

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Tindakan perawatan pada bagian departemen perawatan dalam suatu perusahaan industri, seringkali terdiri dari tindakan yang bersifat *non value added* atau tindakan yang tidak memberikan nilai tambah ketika melakukan perbaikan mesin atau komponen. Kerugian perusahaan tidak dapat dihindari ketika terjadi kerusakan mesin berat yang berpengaruh terhadap kinerja mesin. Banyak kasus membuktikan bahwa, penting bagi industri jasa maupun manufaktur untuk menerapkan manajemen perawatan yang sesuai dengan permasalahan perusahaan. Tinjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, dilakukan untuk memberikan perbandingan sekaligus referensi bagi peneliti.

Igba et al. (2013), dengan objek penelitian jurnalnya yaitu turbin angin pemasok tenaga angin dengan menggunakan pendekatan sistem RCM. Judul penelitian ini adalah *A Systems Approach Toward Reliability Centered Maintenance (RCM) of Wind Turbines*. Metode yang digunakan yakni RCM dan mencari komponen kritis dengan FMECA. Hasil dari penelitian ini adalah peningkatan keandalan dan penghematan biaya serta penerapan RCM dapat dihubungkan menjadi bentuk siklus *plan-do-check-act*

Penelitian yang dilakukan Rinawati et al. (2014), berfokus pada bagian perawatan dengan judul Analisis Penerapan *Total Productive Maintenance (TPM)* Menggunakan *Overall Equipment Effective (OEE)* dan *Six Big Losses*. Penelitian ini mengambil studi kasus pada mesin Cavitec di PT. Essentra Surabaya untuk mengetahui

nilai efektivitas. Nilai efektivitas yang didapat kemudian dibandingkan terhadap standar OEE dengan jumlah kerugian yang dibebankan pada perusahaan, hal ini menyebabkan nilai OEE rendah dan untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *Six Big Losses*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini untuk hasil faktor penyebab terjadinya kerugian dapat dijelaskan dalam diagram *fish bone* yang terdiri dari faktor manusia, material, metode, mesin dan lingkungan. Berdasarkan hasil perhitungan OEE pada mesin Cavitec VD-02 berkisar antara 12,70% sampai 44,32%. Nilai efektivitas ini tergolong sangat rendah karena standar nilai OEE untuk perusahaan kelas dunia idealnya adalah 85%

Tabel 2.1 penelitian sebelumnya

no	Peneliti	Judul	Metode	Hasil penelitian
1	Igba et al. (2013)	<i>A Systems Approach Toward Reliability Centered Maintenance (RCM) of Wind Turbines</i>	RCM, FMECA	Peningkatan keandalan dan penghematan biaya serta penerapan RCM dapat diringkas menjadi bentuk siklus plan-do-check-act
2	Rinawati et al. (2014)	Analisis Penerapan TPM Menggunakan OEE dan <i>Six Big Losses</i> Pada Cavite Di PT. Essentra Surabaya	TPM, OEE, dan <i>Six Big Losses</i>	Nilai OEE dan identifikasi <i>Six Big Losses</i> menyebabkan faktor terjadinya kerugian yang dijelaskan pada diagram <i>fishbone</i>

2.2. Mesin Produksi

Mesin produksi adalah alat mekanik maupun elektrik yang mampu mengirim maupun mengubah energi untuk melakukan atau membantu pelaksanaan tugas manusia. Mesin produksi juga merupakan pesawat pengubah energi yang beroperasi berdasarkan prinsip-prinsip logis, rasional dan bahkan benar-benar matematis. Pendapat lain menyatakan bahwa yang dimaksud dengan mesin produksi adalah suatu peralatan yang digerakkan oleh suatu kekuatan atau tenaga yang digunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagian produk tertentu (Assauri, 2008).

Adanya mesin-mesin sangat membantu manusia dalam melakukan proses pengerjaan atau produksi suatu barang, sehingga barang dapat dihasilkan dalam waktu yang lebih pendek. Jumlahnya lebih banyak dan kualitas yang lebih baik (Assauri, 2008). Mesin dan peralatan produksi yang akan dipergunakan oleh perusahaan ini akan sangat berpengaruh terhadap produk, efisiensi produksi serta pelaksanaan produksi di dalam perusahaan yang bersangkutan. Maka dari itu pemilihan mesin dan peralatan produksi sangatlah penting untuk dipertimbangkan sebelumnya dengan sesuai kebutuhan ataupun kapasitas dari perusahaan karena apabila terjadi kekeliruan pemilihan mesin dan peralatan produksi yang dipergunakan untuk pelaksanaan proses produksi di dalam suatu perusahaan ini akan dapat berakibat fatal bagi perusahaan yang menggunakannya.

