

**PENERAPAN LEAN MANUFACTURING DI AREA
COORDINATE MEASURING MACHINE PT
DIRGANTARA INDONESIA**

TESIS



Oleh :

Rizky Herdyan Suherman

8131901001

Pembimbing :

Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2023**

**PENERAPAN LEAN MANUFACTURING DI AREA COORDINATE
MEASURING MACHINE PT DIRGANTARA INDONESIA**

Rizky Herdyan Suherman (8131901001)
Pembimbing : Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D.
Magister Teknik Industri
Bandung
September 2023

ABSTRAK

Variasi *part* yang tinggi menyebabkan *downtime*, aktivitas operator yang belum efektif dan mesin yang belum dikelola dengan baik. Permasalahan tersebut disebabkan oleh *setup part*, khususnya di area *Coordinate Measuring Machine* (CMM), di PT Dirgantara Indonesia. CMM membutuhkan perencanaan terpadu pada tahap inspeksi yang didukung proses yang ramping (*lean manufacturing*). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki proses pengukuran yang mempunyai permasalahan yaitu *lead time* yang tinggi dan *utilization* yang rendah. *Lean manufacturing* digunakan untuk menghilangkan *waste*, sedangkan *inspection plan* digunakan untuk meningkatkan efektifitas proses inspeksi. Penelitian dilakukan dengan pendekatan studi kasus di departemen *quality control*. Studi kasus ini menggunakan lima prinsip *lean*: *Specify value*, *value stream*, *flow*, *demand pull* dan *created perfection*. Penerapan *lean* menggunakan beberapa metode berikut: *cause effect* dan *five whys* untuk mengidentifikasi pemborosan, *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi langkah proses pengukuran, *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED) untuk mengatur operasi untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan nilai, *utilization* digunakan untuk mengukur kinerja mesin dan operator. *Inspection plan* digunakan untuk melakukan perencanaan proses inspeksi dengan mempertimbangkan posisi *setup*, pemilihan *probe*, analisa gerakan dan kemudahan operator pada saat melakukan *setup*. Selain itu, penerapan 5S digunakan untuk *maintain perfection*. Hasil implementasi saat ini menunjukkan bahwa waktu siklus berkurang 33 %, *utilization* mesin dan operator yang pada awal kurang dari 60% meningkat menjadi 81% untuk *utilization* mesin dan 84 % untuk *utilization* operator.

Kata kunci: CMM, *Lean*, *Inspection Plan*, *Cycle Time* dan *Waiting Time*

**IMPLEMENTING OF LEAN MANUFACTURING IN COORDINATE
MEASURING MACHINE PT DIRGANTARA INDONESIA**

Rizky Herdyan Suherman (8131901001)
Adviser : Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D.
Master's Industrial Engineering
Bandung
September 2023

ABSTRACT

High part variation causes downtime, ineffective operator activities, and poorly managed machines. These problems are caused by part setup, especially in the Coordinate Measuring Machine (CMM) area, at PT Dirgantara Indonesia. CMM requires integrated planning at the inspection stage supported by lean manufacturing processes. Therefore, this research aims to improve the measurement process which has problems such as high lead time and low utilization. Lean manufacturing can be used to eliminate waste, while the inspection plan can be used to improve the effectiveness of the inspection process. The research was conducted using a case study approach in the quality control department. This case study uses five lean principles: Specify value, value stream, flow, demand-pull, and created perfection. Lean implementation uses the following methods: cause-effect and five whys to identify waste, Value Stream Mapping (VSM) to identify measurement process steps, Single-Minute Exchange of Dies (SMED) to set up operations to reduce waste and increase value, utilization used to measure machine and operator performance. The inspection plan can be used to plan the inspection process by considering the setup position, probe selection, motion analysis, and operator convenience during setup. In addition, 5S implementation can be used to maintain perfection. The current implementation results show that the cycle time is reduced by 33 %, utilization of machines increases from less than 60% to 81%, and utilization of man increases from less than 60% to 84%.

Keywords : *CMM, Lean, Inspection Plan, Cycle Time and Waiting Time*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan laporan tesis berjudul “Penerapan *Lean Manufacturing* Di Area *Coordinate Measuring Machine* PT. Dirgantara Indonesia”. Selama proses penyusunan laporan tesis, penulis mendapatkan banyak pengalaman, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi, masukan, dan bimbingan dalam penyusunan laporan tesis.
2. Bapak Y.M. Kinley Aritonang, Ph. D. selaku dosen pembahas tesis yang telah memberikan berbagai kritik dan masukan dalam penyusunan laporan tesis
3. Bapak Dr. Sugih Sudharma Tjandra, S.T., M.Si. selaku dosen pembahas tesis yang telah memberikan berbagai kritik dan masukan dalam penyusunan laporan tesis.
4. Ibu Dr. Johanna Renny Octavia Hariandja, S.T., M.Sc., PDEng. selaku kepala program studi Magister Teknik Industri Universitas Parahyangan.
5. Dosen Magister Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan atas segala ilmu pengetahuan yang diberikan.
6. Keluarga penulis yang telah memberikan berbagai dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar penulis dapat membuat laporan yang lebih baik di masa yang akan datang.

