

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil Bengkel Pipa Divisi Kapal Niaga PT. XXX

Bengkel produksi merupakan salah satu faktor pendukung berhasilnya suatu galangan kapal, salah satu bengkel produksi tersebut adalah bengkel pipa. Menurut data yang diperoleh berdasarkan hasil observasi, bengkel pipa Divisi Kapal Niaga PT. XXX mampu menghasilkan 125 spool pipa tiap harinya. Hal ini didukung oleh sumber daya manusia yang berkompeten serta mesin dan peralatan yang baik. Luas bengkel pipa Divisi Kapal Niaga PT. XXX sekitar 2.800m², dipimpin oleh seorang kepala bengkel dengan memiliki 13 personil.

4.1.1 Fasilitas Bengkel

Selain sumber daya manusia yang berkompeten, fasilitas bengkel yang baik tentu akan sangat membantu proses produksi agar berjalan lancar. Tidak hanya lingkungan kerja saja, namun mesin dan peralatan kerjapun harus sangat memadai sehingga membantu pekerja agar pekerjaannya cepat terselesaikan sesuai target. Hingga saat ini bengkel pipa Divisi Kapal Niaga PT. XXX memiliki sejumlah mesin yang sangat memadai untuk proses fabrikasi pipa. Berikut gambaran mengenai mesin-mesin yang terdapat di bengkel pipa Divisi Kapal Niaga PT. XXX.

A. Automated Pipe Fabrication Line

Automated pipe fabrication line merupakan *line* pertama pada denah mesin yang ada di bengkel pipa Divisi Kapal Niaga, disana terdapat beberapa mesin otomatis dengan kapasitas pipa berukuran besar. Mesin-mesin tersebut antara lain:

1. PI – 01 Pipe cassette
2. PI – 02 Pipe cutter with feeding conveyor
3. PI – 03 Pipe positioning equipment with unloading device
4. PI – 04 Combined Flange *fitting* and *welding*

5. PI – 05 / 06 /07 Machine including flange cassette
6. PI – 08 Pipe loader
7. PI – 10 Pipe skid
8. PI – 11 Electric and hydraulic control system.

B. Small Diameter Pipe Fabrication

Small diameter pipe fabrication merupakan *line* kedua dari denah peletakan mesin di bengkel pipa Divisi Kapal Niaga. Hanya pipa dengan diameter kecil saja yang dikerjakan pada *line* kedua ini, pada umumnya pipa yang dikerjakan di *line* ini berukuran 15 – 50 A. Mesin-mesinnya antara lain:

1. PI – 13 Stock and *marking* table with rollers
2. PI – 14 Pipe cutter
3. PI – 15 Pipe Skid with roller conveyor
4. PI – 16 /17/18 Combined Flange *fitting* and *welding* device
5. PI – 19 Pipe skid

C. Medium and Large Diameter Pipe Fabrication Line

Pada denah peletakan mesin, di *line* ini merupakan yang paling sering digunakan. Pipa yang dikerjakan pada *line* ini berukuran diatas 50A. Mesin-mesinnya antara lain:

1. PI – 21 Stock and *marking* table
2. PI – 22 Semi automatic gas *cutting* machine
3. PI – 23 Pipe Skid
4. PI – 24 /25/26 Combined semi auto flange *fitting* and *welding*
5. PI – 27 Pipe skid
6. PI – 29 Pipe skid

D. Others Pipe Shops Items

Denah pipa di *line* ini digunakan untuk pipa-pipa yang memiliki pengerjaan khusus yang tidak bisa dikerjakan pada *line* pipa sebelumnya.. mesin yang ada pada *line* ini antara lain:

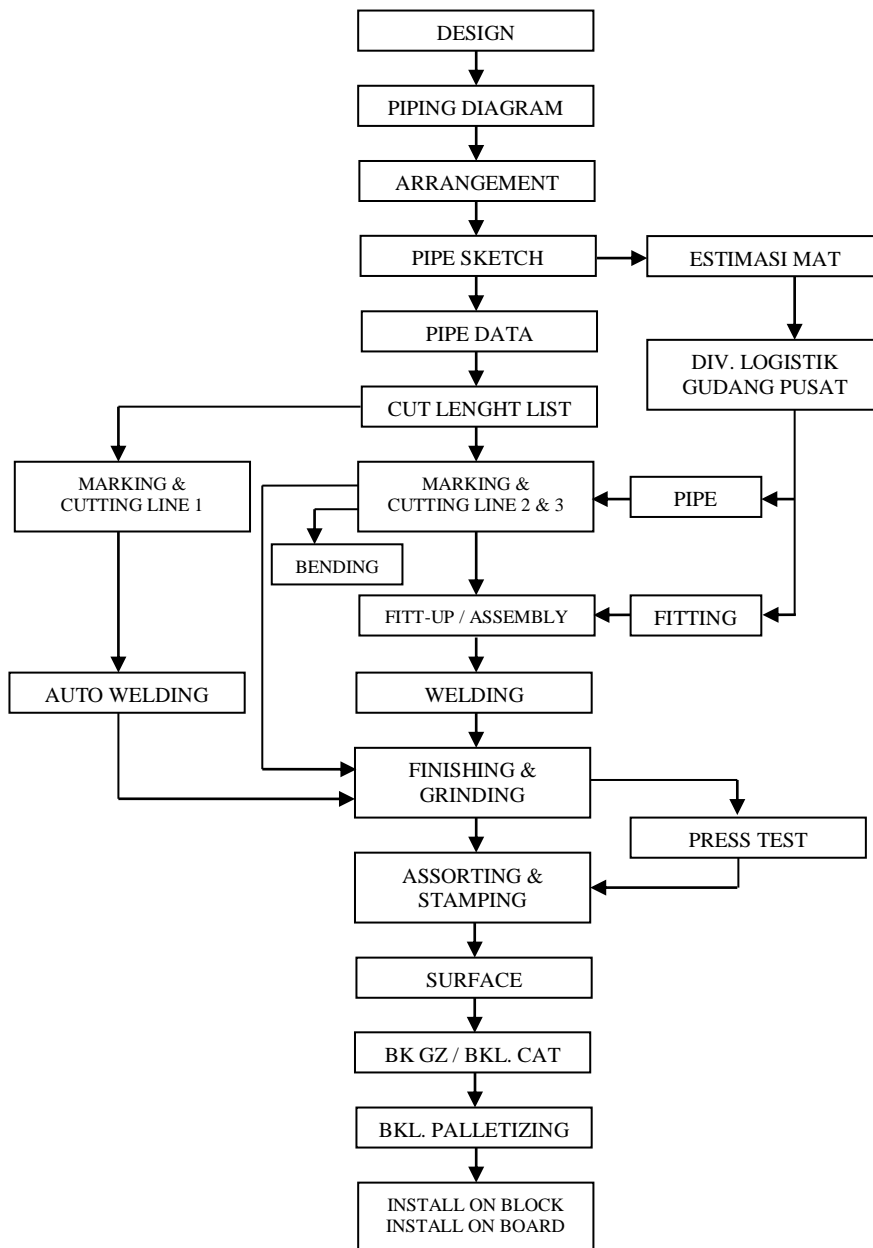
1. PI – 09/20/28 Pipe bender tool change