Ditinjau dari segi penggunaannya jenis mesin dibagi dalam 2 jenis :

1. Mesin dan peralatan yang bersifat khusus (*special purpose machine*) merupakan mesin-mesin dan peralatan yang dirancang untuk penggunaan secara

khusus. Kekhususan di sini akan berarti bahwa mesin dan peralatan tersebut hanya dapat dipergunakan untuk melaksanakan proses produksi untuk keperluan khusus saja. Selain untuk melaksanakan proses produksi untuk keperluan tersebut mesin-mesin dan peralatan ini tidak dapat dipergunakan

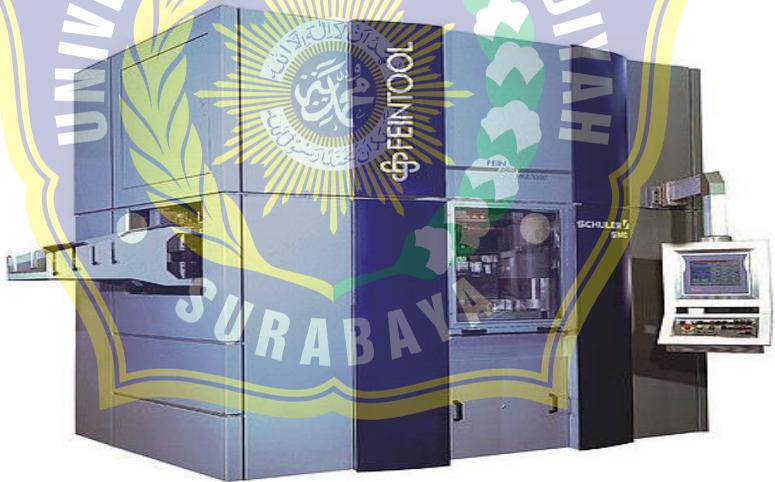
2. Mesin dan peralatan yang bersifat umum (*general purpose machine*) merupakan mesin dan peralatan yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan penggunaan tertentu. Dengan satu mesin yang ada, manajemen perusahaan dapat melaksanakan proses produksinya untuk membuat beberapa macam produk tertentu

Jika ditinjau dari segi operasinya jenis mesin dibagi dalam 3 jenis :

1. Mesin dan peralatan yang bersifat manual adalah peralatan produksi yang dipergunakan untuk melaksanakan produksi dengan tangan. Pelaksanaan proses produksi semacam ini lebih banyak dipengaruhi oleh para karyawan dari perusahaan yang bersangkutan.
2. Mesin dan peralatan yang bersifat mekanis adalah mesin dan peralatan produksi yang dipergunakan untuk keperluan tertentu (umum maupun khusus).
3. Mesin dan peralatan yang bersifat otomatis adalah mesin dan peralatan yang dipergunakan dalam perusahaan secara full otomatis

2.3. Mesin Feintool Fine blanking 800 Ton

Di Toshin prima fine blanking ini memiliki mesin *Fine Blanking Feintool* 800 Ton. Mesin ini termasuk mesin *Press Hydraulic* dengan teknologi terbaru dengan pengoptimalan sistem *Hydraulic* yang dirancang untuk mencapai jumlah *Stroke* yang cepat. Keuntungan menggunakan mesin *Fine Blanking* ini diantaranya adalah Produktivitas dan fleksibilitas akan menjadi tinggi karena ditunjang dengan *speed stroke* yang tinggi dan otomatisasi program yang canggih. Mesin ini mampu mengeluarkan *total press* sebesar 800 Ton dengan *Ram stroke rate* sampai 100 per menit. Gambar 2.1 dibawah ini merupakan mesin *Fine Blanking Feintool* 800 Ton. Gambar 2.2 dibawah ini adalah spesifikasi dari mesin *Fine Blanking Feintool* 800 Ton



Gambar 2.1 mesin *Fine Blanking Feintool* 800 Ton.

