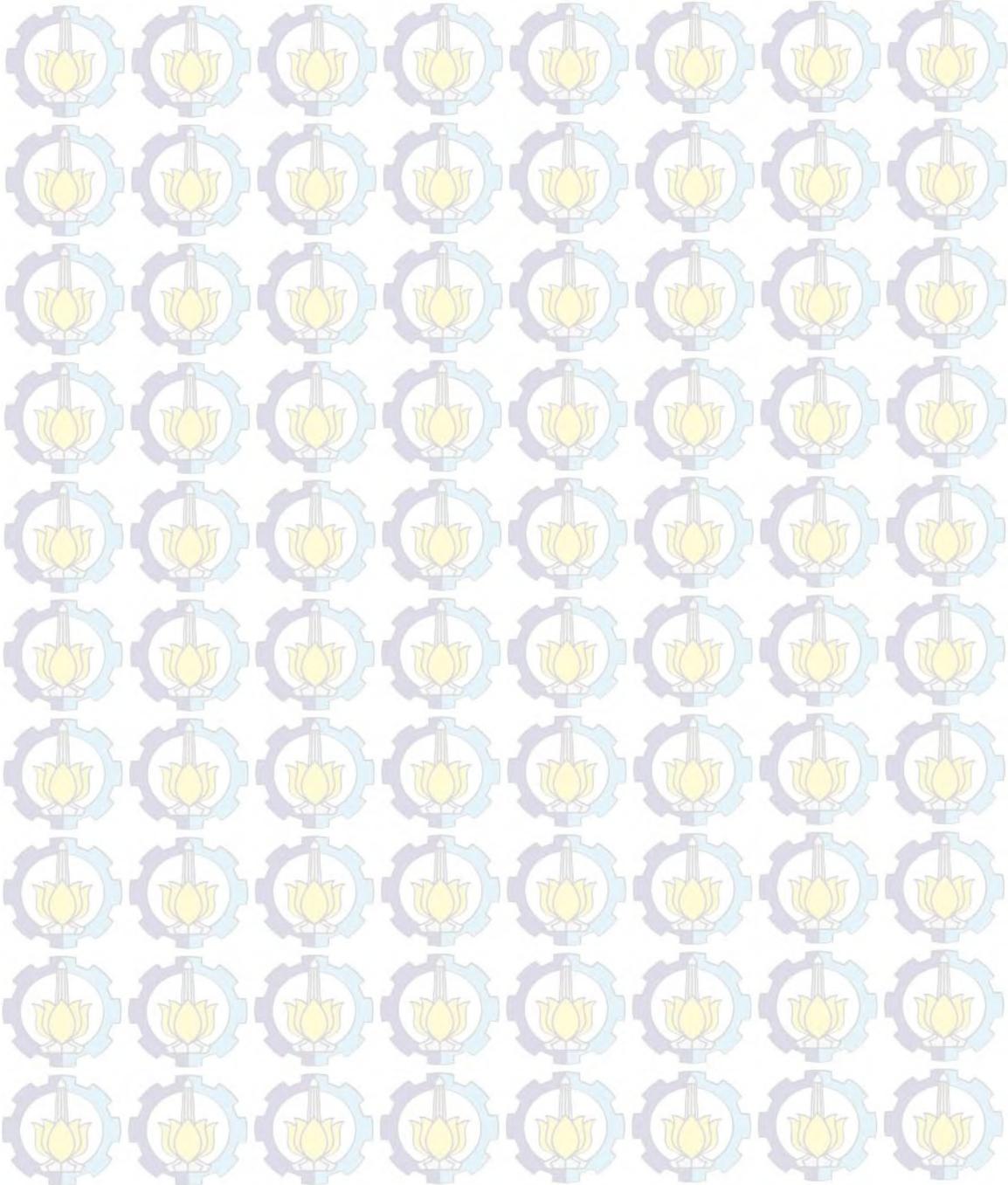
https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Computer-aided_manufacturing_software

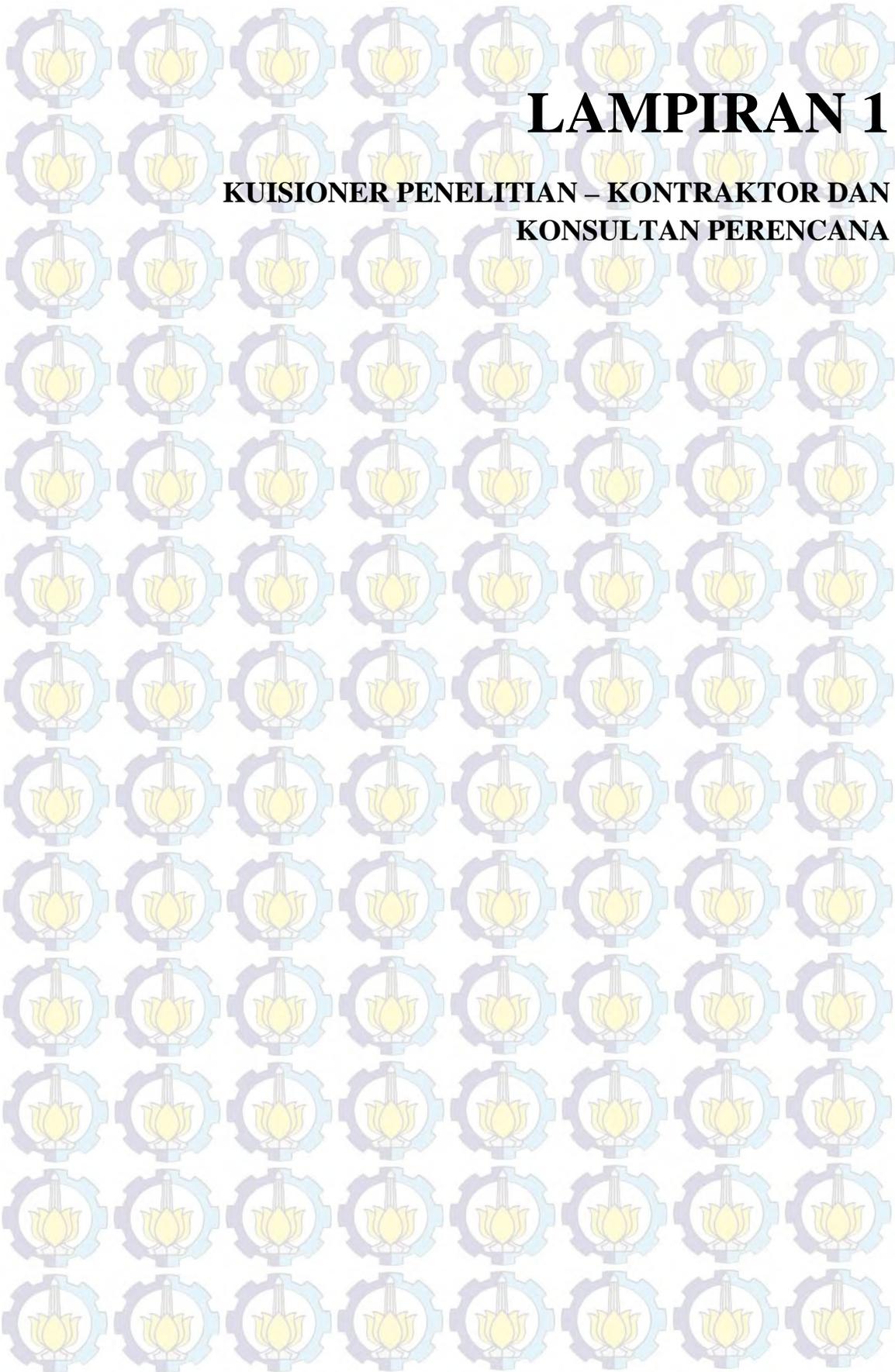
Wikipedia, The Free Encyclopedia . 2015 . Computer-Aided Engineering .

https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_engineering

Wikipedia, The Free Encyclopedia . 2013 . Category : Computer-Aided

Engineering Software . https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Computer-aided_engineering_software





LAMPIRAN 1

KUISIONER PENELITIAN – KONTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)
SURABAYA**

Kuisisioner Survey :

**IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI PADA INDUSTRI
KONSTRUKSI DI SURABAYA**

Kepada Yth:
Bapak/Ibu
Ditempat.

Dengan hormat,

Berikut saya sampaikan kuesioner yang dipergunakan sebagai alat untuk survei mengenai jenis-jenis penerapan otomatisasi konstruksi di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya, beserta hambatan penerapannya dan manfaat penerapannya

Dengan banyaknya penerapan otomasi konstruksi yang sudah diterapkan di berbagai negara yang berada di belahan dunia ini, peneliti ingin mengetahui seberapa banyak jenis-jenis otomasi konstruksi yang sudah diterapkan di Surabaya, Indonesia. Jika belum diterapkan, peneliti ingin mengetahui hambatan yang menyebabkan belum diterapkannya otomasi konstruksi di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya, dan jika sudah, peneliti ingin mengidentifikasi manfaat-manfaat apa saja yang didapatkan oleh responden penelitian dalam menerapkan otomasi konstruksi di Indonesia, khususnya di wilayah Surabaya.

Maka dari itu besar harapan saya agar Bapak/Ibu dapat bekerja sama mengisi kuesioner ini. Hasil pengisian kuesioner penelitian ini dapat menjadi sebuah sumber yang dapat mengatakan sudah atau belumnya Indonesia menerapkan jenis-jenis otomasi konstruksi, di kemudian hari.

Atas perhatian dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Rangga Risnu Nirwan Pratama.

Mahasiswa Pasca Sarjana Program Magister Manajemen Proyek Konstruksi ITS

No telp : 082233178070

Email : risnuson@gmail.com atau ranggarisnu@yahoo.com

I. Identitas Responden

Mohon diisikan biodata Anda di bawah ini :

A	Nama Responden	:
B	Nomor Telp. / Alamat Email	:
C	Nama Perusahaan Kontraktor/Konsultan Perencana	:

D Jabatan Responden :

<input type="checkbox"/>	Staff Engineering
<input type="checkbox"/>	Engineering Manager
<input type="checkbox"/>	Project Manager

E Pengalaman Responden :

<input type="checkbox"/>	5 th <
<input type="checkbox"/>	5 - 10 th
<input type="checkbox"/>	10 th >

F Pengalaman Perusahaan :

<input type="checkbox"/>	10 th <
<input type="checkbox"/>	10 - 20 th
<input type="checkbox"/>	20 th >

G Jenis Perusahaan :

<input type="checkbox"/>	BUMN
<input type="checkbox"/>	Swasta

H Kualifikasi Perusahaan :

<input type="checkbox"/>	Kecil
<input type="checkbox"/>	Sedang
<input type="checkbox"/>	Besar

II. Aturan Pengisian Kuisisioner Penelitian

Kuisisioner penelitian akan dibagi menjadi 4 tahap yang menjadi satu kesatuan. Mohon kuisisioner diisi dengan cara memilih lalu memberikan tanda **CENTANG** (√) sesuai dengan penilaian Anda, mulai dari tahap pertama hingga tahap keempat.