Bandung, September 2023



Rizky Herdyan Suherman

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Batasan Masalah	9
1.6 Sistematika penulisan.....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN SINTESIS PENELITIAN	11
2.1 Studi Literatur	11
2.1.1 Lean.....	11
2.1.2 Value Stream Mapping (VSM).....	14
2.1.3 5S (<i>Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke</i>).....	16
2.1.4 <i>Single Minute Exchange of Dies</i> (SMED).....	18
2.1.5 Coordinate measuring machine (CMM).....	20
2.1.6 <i>Inspection planning Coordinate measuring machine</i> (CMM)..	23
2.2 Sintesa penelitian	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	39
3.1 Metode Lean dan Inspection plan.....	39
3.1.1 Pengembangan metode <i>lean</i> dan <i>inspection plan</i>	39

3.1.2	Implementasi Metode penelitian	43
3.2	Tahapan penelitian	44
3.2.1	Studi Pendahuluan	44
3.2.2	Studi literatur	45
3.2.3	Identifikasi dan perumusan masalah	46
3.2.4	Batasan masalah	46
3.2.5	Tujuan Penelitian	46
3.2.6	Analisis Penelitian	47
3.2.7	Kesimpulan dan Saran	47
 BAB 4 IMPLEMENTASI METODE LEAN DAN INSPECTION PLAN		49
4.1	Prinsip Lean 1 : Specify value	49
4.1.1	5 <i>Whys</i>	49
4.1.2	Fishbone Diagram	53
4.1.3	Aktivitas pengukuran di area CMM	58
4.1.4	Variasi part	63
4.1.5	Indikator waste	65
4.1.6	Man Machine Chart (MMC)	67
4.2	Prinsip lean 2 : Value stream	69
4.2.1	Current state mapping (CSM)	70
4.2.2	Analisis <i>waste</i> CSM	73
4.2.3	Analisis menggunakan SMED	74
4.2.4	Analisis inspection plan dan program CMM	77
4.3	Prinsip Lean 3 : Created flow	78
4.3.1	Menentukan rencana improvement	78
4.3.2	Rekomendasi Analisis <i>cycle time</i> dan <i>waiting time</i>	79
4.3.3	Rekomendasi Analisis berdasarkan mesin, tools dan product ..	80
4.3.4	Rencana perbaikan di area programmer CMM	80
4.3.5	Rencana perbaikan pada area operator CMM	81
4.4	Prinsip Lean 4 : Pull on demand	82
4.4.1	Inspection Plan	83
4.4.2	Internal menjadi External	88
4.4.3	Kombinasi aktivitas	90

4.4.4	Redesign layout meja CMM	91
4.4.5	Dokumen untuk operator dan <i>tabel inspection</i>	93
4.5	Prinsip Lean 5 : <i>Perfection</i>	95
4.5.1	<i>Future State Map</i> (FSM)	95
4.5.2	<i>Maintain Perfection</i>	97
BAB 5	ANALISIS HASIL PERBAIKAN	101
5.1	Analisis <i>flow process</i>	101
5.2	Analisis Perbaikan Sebelum dan Sesudah	103
5.3	Pemilihan tools	104
5.4	Kategori <i>Part</i>	106
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	109
6.1	Kesimpulan	109
6.2	Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN A	VARIASI PART	114
LAMPIRAN B	MACHINE MAN CHART SMALL PART	121
LAMPIRAN C	MACHINE MAN CHART MEDIUM PART	122
LAMPIRAN D	MACHINE MAN CHART COMPLEX PART	123
LAMPIRAN E	FUTURE STATE MAP	124
LAMPIRAN F	MACHINE MAN CHART KOMBINASI	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Timeline Program KFX.....	2
Gambar 1.2 <i>Support Weapon Pylon</i>	5
Gambar 1.3 <i>Rib AT</i>	6
Gambar 1.4 Bisnis proses CMM	6
Gambar 1.5 SIPOC area CMM	7
Gambar 2.1 Cycle Lean	13
Gambar 2.2 Tahapan VSM.....	16
Gambar 2.3 Tahapan SMED	19
Gambar 2.4 Perbandingan pengukuran manual dan CMM.....	20
Gambar 2.5 DEA DELTA	21
Gambar 2.6 Basic Pengukuran	22
Gambar 2.7 Flowchart Inspection plan	25
Gambar 2.8 Probe	27
Gambar 2.9 Simulasi CMM.....	28
Gambar 2.10 Drawing Support Weapon Pylon	31
Gambar 3.1 Metode lean dan inspection plan	40
Gambar 3.2 Metode Lean dan Inspection Plan	41
Gambar 3.3 Plan Kaizen	43
Gambar 3.4 Metodologi Penelitian.....	48
Gambar 4.1 CMM Analisis (mesin, <i>tools</i> dan <i>product</i>)	50
Gambar 4.2 Identifikasi masalah <i>cycle time</i> dan <i>waiting time</i>	52
Gambar 4.3 Fishbone untuk permasalahan <i>cycle time</i>	54
Gambar 4.4 Contoh tampilan untuk setup pada aktivitas <i>preparation</i>	61
Gambar 4.5 Tampilan untuk aktivitas setup mesin.....	62
Gambar 4.6 Contoh Small part	64
Gambar 4.7 Contoh Part Medium	64
Gambar 4.8 Contoh <i>Part Complex</i>	65
Gambar 4.9 Waiting Time Part.....	65
Gambar 4.10 Cycle time Part.....	66
Gambar 4.11 Utilization operator dan mesin	69
Gambar 4.12 CSM Small Part	70