(www.feintool.com, 2018)

HFA speed	3200 speed	4500 speed	7000 speed	8800 speed	11000 speed
Total force max. kN	3200	4500	7000	8800	11000
Ram strokes at max. tools heights mm	180	230	230	305	305
Ram stroke rate (according to part) up to 1/min	100	100	85	70	60
Strip width max. mm	350	350	450	450	450
Material thickness max. mm	16	16	16	16	16
Upper bolster mm	630x630	800x800	900x900	1000x1000	1100x1100
Table mm	640x900	810x1000	910x1260	1010x1600	1110x1700

Gambar 2.2 spesifikasi mesin *Fine Blanking Feintool 800* Ton (www.feintool.com, 2018)

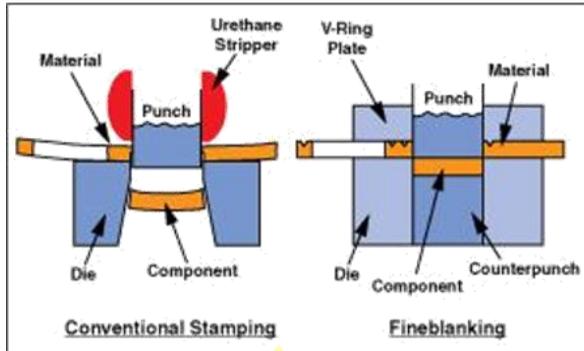
2.4. *Fine blanking press*

Fine Blanking adalah salah satu proses manufaktur untuk menghasilkan komponen-komponen dengan presisi yang tinggi dari lembaran-lembaran baja *coil*. Kondisi gesekan dalam pembentukan atau pemotongan merupakan faktor utama yang dapat didefinisikan bagaimana proses *shearing* atau pemotongan dapat menjadikan produk dengan kualitas yang bagus. *Fine Blanking* sendiri merupakan salah satu teknologi terbaru dalam industri *Press* yang tentunya sangat dapat diandalkan untuk hasil produknya.

Fine blanking merupakan jenis khusus dari stamping logam yang dapat mencapai karakteristik bagian seperti

kerataan dan ujung yang pangkas (*shear*) penuh sampai ke tingkat yang hampir tidak mungkin menggunakan proses pemotongan atau pemesinan logam konvensional. Dalam *fine blanking*, produk yang diproduksi harus mengenai seluruh permukaan di setiap sisi bagian. *Fine blanking* juga dapat menembus lubang yang sangat kecil sehubungan dengan ketebalan logam, serta lubang yang sangat dekat dengan tepi bagian dan dekat dengan lubang lainnya.

Fine blanking membutuhkan penggunaan tiga bantalan bertekanan sangat tinggi dalam press khusus. Bantalan ini menahan agar logam tetap dalam keadaan datar selama proses pemotongan dan menjaga logam dari deformasi plastis saat *mainpunch* masuk. Kebanyakan operasi *fine blanking* menggabungkan *V-Ring* ke salah satu bantalan bertekanan tinggi. Cincin ini juga sering disebut sebagai cincin "stinger" atau "pelemparan". Sebelum *punch* menyentuh bagian, cincin menekan logam, mengelilingi setiap bagian pada *part*, dan menjebak logam dari bergerak keluar sambil mendorong ke dalam menuju pukulan. Ini mengurangi *rollover* di sisi potong. Gambar proses perbedaan antara pemakanan secara konvensional dengan pemakanan *fine blanking* seperti gambar 2.3. Sedangkan gambar 2.4 adalah hasil produk dari mesin *fine blanking*.



Gambar 2.3 Pemakanan Konvensional dan *Fine blanking*
(www.thefabricator.com, 2016)



Gambar 2.4 Hasil Produk Konvensional dan *Fine blanking*
(www.feintool.com, 2018)

2.5. Pressing Kanagata

Kanagata adalah suatu alat perkakas tekan yang difungsikan untuk memotong dan membentuk suatu sheet metal atau lembaran pelat sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Prosesnya sering juga disebut sebagai proses *stamping*. Dalam operasionalnya, *kanagata* digerakkan oleh mesin press yaitu *mechanical press machine* atau *hydraulic press machine*. Tujuan utama dalam pembuatan *kanagata* adalah untuk membuat komponen baru secara massal dengan ukuran, bentuk, dengan waktu yang relative singkat. Dapat ditarik kesimpulan bahwasanya fungsi utama dari pembuatan *kanagata* adalah untuk menghemat waktu pekerjaan dan biaya produksi.