Tahap Pertama

Anda akan mengisi sebuah kolom skala persetujuan penerapan jenis-jenis otomasi konstruksi dengan memberikan tanda **CENTANG** (√) di salah satu kolom skala persetujuan 1 hingga 5, dengan penjelasan skala persetujuan sebagai berikut :

- | | |
|--|--|
| 1. Penilaian persepsi belum diterapkan sama sekali. | ↑
Belum diterapkan
↓
Sudah diterapkan penuh |
| 2. Penilaian persepsi sudah sedikit diterapkan. | |
| 3. Penilaian persepsi sudah sebagian diterapkan. | |
| 4. Penilaian persepsi sudah banyak diterapkan. | |
| 5. Penilaian persepsi sudah diterapkan secara penuh. | |

Tahap Kedua

Anda akan mengisi sebuah kolom *project life-cycle* yang terdiri dari kolom *Fase Perencanaan* (dibagi menjadi 5 kolom) dan *Fase Eksekusi* (dibagi menjadi 4 kolom), lalu anda bisa memilih satu atau lebih fase yang sekiranya memenuhi kriteria sudah diterapkannya otomasi konstruksi, dengan memberikan tanda **CENTANG** (√) pada kolom tahap kedua. **Tahap ini dilewati, jika Responden mencentang skala likert 5.**

Tahap Ketiga

Anda akan mengisi sebuah kolom hambatan penerapan jenis-jenis otomasi konstruksi dengan memilih satu atau lebih hambatan yang dihadapi dalam menerapkan jenis-jenis otomasi konstruksi pada proyek yang anda tangani, dengan memberikan tanda **CENTANG** (√) pada kolom tahap ketiga. **Tahap ini dilewati, jika Responden mencentang skala likert 5.** Faktor hambatan yang tertera dalam kuisisioner berupa kode A hingga R, yang mana keterangan kodenya dapat dilihat pada Tabel faktor penghambat.

Tahap Keempat

Anda akan mengisi sebuah kolom manfaat yang didapat dari penerapan jenis-jenis otomasi konstruksi dengan memilih satu atau lebih manfaat yang anda rasakan dengan diterapkannya otomasi konstruksi pada proyek yang sedang anda tangani, dengan memberikan tanda **CENTANG** (√) pada kolom tahap keempat. **Tahap ini dilewati, jika Responden mencentang skala likert 1.** Faktor manfaat yang tertera dalam kuisisioner berupa kode A hingga G, yang mana keterangan kodenya dapat dilihat pada Tabel faktor manfaat.

III. Kuisisioner Penelitian

Dimohon kuisisioner diisi sesuai dengan aturan yang tertera pada Nomor II. Aturan Kuisisioner Penelitian.

#Terima Kasih #

KUISIONER KONTRAKTOR

	Otomatisasi Konstruksi	JENIS	Contoh	TAHAP PERTAMA					TAHAP KEDUA							
				Penerapan di Surabaya					Project Life-cycle							
				1	2	3	4	5	Fase Perencanaan				Fase Eksekusi			
						Perencanaan Desain	Perencanaan Engineering	Perencanaan Resiko	Perencanaan RAB	Estimasi Biaya Proyek	Perencanaan Organisasi Proyek	Pengadaan Bahan Bangunan & Material	QC	Progress Monitoring		
Sofware	CAD	Desain	autoCAD, archiCAD, Google Sketch Up													
	CAM	Program pengendali yang terintegrasi dengan mesin kerja	NX CAM, CAM Express, DELCAM													
	CAE	Simulator produk														
		Geotechnical engineering	STABL, UTEXAS													
		Finite element analysis	Abaqus, ADINA, LUSAS													
	AI	Structural modeling	SAP2000, ETABS													
		Prediktor resiko	Fuzzy Logic, Neural Network													
	ERP tools	Integrasi manajemen back office	NETSUITE, SAP Business All in one													
	PMCS tools	Sarana sistem kontrol manajemen proyek														
		Cost estimating	Ms. Excel, Ms. Access, WinEstimator													
		Scheduling	Ms. Project, Primavera SureTrak, P3, Artemis View Point													
		Cost management	Welcom Cobra, MPM, Artemis Cost View													
		web based project collaborative	Welcom Home, Artemis View Point, SiteSpace													
	Billing and payment system tools	Sistem pembayaran	EFT, EDI													
	ADC Technology	Penangkapan data secara otomatis														
Positioning		Optical tracker, laser tachymeter, laser indoor GPS														
Tracking		RF Based System, Inertial Based System, Camera based system														
	Progress Monitoring	RFID, CAD Integration, Digital Photos														
Sistem robotik	Pekerjaan dengan menggunakan robot															
	Earthmoving	Excavators, bulldozer, dragline														
	PDE	Hydraulic hammer, Vibratory hammer														
	Prefabrication	robot placing magneo CAD-CAM														
	Building instalation	Tower crane														
	Pengelasan	Robot las otomatis														
	Finishing Beton	Robot perataan beton cor														
	Pemasangan Dinding	Robot otomatis														
	Pekerjaan cat	Robot semprot cat otomatis														
	Metode Konstruksi pada bangunan gedung		AMURAD, BIG CANOPY, SMART, ABCS													

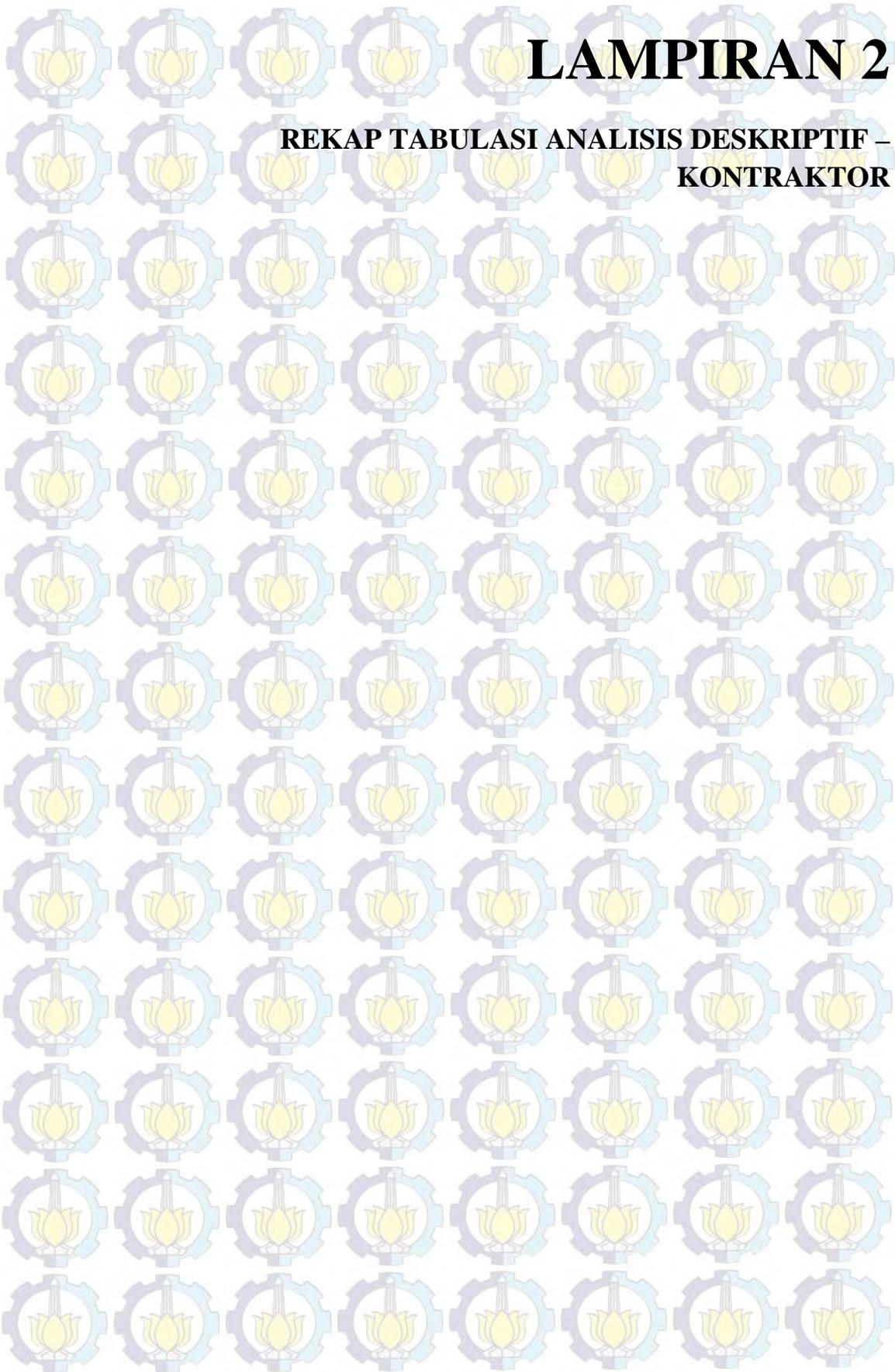
Otomatisasi Konstruksi	JENIS	Contoh	TAHAP KETIGA																TAHAP KEEMPAT						
			Faktor Penghambat																Faktor Manfaat						
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	A	B	C	D	E
CAD	Desain	autoCAD, archiCAD, Google Sketch Up																							
CAM	Program pengendali yang terintegrasi dengan mesin kerja	NX CAM, CAM Express, DELCAM																							
CAE	Simulator produk																								
	Geotechnical engineering	STABL, UTEXAS																							
	Finite element analysis	Abaqus, ADINA, LUSAS																							
	Structural modeling	SAP2000, ETABS																							
AI	Prediktor resiko	Fuzzy Logic, Neural Network																							
ERP tools	Integrasi manajemen back office	NETSUITE, SAP Business All in one																							
PMCS tools	Sarana sistem kontrol manajemen proyek																								
	Cost estimating	Ms. Excel, Ms. Access, WinEstimator																							
	Scheduling	Ms. Project, Primavera SureTrak, P3, Artemis View Point																							
	Cost management	Welcom Cobra, MPM, Artemis Cost View																							
Billing and payment system tools	web based project collaborative	Welcom Home, Artemis View Point, SiteSpace																							
ADC Technology	Sistem pembayaran		EFT, EDI																						
	Penangkapan data secara otomatis																								
	Positioning	Optical tracker, laser tachymeter, laser indoor GPS																							
	Tracking	RF Based System, Inertial Based System, Camera based system																							
	Progress Monitoring	RFID, CAD Integration, Digital Photos																							
Sistem robotik	Pekerjaan dengan menggunakan robot																								
	Earthmoving	Excavators, bulldozer, dragline																							
	PDE	Hydraulic hammer, Vibratory hammer																							
	Prefabrication	robot placing magneto CAD-CAM																							
	Building instalation	Tower crane																							
	Pengelasan	Robot las otomatis																							
	Finishing Beton	Robot perataan beton cor																							
	Pemasangan Dinding	Robot otomatis																							
Pekerjaan cat	Robot semprot cat otomatis																								
Metode Konstruksi pada bangunan gedung		AMURAD, BIG CANOPY, SMART, ABCS																							