Gambar 4.13 CSM Medium Part.....	71
Gambar 4.14 CSM Complex Part.....	72
Gambar 4.15 Setting Part Complex.....	73
Gambar 4.16 Penentuan rencana perbaikan	78
Gambar 4.17 Planning layout Meja CMM.....	82
Gambar 4.18 Flow Pembuatan Program	84
Gambar 4.19 <i>Feature extraction</i>	85
Gambar 4.20 Probe Setup	86
Gambar 4.21 Aktivitas pengukuran kondisi awal.....	89
Gambar 4.22 Aktivitas Setup Setelah Improvement.....	91
Gambar 4.23 Meja CMM sebelum implementasi.....	92
Gambar 4.24 Layout meja CMM	93
Gambar 4.25 Inspection Plan.....	94
Gambar 4.26 Konsep FSM	96
Gambar 5.1 Perbandingan <i>Utilization</i> dan <i>Cycle Time</i>	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Waktu Tunggu Pengukuran CMM	3
Tabel 2.1 Toleransi Geometri	30
Tabel 2.2 Sintesis Penelitian	32
Tabel 2.3 Pemilihan Tools	38
Tabel 4.1 Grup Aktivitas	76
Tabel 4.2 Detail Aktivitas	77
Tabel 4.3 Grup Aktivitas	90
Tabel 5.1 Perbandingan sesudah dan sebelum dilakukan perbaikan.....	103
Tabel 5.2 Perbandingan utilization.....	104

DAFTAR SINGKATAN

Daftar Singkatan

CMM	:	Coordinate measuring machine
CAD	:	Computer Aided Design
QC	:	Quality Control
CNC	:	Computer Numerical Control
DIR	:	Dimension Inspection Record
FPPC	:	First Part Production Control
VSM	:	Value Stream Mapping
SMED	:	Single Minute Exchange of Dies
CAIP	:	Computer aided inspection planning
GD&T	:	Geometric Dimension Tolerance
FSM	:	Future State Mapping
CSM	:	Current state mapping
DMIS	:	Dimension Measurement Inspection Software

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.