2. PI – 30 Auto gas *cutting* machine for pipe branch
3. PI – 31 Branch pipe cutter
4. PI – 32 Pipe disc cutter
5. PI – 34 Pipe positioner and torch stand
6. PI – 35 Pipe positioner for small pipe
7. PI – 37 Hydraulic test pump

4.1.2 Proses Fabrikasi Pipa

Fabrikasi adalah suatu rangkaian pekerjaan dari beberapa komponen material yang dirangkai menjadi satu dengan pelaksanaan setahap demi setahap sampai menjadi suatu bentuk sempurna sesuai dengan yang diharapkan. Begitupula dengan proses fabrikasi pipa. Istilah fabrikasi dalam sistem perpipaan adalah membuat dan merangkai beberapa komponen pipa sehingga menjadi suatu sistem yang lengkap.

Sesuai dengan gambar 4.1, sistem kerja fabrikasi pipa divisi kapal niaga PT. XXX diawali dari proses *design*. Proses *design* menghasilkan *piping diagram, arrangement, dan pipe sketh*. *Pipe sketch* menghasilkan estimasi material dan data pipa, estimasi material dibawa ke divisi logistik dan gudang pusat untuk diperiksa pengadaan serta ketersediaan materialnya, sedangkan data pipa digunakan sebagai dasar pembuatan *database material*. *Material database* meliputi data-data mengenai *cut length list* dan *pallet control*. *Cut length list* merupakan data pengelompokan ukuran pipa yang akan diproduksi, sedangkan *pallet control* digunakan untuk penataan penyimpanan material-material yang akan diproduksi berdasarkan bagian-bagiannya tersendiri. Setelah kedua database tersebut siap, dan material tersedia maka proses utama fabrikasi akan segera dimulai.



Gambar 4.1. Sistem Kerja Fabrikasi Pipa Divisi Kapal Niaga

Marking merupakan proses pertama yang dilakukan. *Marking* adalah tahap pekerjaan pemberian tanda garis potong, nomor identifikasi, jarak lubang baut, diameter lubang baut, dll pada material pipa dengan mengacu kepada gambar kerja yang sudah tersedia. Pemberian tanda biasanya dengan menggunakan penggores, penitik atau kapur.

Tahapan berikutnya adalah *cutting*, yaitu tahap pekerjaan pemotongan bahan baku pipa sesuai dengan tanda potong yang telah ditetapkan pada proses penandaan. Proses *cutting* di Divisi Kapal Niaga ini menggunakan mesin semi otomatis. Untuk proses pengerjaannya dilakukan oleh seorang operator yang sama dengan yang melakukan *marking*. Seorang operator menyiapkan material diatas mesin potong, sebelumnya dilakukan *set up* yakni persiapan peletakan material ditempatnya dan dilakukan *marking* (penandaan) pada material tersebut sesuai *cut length list* yang ada baru kemudian dilakukan pemotongan meterial sesuai yang dibutuhkan.

Setelah proses *cutting* selesai, maka pekerjaan berikutnya adalah proses *bending*. *Bending* merupakan pengerjaan dengan cara memberi tekanan pada bagian tertentu. Sedangkan proses *bending* merupakan proses penekukan atau pembengkokan menggunakan alat *bending* manual maupun menggunakan mesin *bending*. Proses ini tidak selalu dibutuhkan dalam pengerjaan fabrikasi pipa karena tidak semua pipa dibuat lengkung dan pipa berdiameter besar yang berbentuk lengkung tidak dilakukan proses *bending*.

Berikutnya adalah proses *fitting*, yang merupakan proses penataan dan penyambungan sementara komponen-komponen sehingga menjadi satu satuan pipa yang dibutuhkan sebelum akhirnya disambung secara permanen. *Welding* merupakan proses lanjutan yakni menyambungkan semua komponen yang telah ditata tadi dengan cara mengelasnya sehingga menjadi satu kesatuan pipa utuh sesuai yang dibutuhkan. Setelah itu proses *finishing* yaitu untuk membersihkan sisa bekas pengelasan. Jika semua proses telah dikerjakan, maka pipa-pipa tersebut harus di *stamping* lagi untuk diberikan identitas dan disimpan di bengkel palletizing terlebih dahulu sebelum diinstal pada *block* atau kapal.

4.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran waktu jam henti. Pengukuran ini menggunakan *stop watch* sebagai alat ukur utamanya dan dilakukan secara langsung ditempat dimana pekerjaan yang bersangkutan dilaksanakan. Cara ini merupakan cara yang paling banyak dikenal dan digunakan karena langkah-langkahnya yang sederhana. Pengukuran waktu ini ditujukan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan.

4.2.1 Langkah-langkah Sebelum Melakukan Pengukuran Waktu

Untuk mendapatkan hasil yang baik maka pengukuran harus dilakukan beberapa kali. Banyak faktoryang harus diperhatikan agar diperoleh waktu yang sesuai untuk pekerjaan yang bersangkutan yang berhubungan dengan kondisi kerja. Berikut langkah-langkah yang harus dilakukan :

- a. Menetapkan tujuan pengukuran, yaitu untuk apa pengukuran waktu dilakukan.
- b. Melakuakan penelitian pendahuluan, yaitu mengamati sistem kerja yang telah ada. Jika sistem kerja yang ada sudah baik, maka bisa dilakukan pengukuran waktu, namun jika belum maka dilakukan perbaikan-perbaikan terlebih dahulu.
- c. Memilih operator yang baik dan berkompeten.
- d. Menentukan pemisahan kegiatan sesuai dengan data yang ingin didapatkan.
- e. Menyiapkan peralatan yang diperlukan berupa papan pengamatan, lembar pengamatan, *stop watch*, dan alat tulis.