Tabel Keterangan Faktor Penghambat

Kode	Variabel Penghambat
A	Tidak ada hambatan sama sekali.
B	Besarnya biaya investasi yang dikeluarkan.
C	Dibutuhkannya biaya pelatihan penggunaan teknologi otomasi konstruksi.
D	Susahnya mengembangkan teknologi otomasi konstruksi yang sesuai, karena adanya lokasi kerja yang tidak selalu kondusif.
E	Kurangnya fleksibilitas teknologi otomasi konstruksi terhadap cuaca apapun.
F	Mobilitas teknologi otomasi konstruksi yang kurang memadai.
G	Adanya di beberapa negara yang menganggap bahwa teknologi merupakan pengganti para buruh, sehingga dianggap tidak memberikan peluang kerja bagi kaum buruh.
H	Dibutuhkannya pekerja dengan <i>soft skill</i> maupun <i>hard skill</i> yang memadai.
I	Dibutuhkannya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi.
J	Banyaknya <i>participant</i> atau organisasi yang tergabung, dengan tanggung jawab yang berbeda-beda, sehingga teknologi otomasi konstruksi susah untuk diterapkan secara efektif.
K	Adanya kompleksitas proses kerja di proyek dan tidak adanya standarisasi kualitas produk.
L	Adanya rasa nyaman akan pengoperasian yang ada saat ini.
M	Tidak banyaknya pekerja dengan latar belakang akademik yang tinggi
N	Tidak banyaknya pekerja dengan kemampuan khusus sesuai dengan teknologi otomasi konstruksi yang digunakan.
O	Karena belum adanya pekerja yang berkemampuan khusus, maka diperlukan waktu untuk pelatihan penggunaan teknologi otomasi konstruksi yang akan diterapkan.
P	Kurangnya dukungan dari pemerintah untuk pengadaan otomasi konstruksi.
Q	Kurangnya minat dan perlunya kontraktor/konsultan perencana untuk menerapkan otomasi konstruksi.
R	Banyaknya proyek yang masih berskala kecil.

Tabel Keterangan Faktor Manfaat

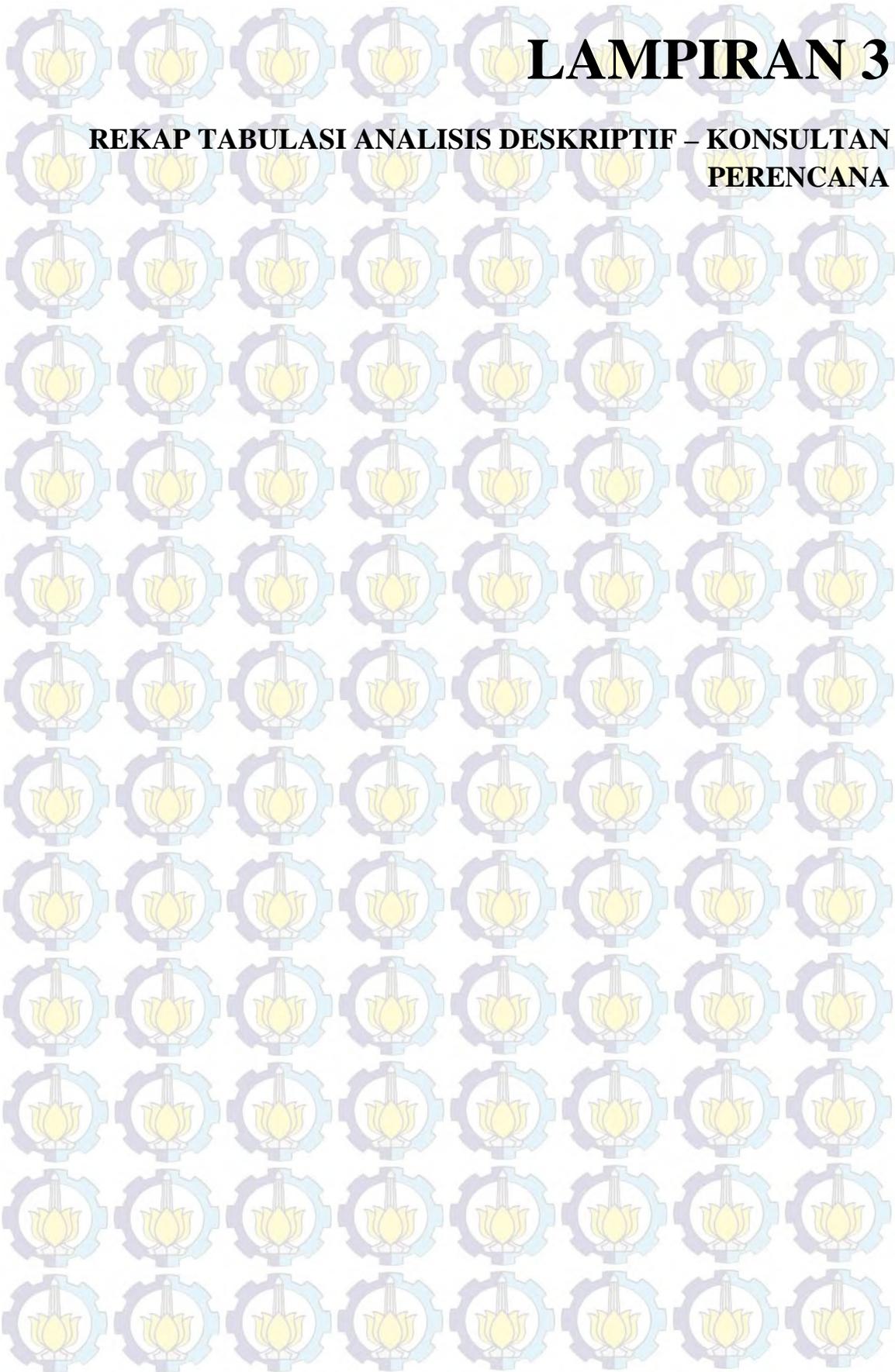
Kode	Variabel Manfaat
A	Tidak bermanfaat sama sekali
B	Dapat meningkatkan skala ekonomi industri konstruksi
C	Dapat meningkatkan produktifitas proyek
D	Dengan adanya investasi atau penanaman modal yang tinggi pada otomasi konstruksi dapat memproduksi biaya unit yang lebih rendah
E	Peningkatan proses kerja dalam proyek konstruksi sehingga pekerjaan dapat dieksekusi lebih baik lagi
F	Peningkatan kualitas
G	Peningkatan Efisiensi