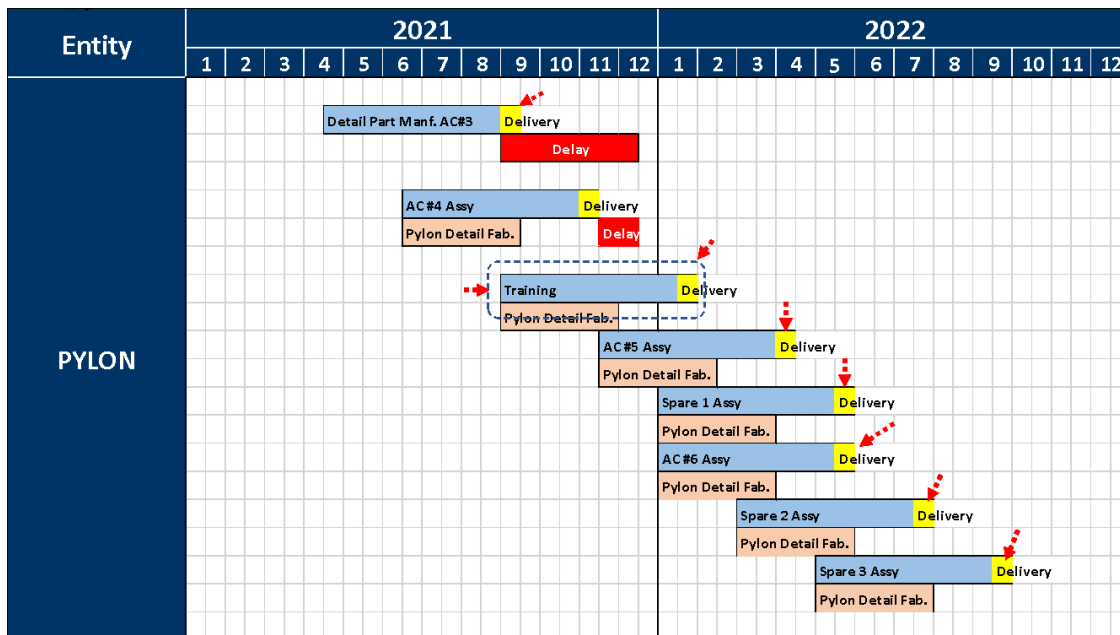
PT. Dirgantara Indonesia merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak dalam bidang industri pesawat terbang. PT Dirgantara Indonesia (DI) merupakan satu-satunya perusahaan industri pesawat terbang di Indonesia dan Asia Tenggara. PT Dirgantara Indonesia pertama kali didirikan pada tanggal 26 April 1976 oleh B.J. Habibie dengan nama PT. Industri Pesawat Terbang Nurtanio. PT. Dirgantara Indonesia memproduksi beberapa produk diantaranya komponen pesawat. Selain itu, PT.DI juga menyediakan kegiatan jasa seperti perakitan komponen dan perawatan pesawat. Pesawat yang diproduksi oleh PT. Dirgantara Indonesia adalah CN 235.220, NC 212 dan Helikopter NAS.332. Untuk manufaktur komponen pesawat, PT. Dirgantara Indonesia memproduksi komponen seperti komponen *wing* dari Boeing, komponen sayap dari Airbus, komponen *tail* dari Sukhoi dan komponen *tailboom* serta *fuselage Eurocopter*.

Industri manufaktur pesawat terbang semakin berkembang, hal ini membuat konsumen mengharapkan produk yang mempunyai kualitas baik dan pengiriman yang tepat waktu. Tuntutan konsumen yang semakin meningkat menuntut PT. Dirgantara Indonesia harus beradaptasi. Penyebab hilangnya kesempatan untuk bersaing pada industri penerbangan adalah *cycle time* dari setiap proses yang lama dan membuat pengiriman tertunda. PT Dirgantara Indonesia mempunyai beberapa program untuk pembuatan *detail part* dari 212, CN.235, MKII, SPIRIT, AIRBUS, N219, KFX dan MALE. Untuk menjamin kualitas dari *part* atau *product* yang sesuai dengan *requirement customer* PT. Dirgantara Indonesia memiliki divisi *quality control*.

Divisi *quality control* PT. Dirgantara Indonesia memiliki banyak unit kerja, pada penelitian ini akan focus pada *Quality Control Machining*, tugas dari *QC Machining* adalah memastikan *part* yang dimanufaktur oleh produksi/departemen *Machining* sesuai dengan *requirement customer* dan *engineering requirement*.

Proses *inspection* yang dilakukan oleh *quality Machining* dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Inspection* yang dilakukan yaitu menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)* & manual. Pengukuran dengan menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dilakukan untuk

memastikan *part* yang dibuat mempunyai bentuk dan dimensi yang sesuai dengan *requirement* salah satu nya adalah *drawing*, *Computer Aided Design (CAD)* & *specification*. Bagian yang diukur pada mesin CMM adalah *contour part*, toleransi geometri dan *layout* secara keseluruhan, sedangkan pengukuran manual dilakukan untuk melengkapi pengukuran yang dilakukan oleh *Coordinate Measuring Machine (CMM)*, seperti pengukuran *thickness*, radius dan Diameter lubang.



Gambar 1.1 Timeline Program KFX

Pada Gambar 1.1 terdapat informasi tentang *timeline* program KFX, pada area detail *part manufacturing* AC#3 terdapat *delay* pengiriman sekitar 4 bulan, AC#4 terjadi keterlambatan selama 1,5 bulan. KFX adalah pengembangan pesawat antara Korea Selatan dan Indonesia. Faktor penyebab terjadinya keterlambatan pengiriman salah satu nya adalah pengukuran *part* yang dilakukan di area CMM. Kendala pada proses pengukuran yang dialami oleh bagian CMM (*Coordinate measuring machine*) diantaranya:

1. *Part* yang diproduksi mempunyai variasi yang tinggi disebabkan PT Dirgantara Indonesia tidak memproduksi *part* dengan volume yang tinggi akan tetapi dengan variasi yang tinggi.
2. *Part* yang diinspeksi terdiri dari 2 type yaitu *product* serial (sudah tersedia program CMM) dan *part development* (belum ada program CMM).
3. *Cycle time* yang lama dalam inspeksi *part* dan membuat tinggi *waiting time*.