LEMBAR PENGAMATAN

Lokasi Pengamatan : Divisi Kapal Niaga PT. XXX
Bengkel Pelaksana : Bengkel Pipa
Nama Operator :
Pekerjaan :
Tanggal :

NO	WAKTU	NO	WAKTU
1		26	
2		27	
3		28	
4		29	
5		30	
6		31	
7		32	
8		33	
9		34	
10		35	
11		36	
12		37	
13		38	
14		39	
15		40	
16		41	
17		42	
18		43	
19		44	
20		45	
21		46	
22		47	
23		48	
24		49	
25		50	

Gambar 4.2. Lembar Pengamatan

4.3 Proses Melakukan Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen maupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan. Bila operator telah siap bekerja, maka pengamat harus sudah berada dan siap mengukur waktu kerja. Posisi pengamat sebaiknya tidak mengganggu kenyamanan operator saat bekerja sehingga operator melaksanakan pekerjaannya bisa maksimal sesuai apa yang biasa dikerjakan. Posisi inipun hendaknya memudahkan pengamat mengamati jalannya pekerjaan sehingga dapat mengikuti dengan baik saat suatu pekerjaan telah selesai.

Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran pendahuluan. Tujuan diadakan pengukuran pendahuluan ini adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilaksanakan sesuai kebutuhan berdasarkan tingkat ketelitian dan kepuasan yang diinginkan. Pengukuran pendahuluan pertama dilakukan dengan melakukan beberapa buah pengukuran yang banyaknya ditentukan oleh pengamat secara acak. Setelah pengukuran pendahuluan ini dilaksanakan, maka hal yang harus dilakukan selanjutnya adalah menguji keseragaman data, menghitung jumlah pengukuran yang diperlukan. Apabila jumlah data yang dibutuhkan belum mencukupi, maka harus diadakan pengukuran pendahuluan kedua, namun jika data yang dibutuhkan dirasa sudah mencukupi sesuai dengan tingkat ketelitian dan kepuasan yang dikehendaki maka tidak diperlu melakukan pengukuran pendahuluan tambahan. Pengukuran pendahuluan tambahan mungkin bisa dilakukan hingga beberapa kali tergantung dengan tingkat ketelitian dan kepuasan yang dikehendaki. Setelah itu dilakukan uji keseragaman data dan perhitungan waktu baku.

Dalam penelitian ini, proses yang diamati adalah proses fabrikasi pipa yang terdiri dari *marking*, *cutting*, *bending*, *fitting* dan *welding*, seperti yang tertera pada gambar 4.3, Pengukuran pertama dilakukan pada proses *marking*, kemudian diikuti pengukuran waktu proses *cutting*. Karena proses *marking* dan *cutting* merupakan satu kesatuan yang dikerjakan oleh satu operator yang sama. Pengukuran berikutnya adalah mengukur waktu kerja proses *bending*. Proses *bending* hanya dilakukan untuk pipa berdiameter kecil saja karena pipa dengan

lengkungan yang memiliki diameter besar (*elbow*) di PT. XXX biasanya menggunakan benda jadi yang dipesan dari luar. Setelah itu barulah mengukur waktu kerja proses *fitting*. Pada satu spool pipa biasanya terdapat beberapa potongan pipa yang akan disambung, pada penelitian ini pengukuran waktu kerja dilakukan untuk tiap pembuatan 1 spool pipa yang terdiri dari satu buah pipa dan dua buah flange, masing-masing sat. Setelah itu mengukur waktu kerja proses *welding*. Sama halnya dengan proses *fitting*, pengukuran yang dilakukan adalah proses pada tiap-tiap sambungan. Pada proses fabrikasi pipa sebelumnya dilakukan *set up* terlebih dahulu untuk masing-masing sub pekerjaan. *Set up* adalah kegiatan *prepare* gambar, material, dan mesin sebelum proses dilakukan.

Sistem kerja yang dilakukan oleh pekerja di bengkel pipa saat melakukan pekerjaan fabrikasi sudah baik karena dilakukan berdasarkan standar kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan.

4.3.1 Pengukuran Waktu Proses *Marking*

Karena proses *marking* dan *cutting* dikerjakan oleh satu operator yang sama, maka proses *marking* dikerjakan diatas mesin *cutting*. Berikut tata cara pengerjaan *marking* berdasarkan standar kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan. Panjang pipa yang akan dimarking adalah 6 meter dan rata-rata penandaan untuk 1 lomjor pipa dibagi menjadi 3 sampai 4 bagian.

➤ Kegiatan persiapan (*set up*)

1. Membaca gambar kerja beserta catatan yang ada.
2. Mengumpulkan gambar kerja menurut: Jenis material, diameter dan panjang pipa.

➤ Kegiatan *marking*

1. Menempatkan gambar kerjadiatas meja penandaan dan memperhatikan gambar kerja dengan cermat.
2. Memindahkan pipa dari meja stok pipa ke meja penandaan.
3. Memindahkan ukuran penandaan (*marking plan*) dari gambar kerja ke benda kerja (pipa) dan gores berdasarkan ukuran yang telah ditentukan.
4. Memindahkan kode pipa dari gambar kerja ke benda kerja.

4.3.2 Pengukuran Waktu Proses *Cutting*

Setelah proses *marking* selesai maka dilanjutkan proses *cutting* yang dikerjakan oleh operator yang sama. Proses *cutting* ini dikerjakan di mesin dengan nama PI – 22 *Semi outomatic gas cutting machine*. Berikut tata cara pengerjaan *marking* berdasarkan standar kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan.

➤ **Kegiatan persiapan (*set up*)**

1. Memeriksa tekanan (isi) tabung gas potong dengan melihat meter pada regulator.
2. Menaikkan brander potong (torch) setinggi mungkin sehingga memudahkan untuk meletakkan pipa pada roll pemutar.
3. Meletakkan pipa yang telah ditandai di roll pemutar.
4. Menurunkan brander potong sampai pada permukaan pipa dengan jarak 5-10 mm.
5. Mengatur posisi brander potong sampai lurus dengan tanda pemotongan.
6. Membuka saluran gas asitelin dan oksigen.
7. Menyalakan brander potong dengan korek.
8. Mengatur agar api menyala dengan sempurna.