LAMPIRAN 2

REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF - KONTRAKTOR

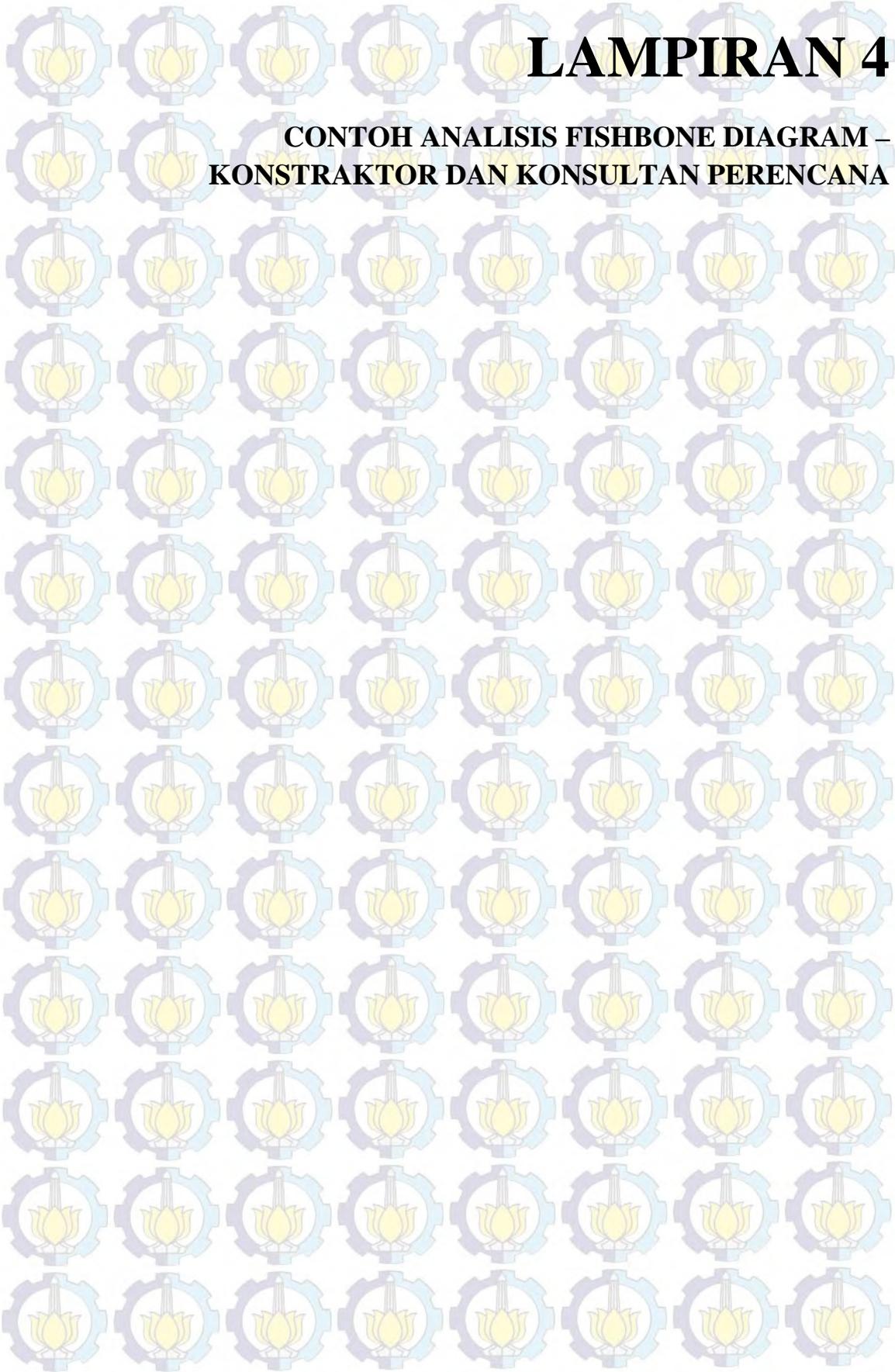
Otomasi Konstruksi Responden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1	4	1	1	2	1	1	4	5	1	1	3	1	1	1	5	5	4	3	1	1	1	1	1
2	1	5	1	1	3	1	1	4	5	1	1	3	2	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1
3	1	5	1	5	4	5	1	5	5	1	5	5	1	2	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1
4	1	5	1	5	4	5	1	5	5	1	5	5	1	2	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1
5	1	4	1	2	4	1	1	4	4	1	1	3	1	3	3	5	5	5	1	1	1	1	1	1
6	1	4	1	2	3	1	1	4	3	1	1	3	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
7	1	5	1	1	3	1	1	3	3	1	1	4	1	1	1	4	4	5	1	1	1	1	1	1
8	1	5	2	2	2	2	2	5	5	2	2	2	3	2	2	4	4	5	2	1	1	1	1	1
9	1	5	2	2	5	1	1	5	5	1	1	3	5	2	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
10	1	5	4	4	5	1	1	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
11	1	5	1	1	4	3	1	4	4	1	1	3	3	3	1	4	4	4	1	1	1	1	1	1
12	1	5	1	1	4	3	1	4	4	1	1	3	3	2	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
13	1	4	2	2	4	2	2	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	2	2	1
14	1	5	2	5	4	2	2	5	5	3	4	3	2	3	2	5	4	5	3	3	1	2	2	1
15	2	5	1	4	4	1	1	5	5	1	1	3	1	1	1	5	5	5	1	5	1	1	1	1
16	1	5	1	1	5	1	1	5	5	1	1	4	5	3	4	5	5	5	1	4	2	1	1	1
17	1	4	1	1	1	1	1	4	4	1	1	3	1	1	1	4	4	5	1	1	1	1	1	1
18	1	5	3	5	4	2	2	4	4	2	2	4	4	4	5	4	4	5	1	1	1	1	1	1
19	1	5	1	1	5	1	1	5	5	1	1	5	1	1	5	4	3	5	1	1	1	1	1	1
20	1	5	1	5	5	1	1	5	5	1	1	5	1	1	4	4	4	5	1	1	1	1	1	1
21	1	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	3	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1
22	1	3	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	3	4	3	1	1	1	1	1	1
23	1	5	1	1	4	1	1	5	5	5	5	4	4	3	4	5	5	4	1	1	1	1	1	1
24	1	5	1	2	4	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	1	2	1	1	1	1
25	1	5	1	2	4	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	1	2	1	1	1	1
26	1	4	1	1	3	5	1	5	5	1	5	5	1	1	1	5	5	5	5	1	5	1	1	1
27	1	4	1	1	3	5	1	5	5	1	5	5	1	1	1	5	5	5	5	1	5	1	1	1
28	1	4	2	2	4	3	3	5	5	1	3	5	1	2	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
29	1	4	1	4	4	1	1	4	4	1	3	5	1	2	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
30	2	5	1	1	3	1	1	5	5	1	1	3	3	1	1	5	5	5	2	1	1	2	1	1
31	2	5	1	1	3	1	1	5	5	1	1	3	3	1	1	5	5	5	2	1	1	2	1	1
32	1	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1
33	1	5	2	3	5	3	1	5	5	1	1	4	1	1	1	4	4	3	1	1	1	1	1	1
34	1	5	1	4	4	3	3	5	5	1	1	5	4	4	4	5	5	5	2	1	1	1	1	1
MEAN	1.09	4.62	1.44	2.35	3.62	2.00	1.32	4.50	4.59	1.50	2.12	3.56	2.06	1.82	2.18	4.59	4.56	4.68	1.79	1.41	1.35	1.12	1.06	1
STDEV	0.29	0.60	0.93	1.57	1.16	1.46	0.73	0.75	0.66	1.13	1.61	1.21	1.43	1.03	1.59	0.61	0.61	0.64	1.39	1.02	1.07	0.33	0.24	0.00



LAMPIRAN 3

REKAP TABULASI ANALISIS DESKRIPTIF – KONSULTAN PERENCANA

Otomasi Konstruksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Responden											
1	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
2	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
3	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
4	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
5	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
6	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
7	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
8	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
9	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
10	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
11	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
12	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
13	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
14	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
15	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
16	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
17	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
18	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
19	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
20	5	3	1	5	5	1	1	1	1	1	5
21	5	5	5	5	3	1	4	5	1	3	3
22	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5
23	5	1	3	5	1	1	5	5	1	3	3
MEAN	5.00	3.09	1.43	5.00	4.74	1.00	1.48	1.52	1.17	1.35	4.83
STDEV	0.00	0.73	1.20	0.00	0.92	0.00	1.27	1.38	0.83	0.98	0.58