4. Belum ada media informasi antara operator CMM, programmer CMM, produksi & engineering.

Pada kondisi saat ini manajemen lebih fokus pada mesin produksi, akan tetapi belum fokus terhadap terhadap *equipment*/mesin yang digunakan untuk inspeksi. CMM adalah *equipment* yang digunakan untuk inspeksi dan mempunyai cara kerja yang sama dengan mesin CNC. Persamaan dari kedua mesin adalah menggunakan gerakan otomatis dengan *numerical control*. Unit kerja yang terdapat pada area CMM di PT.DI dibagi menjadi 2 bagian, yaitu CMM programmer dan CMM operator. CMM programmer mempunyai *job desk* untuk membuat program untuk mengukur *part*/komponen sesuai dengan *requirement*, sedangkan operator bertugas untuk menjalankan mesin CMM, mengisi DIR (*Dimension Inspection Record*) & membuat *report* apabila terjadi ketidaksesuaian dalam pengukuran.

Tabel 1.1 Waktu Tunggu Pengukuran CMM

Bulan	1 day (Part)	7 day (Part)	30 day (Part)	>30 hari (Part)	Total (Part)
Aug-20	0	44	0	0	44
Sep-20	3	41	0	0	44
Oct-20	1	31	7	0	39
Nov-20	0	1	6	5	12
Dec-20	0	27	48	2	77
Jan-21	1	9	27	13	50
Feb-21	3	15	14	1	33
Mar-21	0	54	31	2	87
Apr-21	2	113	26	0	141
May-21	9	41	43	6	99
Jun-21	4	96	34	2	136
Total	23	472	236	31	762

Pada Tabel 1.1 dapat dilihat data waktu tunggu di CMM. Data yang diambil dari bulan Agustus 2020 sampai bulan Juni 2021. Waktu tunggu paling tinggi adalah 7 hari dan 30 hari. Dengan tingginya waktu tunggu dapat menyebabkan keterlambatan pada saat *delivery*. Kerugian yang lain timbul karena waktu tunggu yang tinggi adalah *part* terjadi korosi, apabila korosi pada *part* harus dilakukan perlakuan khusus, pengerjaan ulang/*rework* dan meningkatnya biaya produksi.

Perbaikan pada proses inspeksi dengan mengurangi *cycle time* dan *waiting time*, dapat membantu PT Dirgantara Indonesia untuk bersaing dengan industri pesawat terbang lain. Proses *improvement* yang akan dilakukan dengan pendekatan *lean manufacturing* yang bertujuan untuk meningkatkan nilai/*value* terhadap *shareholder* seperti meningkatkan *speed*, kepuasan konsumen dan mengurangi *cost*. Keuntungan apabila menerapkan *lean manufacturing* adalah meyakinkan

service/product sesuai dengan yang dibutuhkan oleh konsumen, menghilangkan kegiatan *non value, cycle time* menjadi singkat dan *delivery* dengan tepat waktu.

Inspection plan dibutuhkan pada saat proses pengukuran menggunakan mesin CMM yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien. Karena pada saat pembuatan program dapat mempertimbangkan faktor *setup*, pemilihan *probe*, pemilihan posisi *probe*, analisa gerakan dan distribusi pengambilan *point*. *Inspection plan* bertujuan untuk memperbaiki permasalahan *cycle time* yang lama dan dapat membantu operator pada saat melakukan pengukuran.

Perbaikan yang dilakukan menggunakan metode *lean* disebabkan oleh *service process* yang lama, terdapat banyak proses yang *complex* dengan status “*work in progress*”. Perbaikan yang dilakukan menggunakan metode *lean* disebabkan oleh *service process* yang lama, terdapat banyak proses yang *complex* dengan status “*work in progress*”, *waiting time* yang tinggi, proses memiliki persentase 80% *delay* dan 20% aktivitas *value*. Permasalahan untuk menyelesaikan pemborosan ini memerlukan pendekatan yang bukan saja berfokus pada metode *lean* itu sendiri, namun juga perlu perencanaan dalam proses pemeriksaan atau pada *inspection plan*. Hasil observasi pada proses yang dilakukan perusahaan menunjukkan bahwa *inspection plan* perlu diperbaiki agar dapat meningkatkan *utilization* mesin. Oleh karena itu, *inspection plan* digunakan untuk memperbaiki proses pengukuran dengan tujuan lebih efisien, efektif dan dapat membantu operator mengurangi aktivitas yang tidak produktif.. Kombinasi antara *lean* dan *inspection plan* membantu untuk memperbaiki proses pengukuran yang akan dilakukan di area CMM secara keseluruhan.