➤ **Kegiatan *cutting***

1. Memanaskan permukaan pipa yang ada garis potongnya.
2. Membuka saluran gas potong sampai penuh.
3. Setelah pipa berlubang, putar pipa tersebut dengan menekan “switch ON” pada pengatur kecepatan.
4. Setelah selesai melakukan pemotongan, matikan api dengan cara menutup saluran gas potong.
5. Menaikkan brander potong sampai pada posisi maksimum.
6. Memindahkan pipa yang telah dipotong.

4.3.3 Pengukuran Waktu Proses *Bending*

Tidak semua pipa dilakukan proses *bending*, hanya pipa berdiameter kecil saja yang dilakukan pekerjaan *bending*. Pekerjaan *bending* ini dilakukan di mesin *bending*. Berikut tata cara pengerjaan *bending* berdasarkan standar kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan.

➤ Kegiatan persiapan (*set up*)

1. Memeriksa motor dari mesin *bending*.
2. Menyetel *bending* form dengan alat pengangkat.
3. Menyetel ujung mandril yang sesuai dengan diameter pipa.
4. Memeriksa isi gambar kerja.
5. Membersihkan pipa bekas potongan dengan menggunakan gerinda.

➤ Kegiatan *bending*

1. Memberi pelumas dengan oli pada mandril dan diameter dalam pipa.
2. Memasukkan pipa kedalam *bending* form dengan crane bila pipa berukuran besar atau dengan tangan bila pipanya berukuran kecil.
3. Mengatur posisi pipa pada titik awal mulai bengkokan lurus dengan titik tengah *bending* form.
4. Memberi pelumas pada diameter luar pipa agar bagian dalam *bending* form tidak mudah aus.
5. Klem benda kerja kemudian menyetel mandril dengan posisi yang benar.
6. Apabila dalam proses pembengkokan ada klem yang kendur maka matikan mesin kemudian menata posisi klem kembali.
7. Setelah proses pembengkokan selesai, maka mandril ditarik kebelakang terlebih dahulu.
8. Mengendurkan klem kemudian melepaskan pipa.

4.3.4 Pengukuran Waktu Proses *Fitting*

Proses *fitting* dikerjakan secara manual oleh pekerja. *Fitting* merupakan proses penataan dan penyambungan sementara komponen-komponen sehingga menjadi satu satuan pipa yang dibutuhkan sebelum akhirnya disambung secara permanen.

➤ **Kegiatan persiapan (*set up*)**

1. Menyiapkan gambar kerja.
2. Memastikan komponen-komponen material yang akan dikerjakan sudah lengkap.

➤ **Kegiatan *Fitting***

1. Menata komponen-komponen pipa yang akan dirangkai sesuai gambar kerja.
2. Menyambungkan komponen-komponen pipa menjadi satu kesatuan dengan memberikan tag las.

4.3.5 Pengukuran Waktu Proses *Welding*

Tahapan berikutnya adalah pekerjaan *welding*. Pada penelitian ini, penghitungan waktu dilakukan pada proses penyambungan pipa dengan flange dan menggunakan cara las manual. Berikut tata cara pengerjaan *welding* berdasarkan standar kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan.

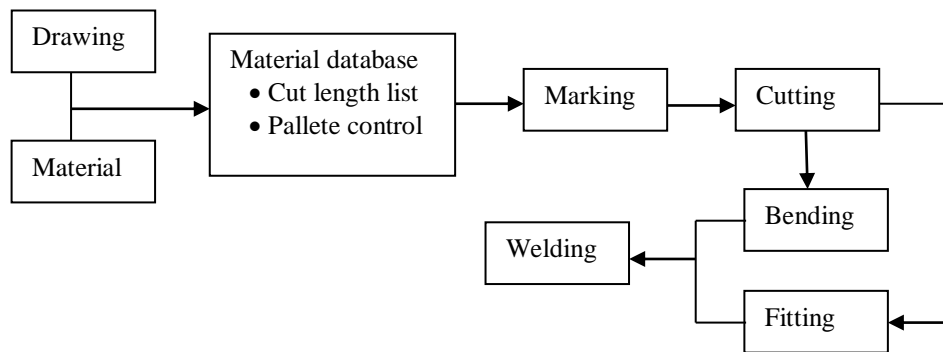
➤ **Kegiatan persiapan (*set up*)**

1. Memastikan tempat dan urutan pengelasan sesuai kondisi pipa.
2. Memastikan dan menyiapkan jenis material kawat las yang akan dipakai.
3. Memilih ukuran yang telah ditentukan sesuai standar pengelasan.

➤ **Kegiatan *Welding***

Dalam kegiatan pengelasan pipa terhadap flanges, terdapat tiga tahapan, yakni:

1. Las Pengisian sudut pipa
2. Las tumpuk bagian luar dan bawah
3. Las tumpuk bagian atas / finish



Gambar 4.3. Proses Fabrikasi Pipa

4.4 Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh dari *cut length list* pada tabel 4.1, pipa dengan jenis material STPG 370S schedule 80, ND 50A memiliki jumlah *quantity* terbanyak, sehingga pipa jenis ini dipilih untuk menunjang kebutuhan data penelitian.