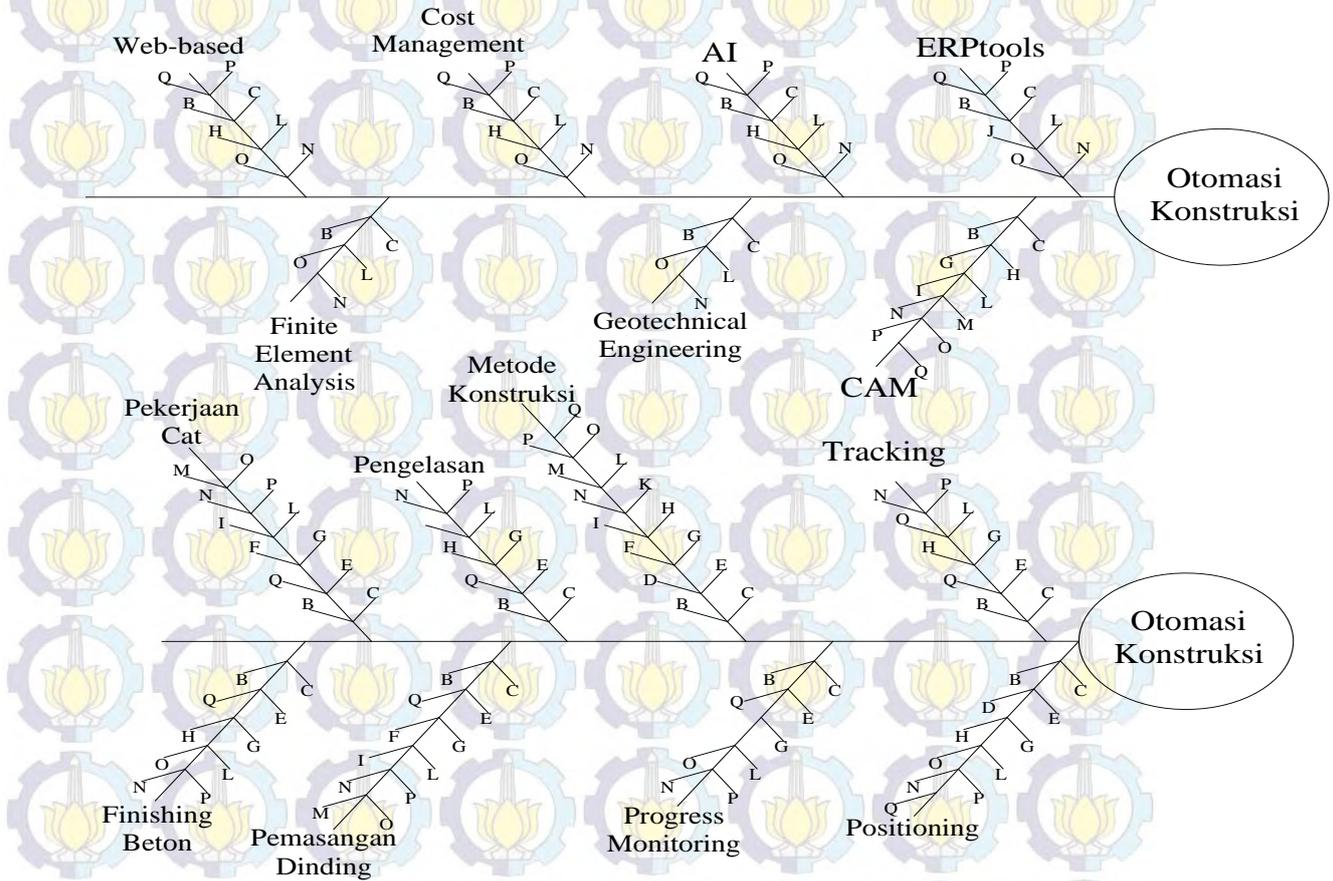
LAMPIRAN 4

CONTOH ANALISIS FISHBONE DIAGRAM – KONSTRAKTOR DAN KONSULTAN PERENCANA

ANALISIS FISHBONE DIAGRAM KUISSIONER 1

1. Belum diterapkan sama sekali

Analisis Fishbone Diagram Kategori Belum Diterapkan

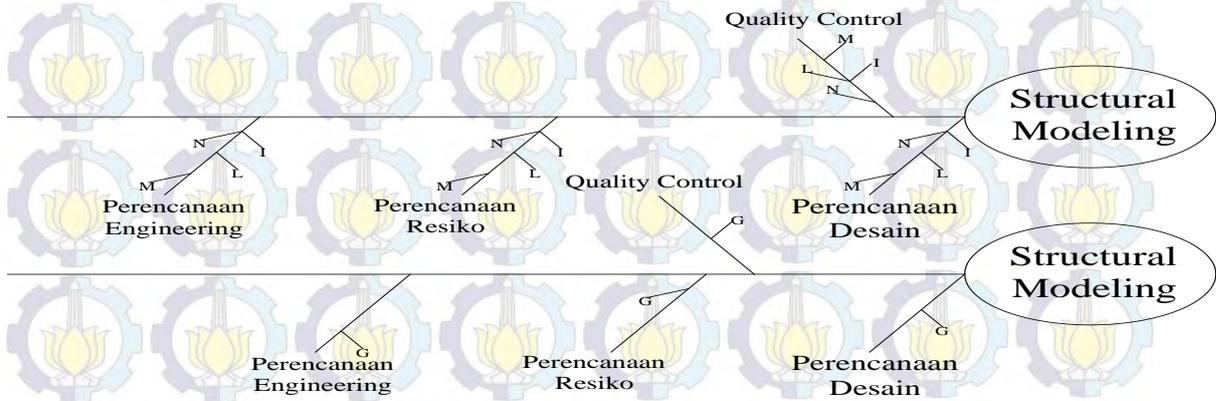


Tabulasi hasil Analisis Fishbone Diagram Kategori Belum Diterapkan

Variabel Penghambat	Jumlah
A	
B	13
C	13
D	2
E	8
F	3
G	9
H	9
I	4
J	1
K	1
L	13
M	4
N	13
O	13
P	13
Q	13
R	

2. Sudah sedikit diterapkan

Analisis Fishbone Diagram Kategori Sedikit Diterapkan

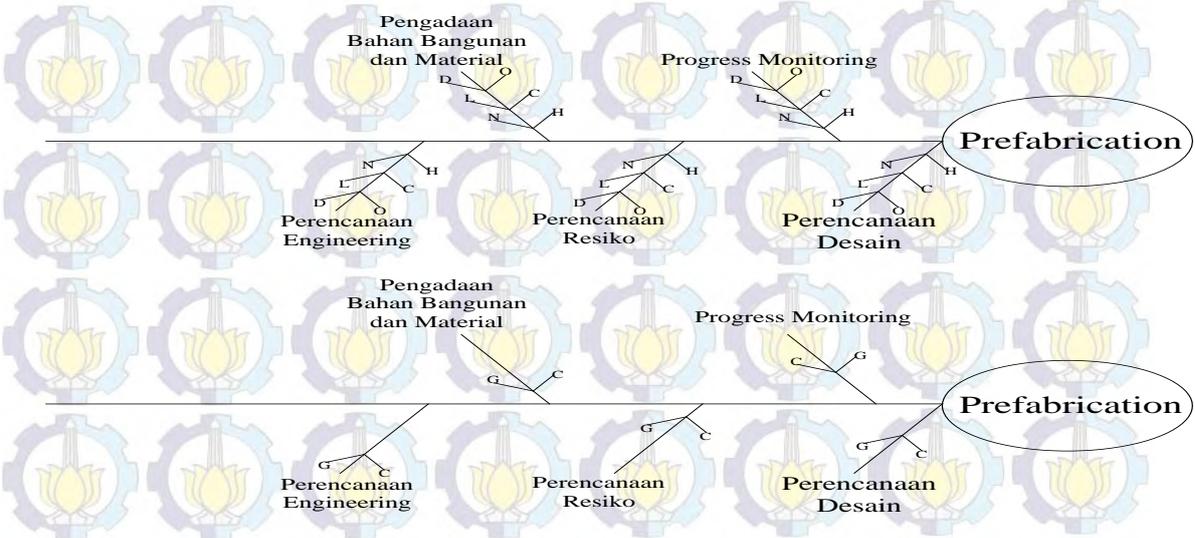


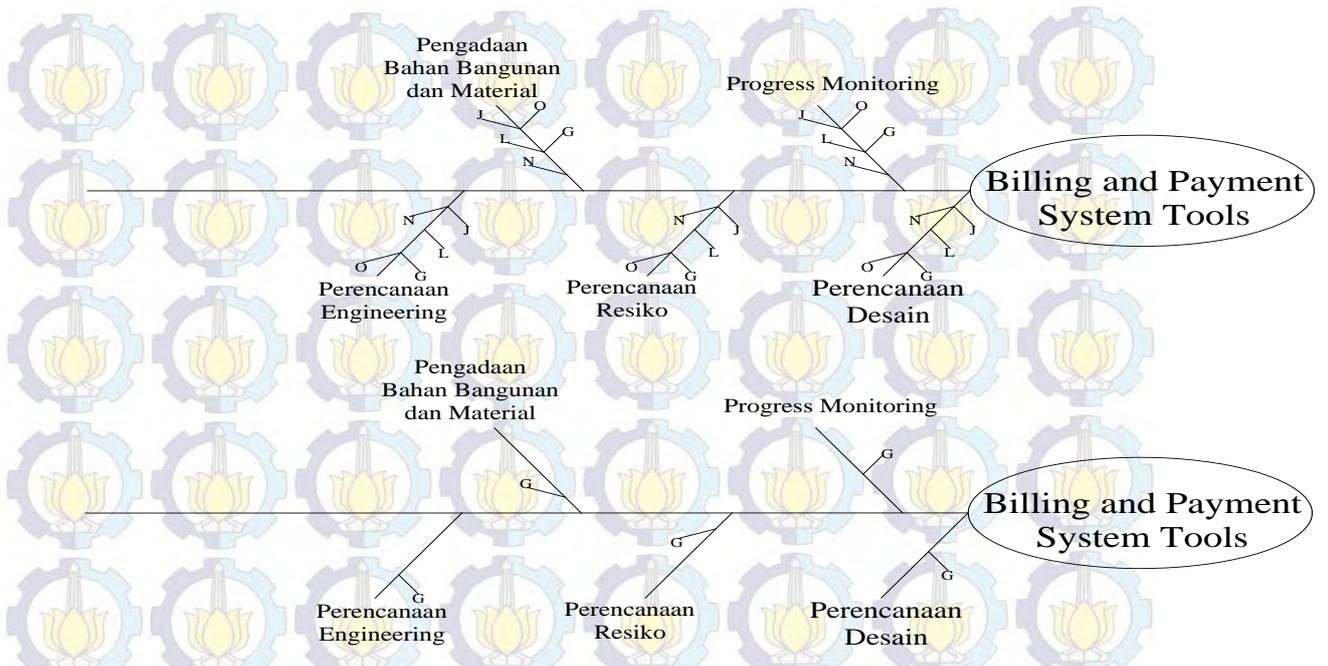
Tabulasi hasil Analisis Fishbone Diagram Kategori Sedikit Diterapkan

Variabel Penghambat	Jumlah	Variabel Manfaat	Jumlah
A		A	
B		B	
C		C	
D		D	
E		E	
F		F	
G		G	1
H			
I	1		
J			
K			
L	1		
M	1		
N	1		
O			
P			
Q			
R			