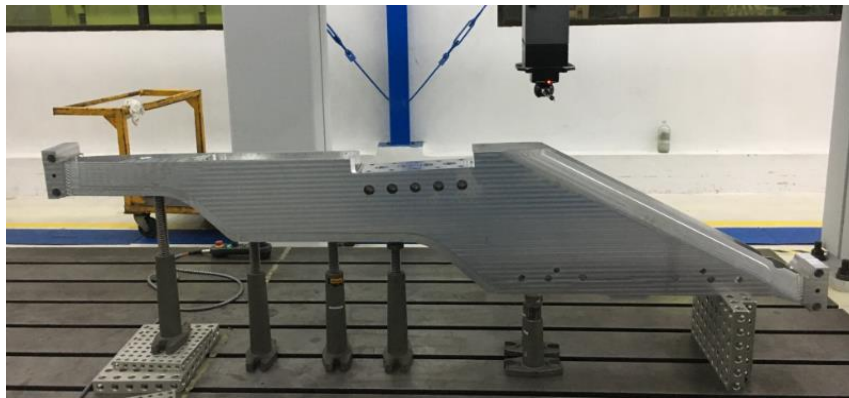
1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan *quality Machining* adalah membutuhkan perbaikan pada proses *inspection* fokus untuk mengurangi *waste* dan *improve process*. Penyebab terjadinya pemborosan disebabkan oleh variasi *part, setup part*, dan proses *inspection*. Variasi *part* yang tinggi menjadi faktor pemborosan karena operator harus melakukan *setting part* yang berbeda setiap hari. Contoh tingginya variasi *part* pada area CMM dapat dilihat pada Gambar 1.2 adalah *Support Weapon Pylon* program KFX dan Gambar 1.3 adalah *Rib AT* program Airbus Spirit. Kedua *part* tersebut memiliki perbedaan dari dimensi, bentuk dan toleransi. Perbedaan proses inspeksi terdapat pada aktivitas *preparation* seperti *setup part*, pengecekan program dan *handling part*.

Support Weapon Pylon termasuk kedalam kategori *complex*, karena pada proses manufakturnya dilakukan pengukuran CMM secara berulang. Pada program KFX untuk kategori

complex, hasil pengukuran CMM digunakan sebagai referensi untuk melakukan *rework*. Pengukuran yang dilakukan secara berulang bertujuan untuk mengurangi resiko *nonconforming/reject*. *Setup part* menjadi persoalan karena posisi dari *part* tersebut harus sesuai dengan *axis* mesin dengan cara menggerakkan *probe*.

Rib AT program Airbus Spirit pada Gambar 1.3 termasuk kategori medium karena pada saat melakukan *setup part* tidak memerlukan waktu seperti *part complex* karena dimensi yang tidak terlalu besar. Permasalahan *setup part* pada kategori medium adalah operator tidak mengetahui lokasi dan posisi dari *part*. Mesin dapat mulai beroperasi apabila operator sudah melakukan *setup part* sesuai dengan program. Permasalahan *setup part* menjadikan *idle time* mesin menjadi tinggi, karena mesin harus menunggu operator melakukan *setting part* terlebih dahulu.



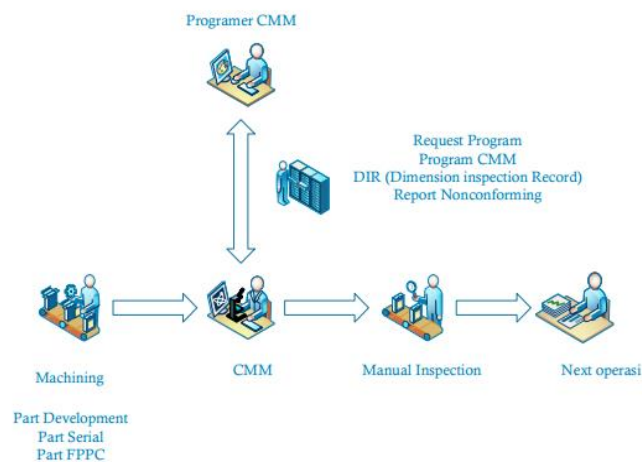
Gambar 1.2 *Support Weapon Pylon*

Pada Gambar 1.4 adalah alur dari inspeksi yang terdapat pada area CMM, *part* yang akan diperiksa di CMM terdiri dari 3 type, yaitu *part development*, *part serial* dan *part FPPC*. *Part development* adalah *part* yang masih tahap pengembangan, oleh karena itu membutuhkan waktu yang lama pada saat pengerjaannya. Faktor yang diperhatikan untuk *part development* adalah menunggu program CMM, mengetahui *alignment* manual, mengetahui *setup part* dan melakukan *try out* program. *Part serial* adalah *part* yang sudah diproduksi secara serial, program dan cara pengukuran sudah lengkap. *Part FPPC* adalah *part* pertama produksi untuk mencegah terjadinya *reject* untuk *part* selanjutnya.