Tabel 4.1 *Quantity* Pipa Berdasarkan ND

Material	ND	Qty
STPG370S	15	816
STPG370S	20	129
STPG370S	25	573
STPG370S	32	295
STPG370S	50	864
STPG370S	65	490
STPG370S	80	568
STPG370S	100	421
STPG370S	125	199
STPG370S	150	83
STPG370S	200	202
STPG370S	250	94
STPG370S	300	141
STPG370S	350	6
STPG370S	400	17
STPG370S	500	5
STPG370S	650	23

Setelah memilih jenis pipa tersebut, maka dilakukan pengukuran pendahuluan dengan tujuan mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan. Pada umumnya pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali atau lebih, pada penelitian ini pengukuran pendahuluan dilakukan sebanyak tiga puluh kali dan nilai hasil pengukuran terdapat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Pengukuran Pendahuluan Untuk pipa STPG 370S ND 50A

Proses Pekerjaan				
Marking	Cutting	Bending	Fitting	Welding
125	26	8	394	1464
122	22	5	382	1440
123	19	8	472	1490
126	21	6	405	1501
125	24	5	540	1482
124	23	7	476	1456
124	22	8	452	1441
123	20	7	462	1448
126	22	7	521	1464
126	22	6	478	1456
123	20	8	390	1432
125	25	6	454	1456
125	22	8	540	1493
125	22	8	539	1473
123	24	7	452	1484
127	19	6	506	1464
125	22	7	477	1480
123	23	7	496	1461
126	22	7	504	1472
125	21	6	482	1472
125	20	7	387	1440
124	25	6	455	1480
122	22	5	536	1443
124	24	6	478	1464
125	22	6	515	1501
124	22	7	523	1456
126	23	8	486	1445
125	20	7	462	1448
125	19	7	446	1472
123	21	6	454	1440

*Keterangan: waktu dalam satuan detik

Gambar 4.2 adalah hasil pengukuran waktu kerja secara langsung dengan menggunakan *stopwatch time study*. Nilai hasil pengukuran waktu tersebut menunjukkan waktu yang dibutuhkan operator dalam menyelesaikan satu kali jenis pekerjaan.

Sebelum melakukan pekerjaan, masing-masing kegiatan kerja memerlukan waktu persiapan (*set up*) terlebih dahulu. Waktu *set up* digunakan untuk mempersiapkan material ataupun mesin, dan waktunya berbeda-beda untuk masing-masing pekerjaan. Pada tabel 4.3 diketahui waktu *set up* rata-rata yang terdapat di bengkel pipa divisi kapal niaga PT. XXX.

Tabel 4.3. Data Pengukuran Waktu *Set Up* Untuk pipa STPG 370S ND 50A

Pekerjaan	Time
Marking	180
Cutting	180
Bending	300
Fitting	300
Welding	240

*Keterangan: waktu dalam satuan detik

4.5 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengambilan data pada tiap-tiap sub pekerjaan, maka dilakukan pengolahan data. Hasil data dari pengukuran pendahuluan diuji kecukupan datanya terlebih dahulu dengan menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawahnya.

$$BKA = \bar{x} + (3 \times \sigma)$$

$$BKB = \bar{x} - (3 \times \sigma)$$

Dengan menggunakan data dari pengukuran pendahuluan pada tabel 4.2 maka dihitung dahulu nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menghitung batas kontrol atas dan batas kontrol bawahnya (contoh perhitungan yang digunakan berikut adalah untuk proses *marking*)

Pengukuran Ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Waktu	125	122	123	126	125	124	124	123	126	126

Pengukuran Ke	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Waktu	123	125	125	125	123	127	125	123	126	125

Pengukuran Ke	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Waktu	125	124	122	124	125	124	126	125	125	123

Pemrosesan hasil pengukuran dilakukan dengan langkah langkah berikut:

Pertama membagi 30 hasil pengukuran kedalam sub-sub grup dan dihitung rata-ratanya.

K	sub grup (n)						Σ	Rata-rata
	1	2	3	4	5	6		
1	125	122	123	126	125	124	745	124.17
2	124	123	126	126	123	125	747	124.50
3	125	125	123	127	125	123	748	124.67
4	126	125	125	124	122	124	746	124.33
5	125	124	126	125	125	123	748	124.67
						Total		622.33

- Rata – rata sub grup

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{k}$$

$$= \frac{622.33}{5}$$

$$= 124,47 \text{ detik}$$

Dimana:

x = harga rata-rata dari sub grup

k = banyanya sub gup yang terbentuk

- Standard deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xj - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{47.47}{30-1}}$$

$$= 1.28$$

Dimana:

x = waktu teramati pada pengukuran pendahuluan

N = jumlah pengukuran pendahuluan

- BKA dan BKB

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + (3 \times \sigma) \\ &= 124,47 + (3 \times 1.28) \\ &= 128.3 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= \bar{x} - (3 \times \sigma) \\ &= 124,47 - (3 \times 1.28) \\ &= 120.63 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan hasil BKA dan BKB untuk proses pekerjaan lain seperti yang terdapat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4. Nilai BKA & BKB

Pekerjaan	BKA	BKB
Marking	128.30	120.63
Cutting	27.40	16.54
Bending	9.57	3.90
Fitting	612.05	332.21
Welding	1590.17	1337.70

Berdasarkan tabel 4.4 didapatkan nilai BKA dan BKB masing-masing pekerjaan. Jika dilihat dengan nilai pengukuran pendahuluan pada tabel 4.1 maka nilai-nilai tersebut memenuhi batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sehingga data dapat dikatakan seragam dan tidak perlu untuk dikeluarkan.

Setelah nilai BKA dan BKB sudah didapatkan, barulah dilakukan uji kecukupan datanya dengan mencari nilai N' . Uji kecukupan data ini dilakukan pada masing-masing pekerjaan. Pada pengukuran kerja ini diambil 95% *confidence level* dan 5% *degree of accuracy*. Hal ini berarti bahwa

sekurang-kurangnya 95 data dari 100 data dari waktu yang diukur untuk suatu elemen kerja akan memiliki penyimpangan tidak lebih dari 5%.

$$N' = \left[\frac{\sqrt{\frac{k}{s} N \cdot \sum xi^2 - (\sum xi)^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$= \left[\frac{\sqrt{\frac{2}{0.5} \cdot 30.464806 - 13942756}}{3734} \right]^2$$

$$= 0.0016$$

Dimana:

k = tingkat kepercayaan dalam pengamatan

jika tingkat keyakinan 99% maka $k = 2,58 \approx 3$

jika tingkat keyakinan 95% maka $k = 1,96 \approx 2$

s = derajat ketelitian dalam pengamatan

jika tingkat keyakinan 99% maka $s = 1\%$

jika tingkat keyakinan 95% maka $s = 5\%$

Dari perhitungan diatas didapat nilai N' pekerjaan marking adalah 0.0016, dan N adalah 30.

Dengan ketentuan:

- Bila $N' < N$ maka data pengukuran pendahuluan dianggap cukup.
- Bila $N' > N$ maka dikatakan data tidak mencukupi sehingga perlu dilakukan pencarian derajat ketelitian baru yang sesuai dengan jumlah data yang diambil.