3. Sudah sebagian diterapkan

Analisis Fishbone Diagram Kategori Sebagian Diterapkan



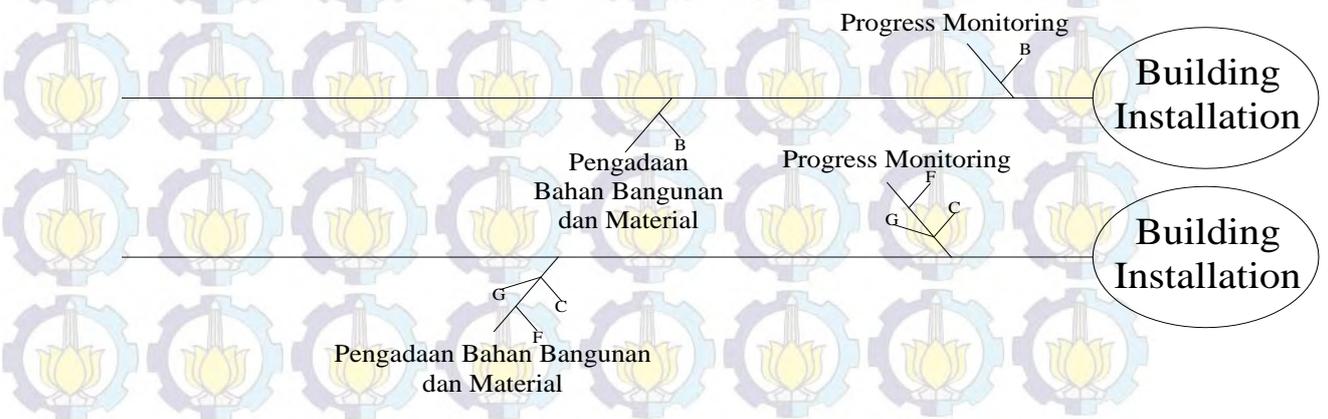


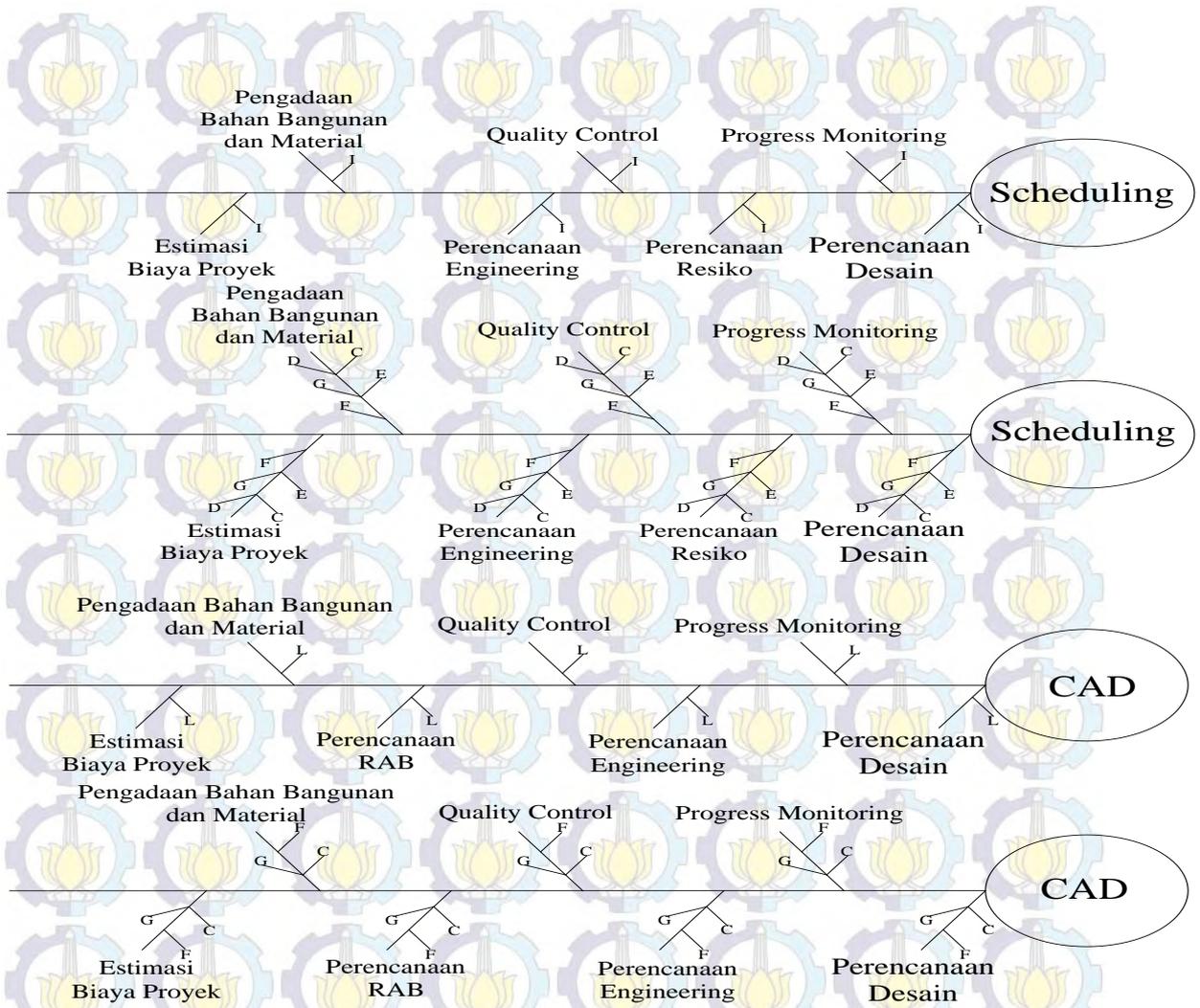
Tabulasi hasil Analisis Fishbone Diagram Kategori Sebagian Diterapkan

Variabel Penghambat	Jumlah	Variabel Manfaat	Jumlah
A		A	
B		B	
C	1	C	1
D	1	D	
E		E	
F		F	
G	1	G	2
H	1		
I			
J	1		
K			
L	2		
M			
N	2		
O	2		
P			
Q			
R			

4. Sudah banyak diterapkan

Analisis Fishbone Diagram Kategori Banyak Diterapkan



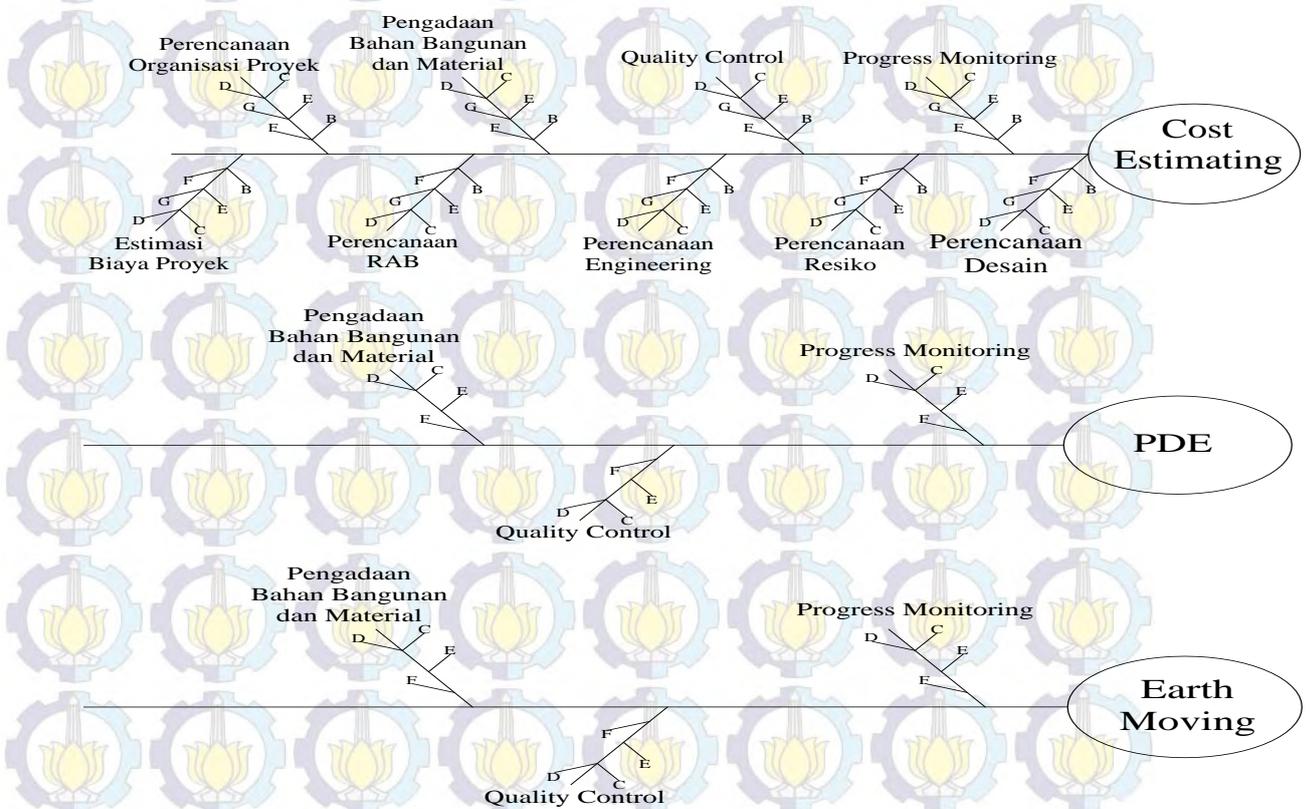


Tabulasi hasil Analisis *Fishbone Diagram* Kategori Banyak Diterapkan

Variabel Penghambat	Jumlah	Variabel Manfaat	Jumlah
A		A	
B		B	
C	1	C	1
D	1	D	
E		E	
F		F	1
G	1	G	3
H	1		
I			
J	1		
K			
L	3		
M			
N	2		
O	2		
P			
Q			
R			

5. Sudah diterapkan secara penuh

Analisis Fishbone Diagram Kategori Diterapkan Secara Penuh

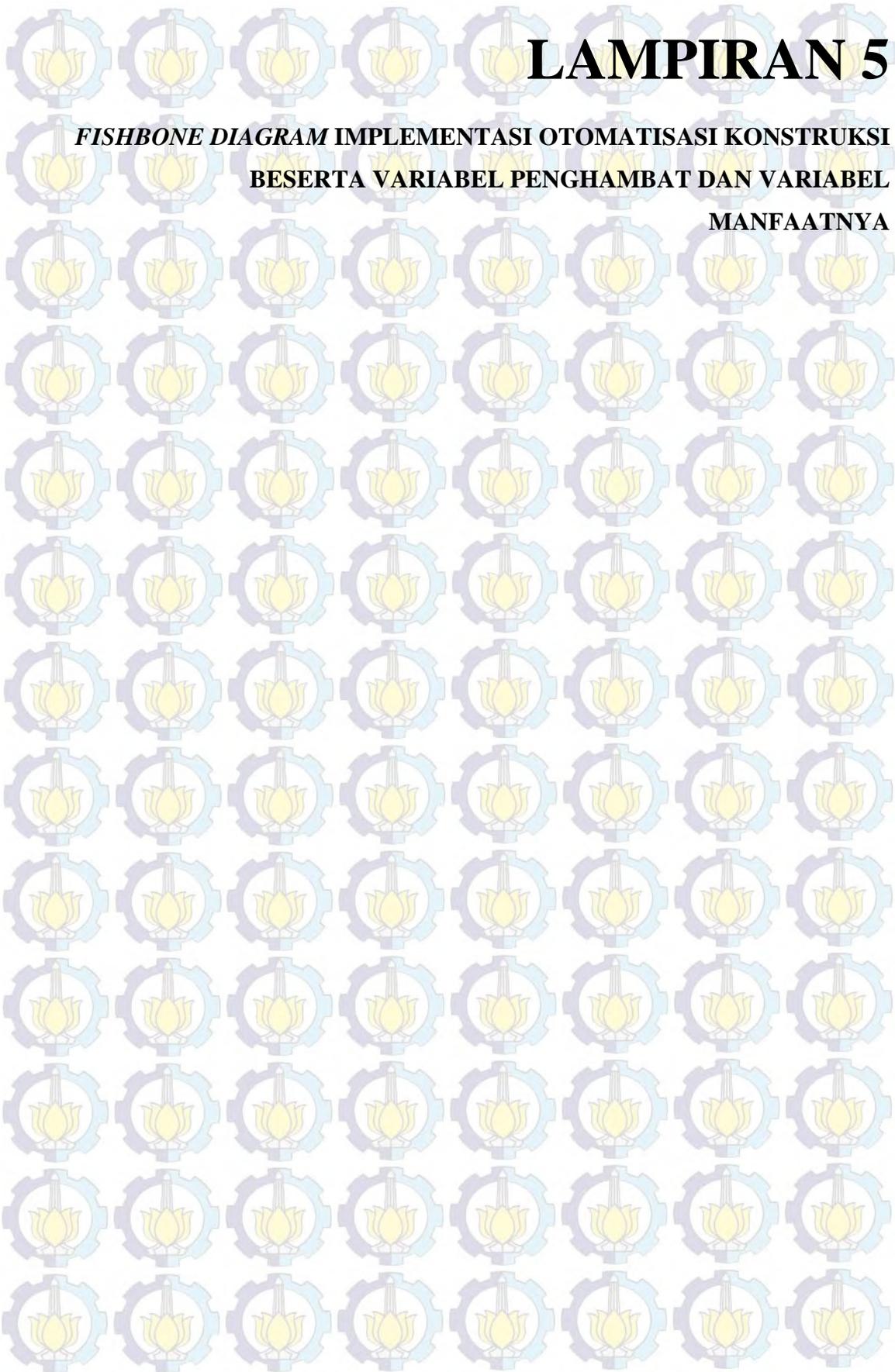


Tabulasi hasil Analisis Fishbone Diagram Kategori Diterapkan Secara Penuh

Variabel Manfaat	Jumlah
A	
B	1
C	3
D	2
E	2
F	3
G	5

Maka tabulasi total variabel penghambat dan manfaat pada kuisisioner 1

Variabel Penghambat	Jumlah	Variabel Manfaat	Jumlah
A		A	
B	13	B	1
C	14	C	3
D	3	D	2
E	8	E	2
F	3	F	3
G	10	G	6
H	10		
I	4		
J	2		
K	1		
L	16		
M	4		
N	15		
O	15		
P	13		
Q	13		
R			