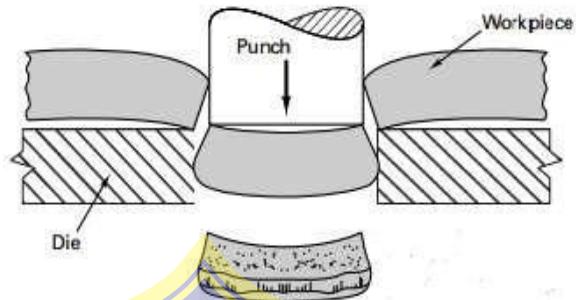
Secara umum proses-proses yang terdapat pada *sheet metal forming* dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu : proses *cutting* (pemotongan), *proses forming* (pembentukan), dan proses *compression* (penekanan)

2.5.1. Proses Cutting (Pemotongan)

Proses *cutting* pemotongan pada *sheet metal* mempunyai banyak tujuan sesuai dengan fungsi dari proses pemotongan tersebut. Istilah pemotongan juga berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Jenis-jenis proses pemotongan tersebut antara lain :

a. Blanking

Blanking adalah proses fabrikasi logam dimana benda logam dikeluarkan dari *strip coil* saat dilubangi. *Blanking* bertujuan agar mendapatkan hasil potongnya atau *blank*, sedangkan sisanya akan dibuang sebagai sampah atau biasa disebut *scrap*. Gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan proses *blanking*.



Gambar 2.5 *Blanking* (Black dan Kohser, 2012)

b. *Shearing*

Proses *Shearing* merupakan proses pemotongan yang melibatkan pemotongan material berbentuk datar atau lembaran. Prosesnya dapat diklasifikasikan menurut jenis pisau atau pemotongan yang digunakan (Boljanovic, 2004). Gambar 2.6 dibawah ini menunjukkan proses *shearing*



Gambar 2.6 *Shearing* (Black dan Kohser, 2012)

c. *Trimming*

Proses *trimming* merupakan kelanjutan dari proses *drawing* yaitu pemotongan sisa material yang tidak berguna untuk mendapatkan ukuran akhir yang dibutuhkan. Proses *trimming* akan meninggalkan bagian yang tidak berguna. Gambar 2.7 dibawah ini merupakan proses *Trimming*.



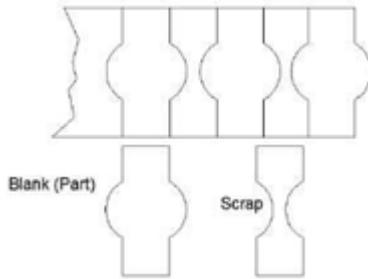
Gambar 2.7 *Trimming* (www.custompartnet.com, 2009)

d. *Shaving*

Proses *shaving* adalah proses pemotongan yang diperuntukkan untuk meningkatkan akurasi pada *blanked part* dengan cara membuang strip logam dibagian tepinya dengan hanya berkisar 100 mikron (0,1 mm) dari material yang dibuang dengan proses *shaving*. (Boljanavic, 2004)

e. *Lancing*

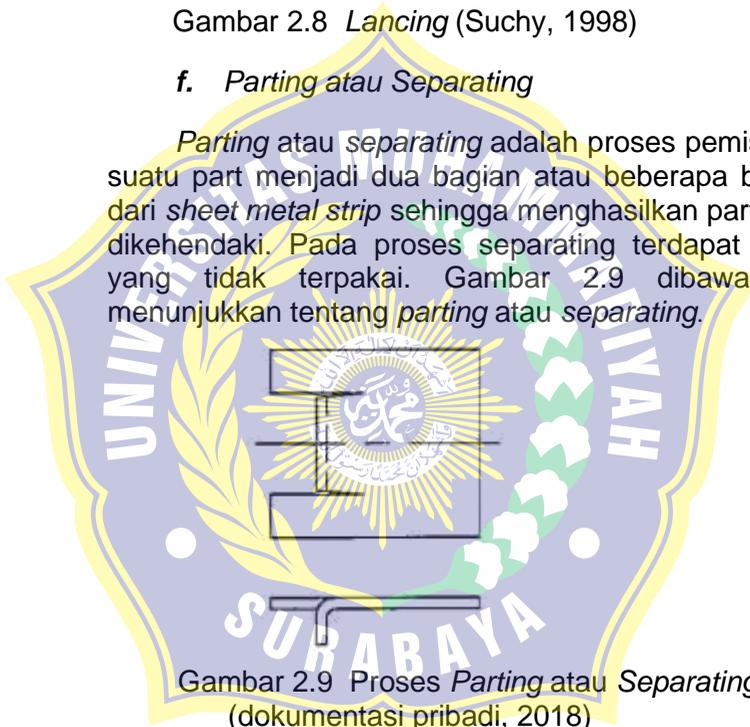
Proses *lancing* adalah proses pemotongan single line yang membentuk potongan garis (celah) atau lubang. *Lancing* biasanya dikombinasikan dengan *bending* sehingga menghasilkan bukaan seperti ventilasi (Boljanavic, 2004). Gambar 2.8 dibawah ini merupakan *lancing*.