Sehingga data pekerjaan marking dikatakan sudah memenuhi uji kecukupan data.

Dengan menggunakan cara yang sama untuk proses uji kecukupan data maka didapat nilai untuk pekerjaan lainnya seperti yang terdapat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Nilai Uji Kecukupan Data

Pekerjaan	N'	N	Kecukupan
Marking	0.0016	30	Yes
Cutting	0.1050	30	Yes
Bending	0.3043	30	Yes
Fitting	0.1509	30	Yes
Welding	0.0026	30	Yes

Berdasarkan tabel 4.5, proses pekerjaan *marking*, *cutting*, *bending*, *fitting* dan *welding* dinyatakan memenuhi uji kecukupan data karena nilai $N' < N$, sehingga pengukuran pendahuluan tidak perlu ditambahkan lagi.

Jika pengukuran telah selesai dilakukan semua, dan data yang diperoleh jumlahnya telah memenuhi tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga didapatkan waktu baku. Cara mendapatkan waktu baku dari data yang sudah terkumpul tersebut adalah sebagai berikut:

(contoh perhitungan yang digunakan berikut adalah untuk proses *marking*)

A. Menghitung waktu siklus dengan:

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\sum x_i}{N} \\
 &= \frac{3734}{30} \\
 &= 124.47 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

B. Menghitung waktu normal dengan:

$$\begin{aligned}
 W_n &= W_s \times P \\
 &= 124.47 \times (1-0,06) \\
 &= 117 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dimana:

P = faktor penyesuaian

Untuk menentukan faktor penyesuaian maka harus dilakukan proses rating pada setiap pekerjaan dengan menggunakan metode *westinghouse rating*.

SKILL			EFFORT		
Kelas	Lambang	Penyesuaian	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Superskill	A1	+0,15	Superskill	A1	+0,13
	A2	+0,13		A2	+0,12
Excellent	B1	+0,11	Excellent	B1	+0,10
	B2	+0,08		B2	+0,08
Good	C1	+0,06	Good	C1	+0,05
	C2	+0,03		C2	+0,02
Average	D	0,00	Average	D	0,00
Fair	E1	-0,05	Fair	E1	-0,04
	E2	-0,10		E2	-0,08
Poor	F1	-0,16	Poor	F1	-0,12
	F2	-0,22		F2	-0,17
CONDITION			CONSISTENSY		
Kelas	Lambang	Penyesuaian	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Ideal	A	+0,06	Ideal	A	+0,04
Excellent	B	+0,04	Excellent	B	+0,03
Good	C	+0,02	Good	C	+0,01
Average	D	0,00	Average	D	0,00
Fair	E	-0,03	Fair	E	-0,02
Poor	F	-0,07	Poor	F	-0,04

Gambar 4.4. *westinghouse Rating*

Berdasarkan hasil pengamatan dan penilaian sesuai dengan gambar 4.4 maka didapatkan *rating* untuk masing-masing pekerjaan sebagai berikut:

Tabel 4.6. Hasil *westinghouse rating*

Rating	Marking	Cutting	Bending	Fitting	Welding
Skill	+0,03	+0,03	+0,08	+0,06	+0,06
Effort	+0,02	+0,02	0,00	0,00	0,00
Condition	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consistency	+0,01	+0,01	0,00	+0,01	-0,02
Total	+0,06	+0,06	+0,08	+0,07	+0,04

C. Menghitung waktu baku dengan:

$$\begin{aligned} W_b &= W_n + L \\ &= W_n + (W_n \times 10\%) \\ &= 117 + 11.7 \\ &= 128.7 \end{aligned}$$

Dimana:

L = Kelonggaran

Kelonggaran pada tiap pekerjaan akan bervariasi berdasarkan faktor-faktor yang terdapat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Besar Kelonggaran Berdasarkan Faktor Yang Berpengaruh

Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)		
A. TENAGA YANG DIKELUARKAN 1. Dapat diabaikan 2. Sangat ringan 3. Ringan 4. Sedang 5. Berat 6. Sangat berat 7. Luar biasa berat	Bekerja dimeja, duduk Bekerja dimeja, berdiri Menyekop, ringan Mencangkul Mengayun palu yang berat Memanggul beban Memanggul karung berat	EKIVALEN BEBAN		
		Tanpa beban	PRIA	WANITA
		0.0-2.25 kg	0.0-6.0	0.0-6.0
		2.25-9.00	6.0-7.5	6.0-7.5
		9.00-18.00	7.5-12.0	7.5-16.0
		19.0-27.0	12.0-19.0	16.0-30.0
		27.0-50.0	19.0-30.0	
		Diatas 50 kg	30.0-50.0	
B. SIKAP KERJA 1. Duduk 2. Berdiri diatas dua kaki 3. Berdiri diatas satu kaki 4. Berbaring 5. Membungkuk	Bekerja duduk, ringan Badan tegak, ditumpu dua kaki Satu kaki mengerjakan alat kontrol Pada bagian sisi, belakang/depan badan Badan dibungkukkan bertumpu pada dua kaki			
		0.0 – 1.0		
		1.0 – 2.5		
		2.5 – 4.0		
		2.5 – 4.0		
4.0 – 10.0				

Faktor	Contoh Pekerjaan	Kelonggaran (%)	
C. GERAKAN KERJA			
1. Normal	Ayunan bebas dari bahu	0	
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu	0 – 5	
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan	0 – 5	
4. Pada anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala	5 – 10	
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja dilorong pertambangan yang sempit	10 – 15	
D. KELELAHAN MATA		PENCAHAYAAN	
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur	BAIK 0.0-6.0	BURUK 0.0-6.0
2. Pandangan yang hampir terus-menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti	6.0-7.5 7.5-12.0	6.0-7.5 7.5-16.0
3. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain	12.0-19.0	16.0-30.0
4. Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti	19.0-30.0	
E. KEADAAN TEMPERATUR TEMPAT KERJA	TEMPERATUR (0 C)	KELEMBABAN, NORMAL, BERLEBIHAN	
1. Beku			
2. Rendah	dibawah 0	dias 10	dias 12
3. Sedang	0-13	10-5	12-5
4. Normal	13-22	5-0	8-0
5. Tinggi	22-28	0-5	0-8
6. Sangat tinggi	28-38	5-40	8-100
	dias 38	dias 40	dias 100
F. KEADAAN ATMOSFER			
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar	0	
2. Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan	0-5	
3. Kurang baik	Adanya debu beracun atau tidak beracun tapi banyak	5-10	
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya harus menggunakan alat pernafasan	10-20	