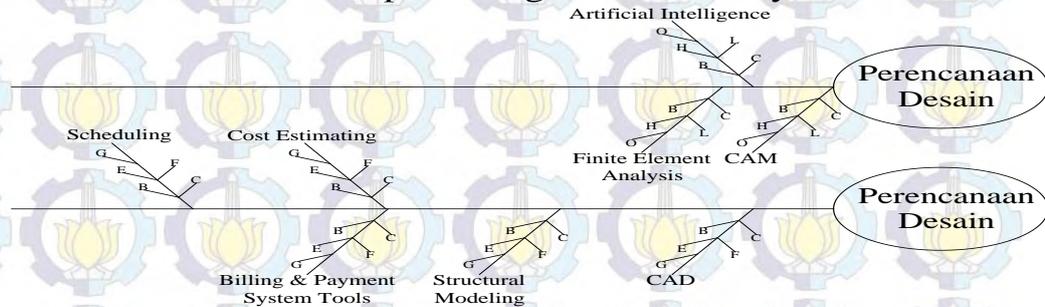
LAMPIRAN 5

FISHBONE DIAGRAM IMPLEMENTASI OTOMATISASI KONSTRUKSI BESERTA VARIABEL PENGHAMBAT DAN VARIABEL MANFAATNYA

1. FASE PERENCANAAN

a. Fishbone diagram pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor

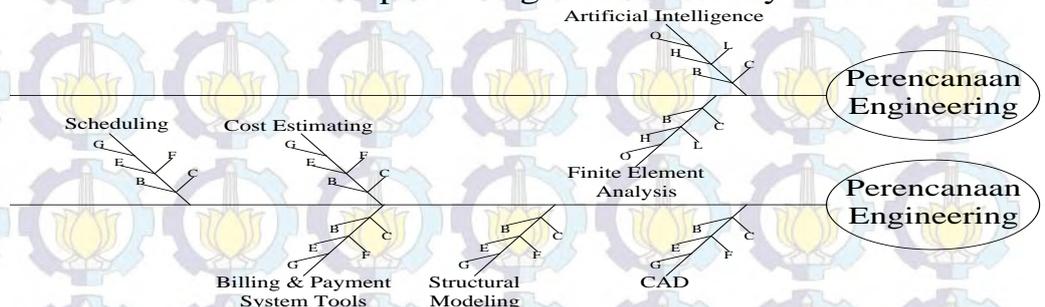
Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya



Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya

b. Fishbone diagram pada fase perencanaan engineering beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor

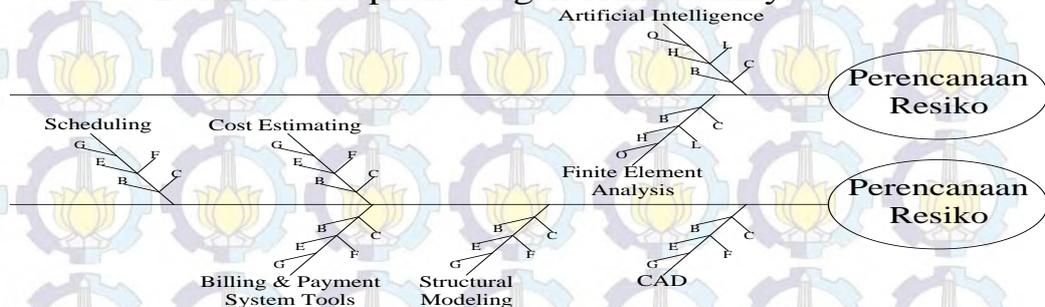
Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya



Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya

c. Fishbone diagram pada fase perencanaan resiko beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor

Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya



Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya

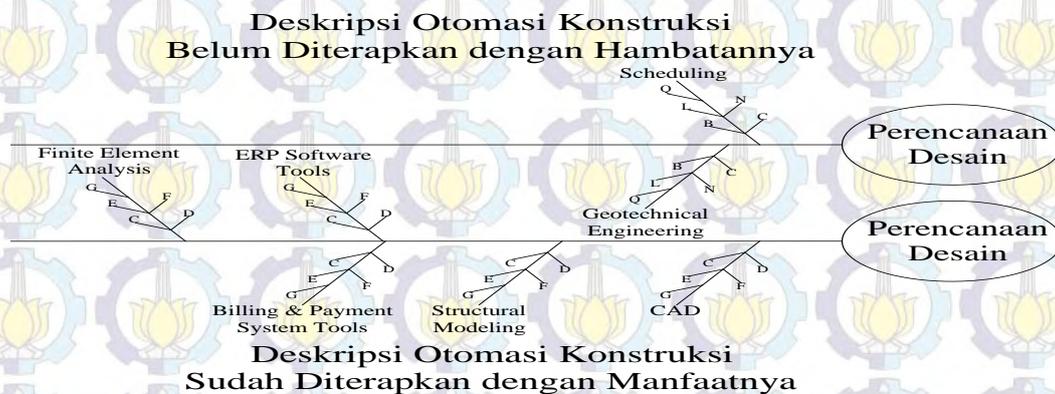
d. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan RAB beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor



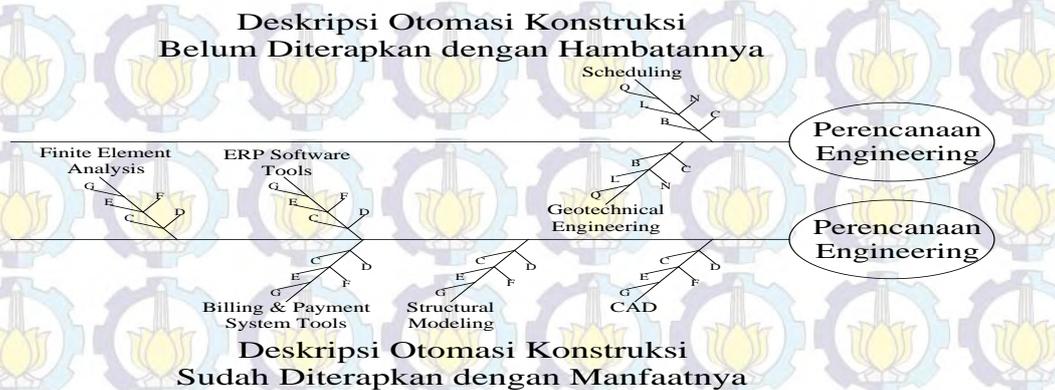
e. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan estimasi biaya proyek beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor



f. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan desain beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana

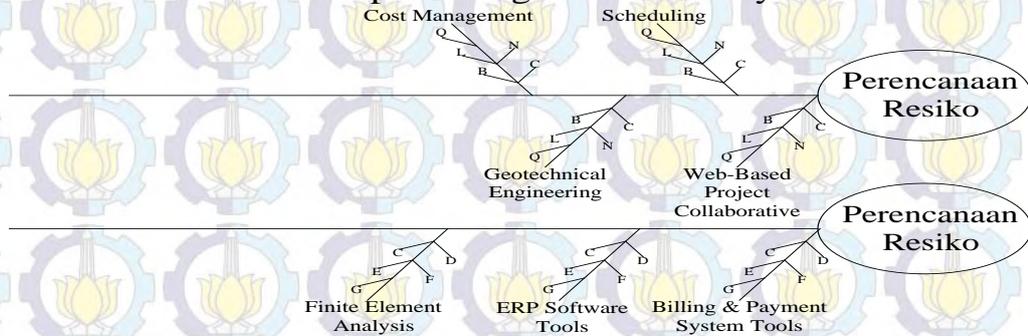


g. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan engineering beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana



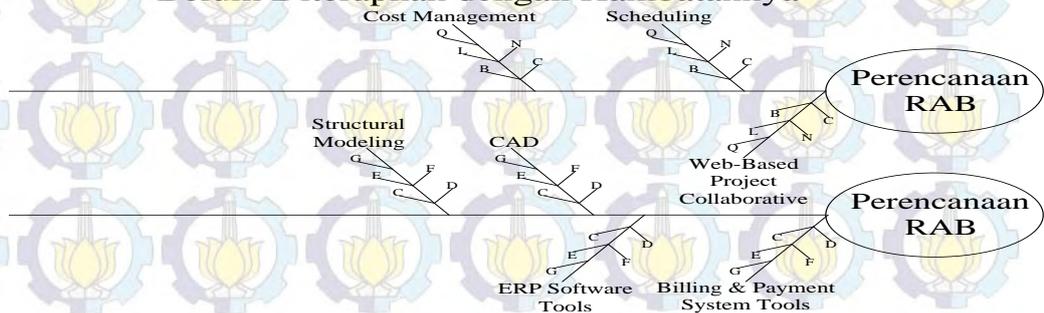
- h. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan resiko beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana

**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya**



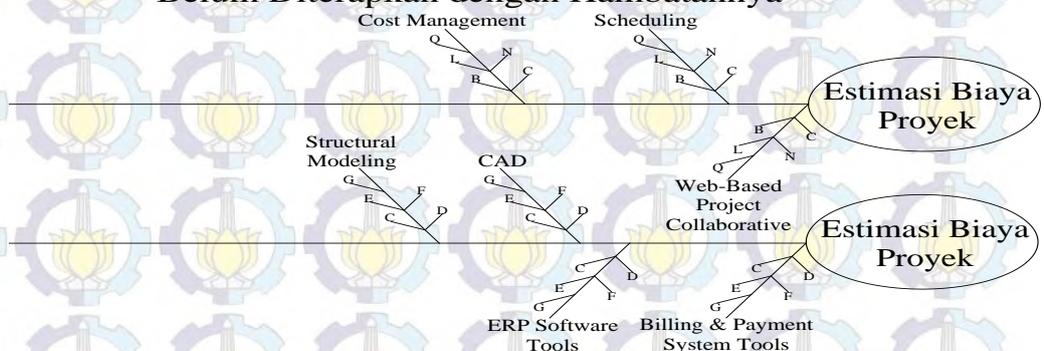
- i. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan RAB beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana

**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya**



- j. *Fishbone diagram* pada fase perencanaan estimasi biaya proyek beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut konsultan perencana

**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Belum Diterapkan dengan Hambatannya**



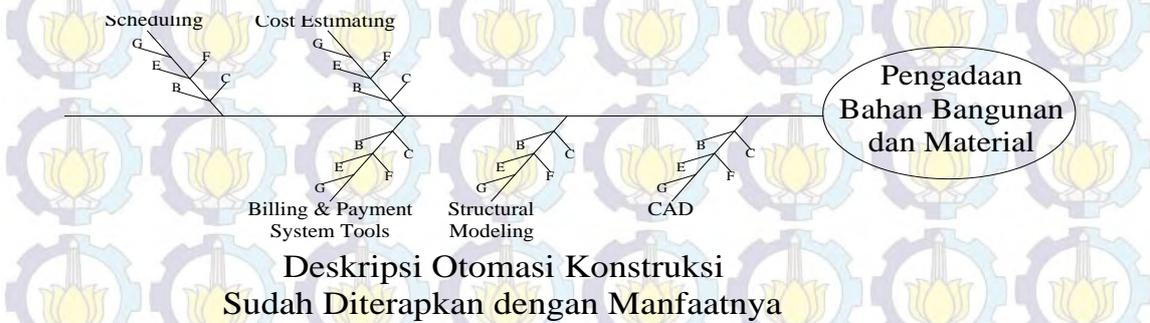
**Deskripsi Otomasi Konstruksi
Sudah Diterapkan dengan Manfaatnya**

2. **FASE EKSEKUSI**

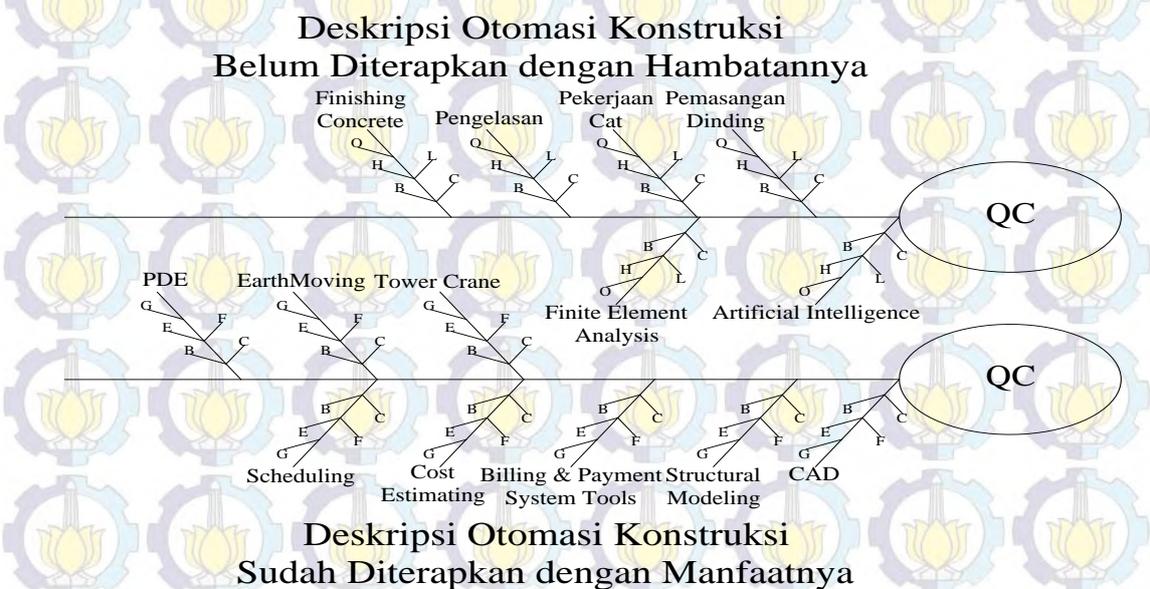
- a. **Fishbone diagram pada fase eksekusi perencanaan organisasi proyek**
 beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor



- b. **Fishbone diagram pada fase eksekusi pengadaan bahan bangunan dan material**
 beserta variabel manfaatnya menurut kontraktor

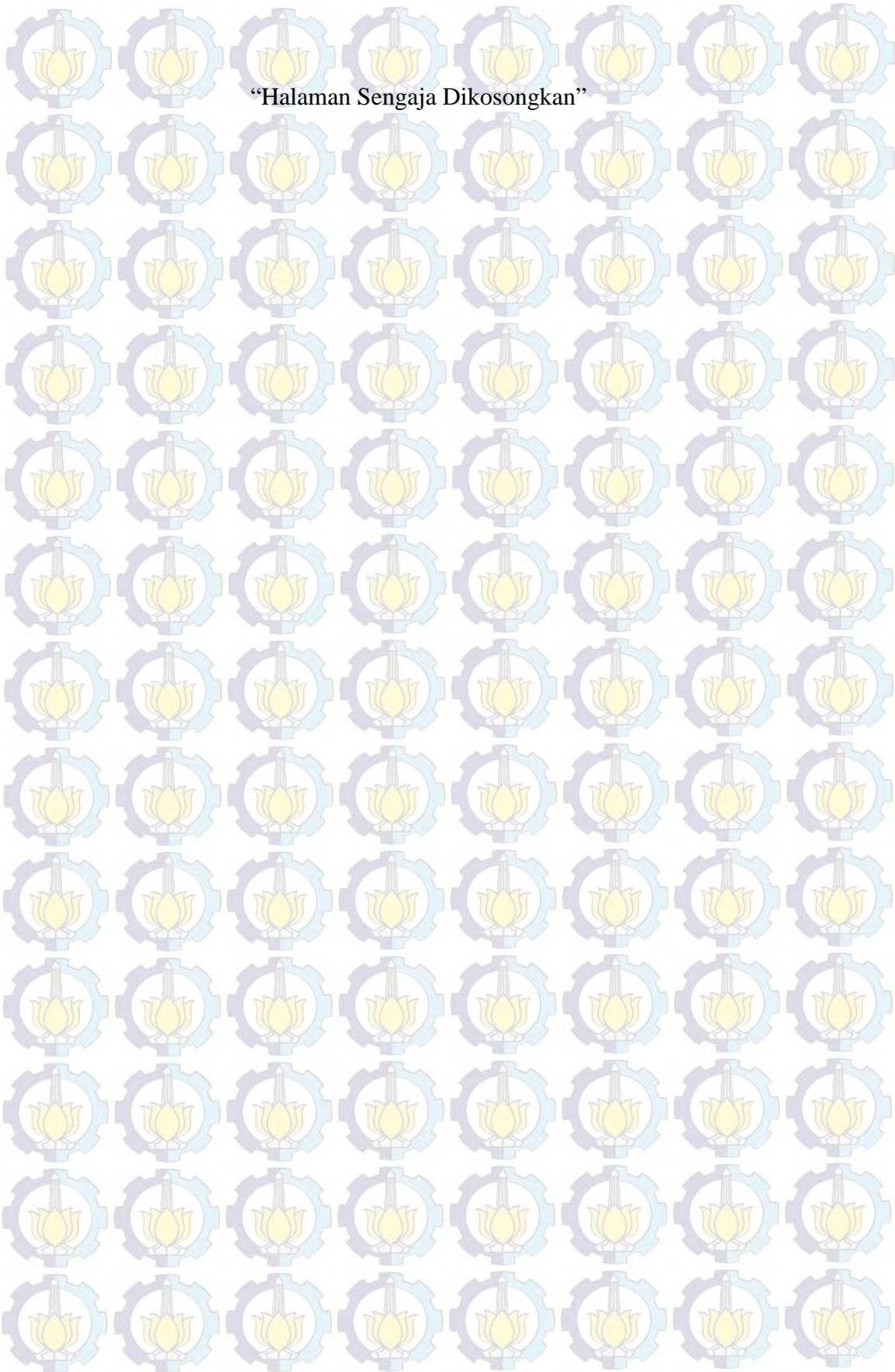


- c. **Fishbone diagram pada fase eksekusi QC** beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor



- d. *Fishbone diagram* pada fase eksekusi *progress monitoring* beserta variabel penghambat dan manfaatnya menurut kontraktor





BIODATA PENULIS



Rangga Risnu N. P., yang biasa dipanggil “Rangga”. Lahir di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 20 Oktober 1990, penulis dibesarkan di Surabaya hingga sekarang

Penulis lulus dari SDN Penjaringan Sari II/608, Rungkut Surabaya pada tahun 2002 kemudian melanjutkan sekolah lanjut tingkat pertama di SLTP N 35 Surabaya dan lulus pada tahun 2005, setelah lulus penulis melanjutkan sekolah di salah satu sekolah Negeri yang ada di Surabaya pula yaitu SMA N 4 Surabaya dan lulus pada tahun 2008.

Setelah lulus SMA penulis melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS Surabaya), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Jurusan Teknik Sipil dan lulus tahun 2013.

Setelah lulus S1 pada tahun 2013 penulis melanjutkan S2 di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Jurusan Teknik Sipil bidang keahlian Manajemen Proyek Konstruksi dan selesai bulan Maret tahun 2016.

Pada saat awal melanjutkan program studi magister atau strata 2 (S2), penulis pernah bekerja di Dinas PU Bina Marga Provinsi Jawa Timur dalam proyek PPIP sebagai tenaga kontrak selama 6 bulan pada tahun 2013 bulan Agustus hingga tahun 2014 pada bulan Januari.

Rangga Risnu N. P.

Email : risnuson@gmail.com atau ranggarisnu@yahoo.com