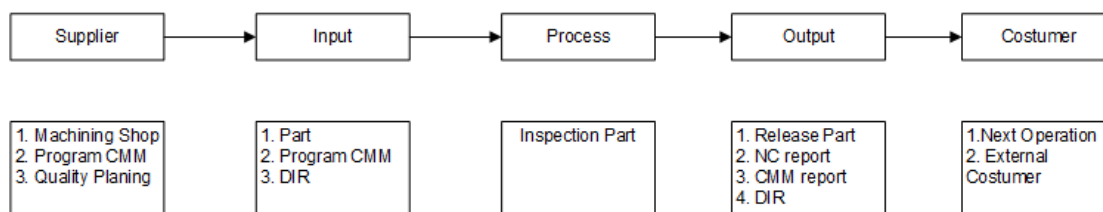
Gambar 1.3 Rib AT

Pada Gambar 1.5 adalah SIPOC dari proses pengukuran yang dilakukan pada area CMM. Sebelum mengoperasikan mesin CMM, membutuhkan *input* yaitu program CMM & *Dimension Inspection Record (DIR)*, sedangkan *output* yaitu *report CMM*, *Dimension Inspection Record (DIR)* yang sudah diisi, dan *part* yang sudah sesuai dengan *requirement* atau *report nonconforming* apabila terjadi ketidaksesuaian dari *part*.



Gambar 1.4 Bisnis proses CMM

Lead time akan meningkat apabila mesin tidak dikelola secara efektif yang berdampak terhadap *cycle time* dari proses manufaktur material/*part* dan mengakibatkan keterlambatan dalam pengiriman (Cheng & Chang, 2012). Untuk mengurangi *lead time* tersebut digunakan pendekatan *lean* dan *inspection plan* yang bertujuan untuk mengelola mesin lebih baik. Penggunaan *lean* banyak digunakan untuk tujuan menghilangkan pemborosan yang terdapat pada proses sehingga dapat mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas. Langkah awal yang harus dilakukan untuk implementasi *lean* yaitu mendefinisikan *value* yang berasal dari *customer*. Identifikasi tahapan dalam bisnis proses, mengeliminasi tahapan yang tidak memiliki *value* dan meningkatkan tahapan yang menghasilkan *value*.



Gambar 1.5 SIPOC area CMM

Idle time dan *waiting time* akan meningkat apabila tidak terdapat prosedur atau panduan pengukuran yang berfungsi untuk membantu operator. *Inspection planning* merupakan salah satu dari paduan pengukuran yang bertujuan untuk melakukan *transfers design data* menjadi *inspection system*, melakukan proses inspeksi dengan waktu yang minimum dan tepat. Tahapannya dimulai dari menentukan dimensi yang terdapat pada *drawing*, menentukan alat bantu yang digunakan pada saat proses pengukuran, menentukan metode yang akan digunakan dan referensi yang digunakan untuk proses pengukuran (Beg & Shunmugam, 2002). *Inspection planning* adalah aktivitas yang digunakan untuk menentukan urutan *setup*, urutan pengukuran, mengumpulkan informasi dan menentukan input dari *inspection plan*.

Permasalahan yang terdapat di PT dirgantara memiliki persamaan dengan pendapat yang disampaikan oleh Hwang, Tsai, & Chang (2004) yaitu proses pembuatan *inspection planning* lebih fokus terhadap pengukuran dari *part/product* berdasarkan pengalaman, tidak mempertimbangkan *part setup*, perubahan posisi *probe* dan tidak fokus terhadap mengurangi jarak perpindahan dari *probe*.

Penyelesaian permasalahan yang terdapat pada area bagian *quality Machining* PT Dirgantara Indonesia menggunakan pendekatan *lean manufacturing* yang fokus untuk mengurangi *lead time* dan *improve process*. *Lean manufacturing* akan membantu perusahaan untuk mendapatkan *fast delivery* dengan harga yang rendah (Salah, Rahim, & Carretero, 2010). *Lean thinking* digunakan untuk *improve* performa perusahaan dengan mendefinisikan *value* yang berfokus pada konsumen, fokus terhadap menambah *value*, mengurangi *cycle time*, mengurangi waktu tunggu dan memberikan informasi yang *update*.