Berdasarkan tabel 4.7 mengenai faktor kelonggaran, didapatkan nilai L seperti pada data tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Data Allowance

Faktor	Kelonggaran				
	<i>Marking</i>	<i>Cutting</i>	<i>Bending</i>	<i>Fitting</i>	<i>Welding</i>
Tenaga yang dikeluarkan	6%	6%	6%	6%	0%
Sikap kerja	1%	1%	1%	1%	0%
Gerakan Kerja	0%	0%	0%	0%	3%
Kelelahan mata	0%	0%	1%	2%	6%
Keadaan temperatur tempat kerja	0%	0%	0%	0%	0%
Keadaan atmosfer	1%	1%	1%	0%	0%
Keadaan lingkungan yang baik	2%	2%	1%	1%	1%
Total Allowance	10%	10%	10%	10%	10%

Dengan cara yang sama seperti perhitungan proses *marking* , didapatkan nilai waktu siklus, waktu normal dan waktu baku pada pipa STPG 370S ND 50A untuk proses pekerjaan lain seperti yang terdapat pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9. Data Nilai Waktu Tiap Pekerjaan

Pekerjaan	WS	WN	WB
Marking	124.47	117.00	128.70
Cutting	21.97	20.65	22.71
Bending	6.73	6.19	6.81
Fitting	472.13	439.08	482.99
Welding	1463.93	1405.38	1545.91

Keterangan:

WS = Waktu Siklus

WN = Waktu Normal

WB = Waktu Baku

4.6 Analisa

Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan nilai waktu baku untuk masing-masing pekerjaan pada pipa STPG 370S ND 50A sesuai dengan tabel 4.9. Dimana waktu baku pekerjaan *marking* adalah 128.70 detik, pekerjaan *cutting* adalah 22.71 detik, pekerjaan *bending* adalah 6.81 detik, pekerjaan *fitting* adalah 482.99 detik dan pekerjaan *welding* adalah 1545.91 detik.

Jika ingin mengetahui standar waktu fabrikasi pipa dari awal proses hingga menjadi sebuah pipa utuh maka dihitung *lead timenya*. *Lead time* pada proses produksi adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu unit barang dari awal (bahan baku) sampai menjadi produk jadi (finished goods).

$$\begin{aligned}\text{Lead Time} &= \sum (\text{Wb} + \text{set up}) \\ &= 3387,13 \text{ detik} = 56 \text{ menit } 37 \text{ detik}\end{aligned}$$

Jadi pengerjaan fabrikasi pipa dari proses awal hingga jadi sebuah pipa utuh dengan jenis pipa STPG 370S ND 50A, jika dikerjakan oleh satu orang membutuhkan waktu sekitar 56 menit 37 detik.

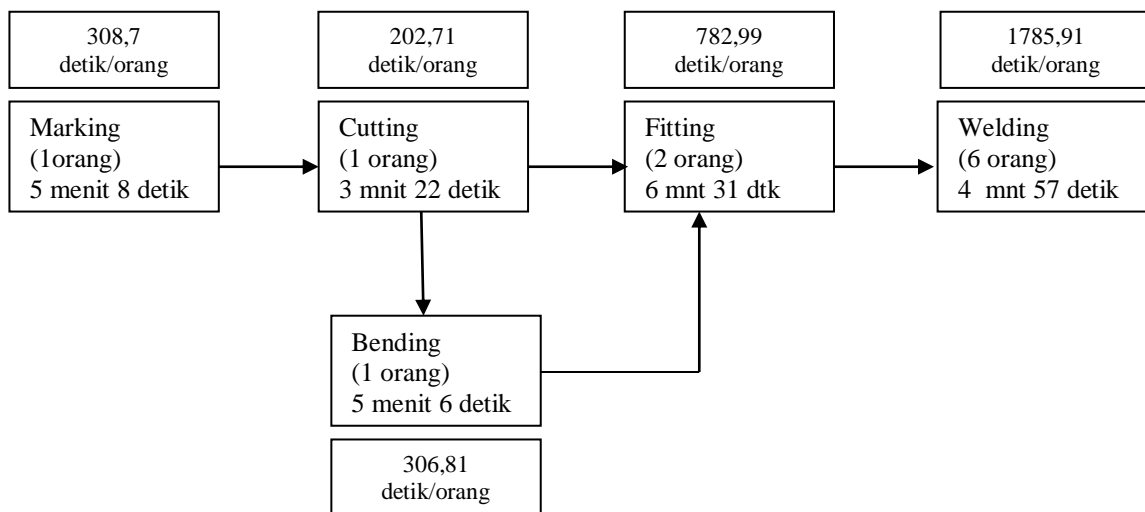
Kapasitas harian bengkel pipa mampu menghasilkan 125 pcs pipa tiap harinya. Untuk mengetahui *output* yang dihasilkan oleh bengkel pipa setelah dilakukan penelitian, maka dihitung *cycle timenya* terlebih dahulu. *Cycle time* adalah waktu yang dibutuhkan seorang operator untuk menyelesaikan 1 siklus pekerjaannya termasuk untuk melakukan kerja manual dan berjalan. Terkadang diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 unit produk, dalam hal ini ditentukan dari proses yang paling lama (bottleneck), apakah itu pekerjaan manusia atau mesin. (Kusnadi, E. 2009).

Berikut perhitungan *cycle time* berdasarkan hasil penelitian:

➔ Berdasarkan hasil penelitian

Untuk menghitung *cycle time* data yang diperlukan adalah data nilai waktu baku dan waktu *set up*. Jika dibuat simulasi seperti gambar 4.5 untuk pipa STPG 37S ND 50A, maka:

- *Marking* didapat waktu baku adalah 128,70 detik dan waktu *set up* adalah 180 detik sehingga satu kali proses *marking* yang dikerjakan oleh satu orang memakan waktu 5 menit 8 detik.
- *Cutting* didapat waktu baku adalah 22,71 detik dan waktu *set up* adalah 180 detik sehingga satu kali proses *cutting* yang dikerjakan oleh satu orang memakan waktu 3 menit 22 detik.
- *Bending* didapat waktu baku adalah 6,81 detik dan waktu *set up* adalah 300 detik sehingga satu kali proses *cutting* yang dikerjakan oleh satu orang memakan waktu 5 menit 6 detik.
- *Fitting* didapat waktu baku adalah 482,99 detik dan waktu *set up* adalah 300 detik sehingga satu kali proses *fitting* yang dikerjakan oleh dua orang memakan waktu 6 menit 31 detik.
- *Welding* didapat waktu baku adalah 1545,91 detik dan waktu *set up* adalah 240 detik sehingga satu kali proses *fitting* yang dikerjakan oleh enam orang memakan waktu 4 menit 57 detik.