Proses *inspection planning* adalah tahap yang sangat penting dalam perencanaan inspeksi *part*. Penggunaan metode *lean* dan *inspection plan* bertujuan untuk mengurangi waktu pengukuran dan waktu tunggu menggunakan *tool lean* dengan memperhatikan *KPIV* (*Key Process In Variable*) & *KPOV* (*Key Process Out Variable*). Proses *planning* akan menghasilkan proses inspeksi yang sesuai *requirement* dengan waktu yang singkat. *Setup* merupakan aktivitas

yang perlu diperbaiki karena dengan melakukan perbaikan pada setup dapat mengurangi *cycle time*. Dampak yang terjadi apabila *cycle time* menjadi tinggi adalah terjadi penumpukan dan terlambat pengiriman. Faktor yang menyebabkan penumpukan part adalah mesin CMM hanya terdapat 1 unit, akan tetapi mempunyai ukuran yang besar (6,3m x 2,5 m x 2 m). Pemanfaatan mesin CMM dengan ukuran besar ini belum dapat dimanfaatkan untuk mengurangi penumpukan yang terjadi pada infeed CMM. Perbaikan pada aktivitas setup dapat dilakukan untuk mengurangi *cycle time*, seperti pada penelitian Braglia, Frosolini & Gallo, (2017) menggunakan tools SMED yang dikombinasikan dengan 5 whys yang digunakan untuk mengurangi waktu *change over*, dengan melakukan standarisasi aktivitas *setup*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang *lean dan inspection plan*, digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dari *setup part*, *idle time* dan *waiting time* yang tinggi. Dibutuhkan sistem *inspection* yang baru, maka dari itu rumusan masalah terkait penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Bagaimana penerapan *lean manufacturing* dan *inspection plan* di area Mesin CMM untuk mengurangi pemborosan khususnya *cycle time*, *waiting time*, *idle time* dan meningkatkan *utilization* di area CMM?
2. Bagaimana perbandingan kondisi sebelum dan setelah perbaikan menggunakan *lean manufacturing* dan *inspection plan* terhadap *cycle time*, *waiting time*, *idle time* dan *utilization*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah yang telah diuraikan, berikut adalah tujuan dari penelitian yang dilakukan :

1. Membuat *inspection planning* oleh programmer CMM yang dikombinasikan dengan *tools lean* untuk meningkatkan *utilization* operator CMM dan *utilization* mesin untuk memperbaiki proses inspeksi menggunakan mesin CMM.
2. Mengetahui perbandingan *cycle time*, *waiting time*, *idle time* dan meningkatkan *utilization* mesin CMM sebelum dan sesudah melakukan perbaikan menggunakan metode *lean* dan *inspection plan*.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa manfaat yang didapat yaitu :

1. Membantu perusahaan untuk memperbaiki proses inspeksi menggunakan CMM.
2. Membantu perusahaan untuk dapat melakukan *delivery on time*.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ditetapkan beberapa batasan dan asumsi penelitian agar penelitian terfokus pada tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Batasan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dilakukan melalui studi kasus terhadap suatu unit organisasi yaitu *quality Machining*.
2. Part yang diteliti adalah part yang diinspeksi melalui CMM pada program KFX.
3. Penelitian ini hanya menggunakan satu siklus metode *lean manufacturing*.

1.6 Sistematika penulisan

Penulisan dilakukan dengan susunan yang secara umum dapat menjelaskan permasalahan secara terperinci dengan urutan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan tesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN SINTESA PENELITIAN

Bab ini berisikan teori yang diperoleh dari literature. Teori tersebut digunakan sebagai dasar atau panduan dari penelitian ini, selain itu terdapat sintesa penelitian yang bertujuan untuk membandingkan penelitian ini dengan penelitian lain yang sudah ada.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini bertujuan untuk membahas metode penelitian yang akan dilakukan selanjutnya membahas tahapan yang akan dilakukan.

BAB IV PENGEMBANGAN METODE LEAN DAN INSPECTION PLAN

Pada bab ini berisi tahapan awal implementasi metode antara lean dan inspection plan, dengan mengetahui waste, identifikasi aktivitas dan melakukan perencanaan perbaikan berdasarkan 3 prinsip lean yaitu *customer value*, *Value stream* dan *Created Flow*.

BAB V IMPLEMENTASI METODE LEAN DAN INSPECTION PLAN

Pada bab ini berisi tahapan implementasi perbaikan proses berdasarkan rencana yang sudah ditentukan pada tahapan pengembangan metode lean dan inspection plan berdasarkan 2 prinsip lean yaitu pull on demand dan created perfection.

BAB V ANALISIS HASIL PERBAIKAN

Pada bab ini akan melakukan analisis terhadap proses pengukuran yang dilakukan di area CMM sebelum dan sesudah melakukan perbaikan menggunakan integrasi antara lean dan inspection plan, melakukan analisis penggunaan tools yang digunakan dan rekomendasi yang akan diberikan kepada perusahaan.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi semua kesimpulan yang dihasilkan dari serangkaian proses penulisan dan juga saran.saran sebagai tuntunan perbaikan.