Gambar 4.5. Kebutuhan Waktu Fabrikasi Pipa

Dari hasil perhitungan *cycle time* tersebut dapat diketahui proses mana yang membutuhkan waktu paling lama berdasarkan pembagian jumlah personil di tiap-tiap pekerjaan. Dari penjabaran tersebut, dapat diketahui proses pekerjaan paling

lama adalah pekerjaan *fitting* yaitu 6 menit 31 detik. Artinya dalam waktu 6 menit 31 detik dihasilkan 1 pcs pipa. Jika jam kerja per harinya adalah 8 jam, maka:

$$\begin{aligned} \text{Output} &= \frac{\text{Jam kerja}}{\text{Waktu dibutuhkan}} \\ &= \frac{480 \text{ menit}}{6 \text{ menit } 31 \text{ detik}} \\ &= 72 \text{ pcs / hari} \end{aligned}$$

→ Berdasarkan *design capacity*

$$\begin{aligned} \text{Productivity} &= \frac{\text{Jam kerja}}{\text{Pipa yang dihasilkan}} \\ &= \frac{480 \text{ menit}}{125 \text{ pcs}} \\ &= 4 \text{ menit/pcs} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *cycle time* dapat diketahui penyelesaian 1 pcs pipa STPG 37S ND 50A membutuhkan waktu sekitar 6 menit 31 detik sehingga dalam 1 hari bisa menghasilkan 72 pcs pipa. Namun hasil ini sangat berbeda dengan kapasitas bengkel mengenai kapasitas produksi harian yaitu mampu menghasilkan 125 pcs pipa tiap harinya. Jika berdasarkan target bengkel yang mampu menghasilkan 125 pcs pipa tiap hari dengan jam kerja selama 480 menit, maka waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 pcs pipa adalah 4 menit. Sedangkan pada masing-masing proses membutuhkan waktu lebih dari 4 menit.

Setelah melihat kondisi tersebut yaitu adanya perbedaan hasil produksi harian antara kapasitas perhari dengan hasil perhitungan berdasar waktu baku maka dapat dianalisa apakah penyebab tidak tercapainya kapasitas harian. Untuk menganalisa penyebab tersebut dapat digunakan salah satu metode yang sudah sering digunakan saat ini yaitu metode *5 Why's Analysis*. *5 Why's analysis* adalah metode untuk mengeksplorasi penyebab / efek hubungan yang mendasari masalah tertentu. Tujuan penerapan metode ini adalah untuk menemukan akar penyebab masalah. Metode ini dilakukan dengan mengajukan pertanyaan beruntun sebanyak

lima kali. Untuk sampai pada akar masalah, bisa pada pertanyaan kelima atau bahkan bisa lebih atau kurang tergantung dari tipe masalahnya. (Masduki, 2009).

5 why's adalah metode sederhana yang paling mudah dilakukan. Disini kasus yang terjadi adalah, mengapa hasil produksi tidak bisa mencapai kapasitas harian bengkel yaitu 125 pcs? Dengan menggunakan *5 why's analysis* maka akan dapat diketahui akar masalahnya.

Setelah dianalisa dengan menggunakan metode *5why's analysis* pada Tabel 4.10 maka dapat diketahui faktor dominan akar masalah penyebab tidak tercapainya kapasitas produksi harian yaitu kemungkinan karena tidak adanya tenaga ahli yang mengetahui waktu perawatan rutin mesin-mesin di bengkel sehingga ada beberapa mesin yang tidak terawat dengan baik dan menyebabkan kinerja mesin menurun bahkan terjadi kerusakan mesin. Langkah yang harus dilakukan jika kemungkinan penyebabnya adalah hal tersebut maka perlu diberikan tenaga ahli yang mengetahui dengan baik tentang mesin-mesin yang ada dan melakukan penjadwalan perawatan dan pencatatan yang rutin.

Tabel 4.10 5 *Why's Analysis* untuk mengidentifikasi tidak tercapainya kapasitas harian produksi

Permasalahan	1 Why	2 Why	3 Why	4 Why	5 Why	Action
Mengapa hasil produksi tidak bisa mencapai kapasitas harian bengkel?	Karena kinerja mesin menurun.	Karena usia mesin sudah tua sehingga mesin mulai tidak optimal dan kurang maksimal	Karena mesin tidak terawat dengan baik	Karena tidak ada jadwal maintenance rutin untuk mesin-mesin di bengkel. Perbaikan akan dilakukan jika mesin rusak, bukan melakukan perawatan rutin.	Karena tidak ada tenaga ahli yang mengetahui kapan waktu rutin melakukan perawatan pada mesin-mesin dibengkel.	Perlu diberikan tenaga ahli yang mengetahui keadaan mesin sehingga dapat membuat penjadwalan dan pencatatan perawatan rutin pada mesin-mesin di bengkel pipa.

Penyebab lainnya yang mungkin terjadi adalah kurangnya tenaga kerja, terlihat pada adanya tumpukan material yang siap dikerjakan namun tenaga kerja masih belum selesai melakukan pekerjaan sebelumnya, sehingga waktu produksi menjadi lebih lama. Jika salah satu kemungkinan penyebab adalah kurangnya tenaga kerja, maka perlu ditambahkan personil pada beberapa pekerjaan, terutama pekerjaan *fitting* yang memakan waktu lama agar tidak terjadi penumpukan material sehingga tidak ada material menunggu atau pekerja menunggu proses sebelumnya selesai. Misalnya pada pekerjaan *fitting* seperti yang terlihat dari hasil pengamatan, bahwa ada material yang tertumpuk menunggu untuk dikerjakan namun tenaga kerja yang ada masih belum menyelesaikan pekerjaan sebelumnya.