Gambar 2.8 *Lancing* (Suchy, 1998)

f. Parting atau Separating

Parting atau *separating* adalah proses pemisahan suatu part menjadi dua bagian atau beberapa bagian dari *sheet metal strip* sehingga menghasilkan part yang dikehendaki. Pada proses *separating* terdapat scrap yang tidak terpakai. Gambar 2.9 dibawah ini menunjukkan tentang *parting* atau *separating*.



Gambar 2.9 Proses *Parting* atau *Separating*
(dokumentasi pribadi, 2018)

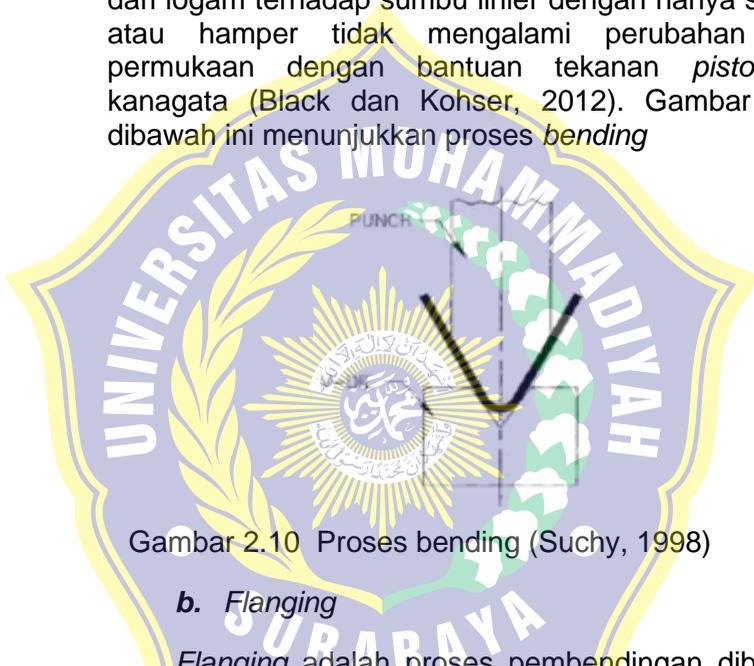
2.5.2. Proses Forming (Pembentukan)

Forming adalah istilah umum yang dipakai pada proses pembentukan *sheet metal* untuk mendapatkan *contour* yang diinginkan. Proses *forming*, tidak menghasilkan pengurangan atau penghilangan material seperti yang terjadi pada proses *cutting*. Maka untuk

istilah pembentukan juga berbeda-beda agar tidak salah pengertian. Jenis-jenis proses pembentukan tersebut antara lain :

a. Bending

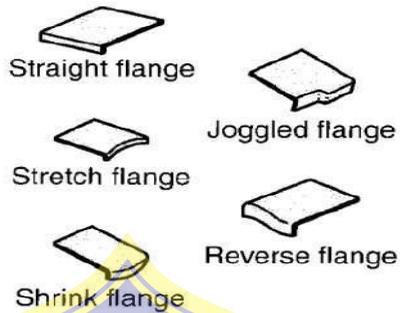
Bending adalah proses deformasi secara plastic dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hamper tidak mengalami perubahan luar permukaan dengan bantuan tekanan *piston* dan kanagata (Black dan Kohser, 2012). Gambar 2.10 dibawah ini menunjukkan proses *bending*



Gambar 2.10 Proses bending (Suchy, 1998)

b. Flanging

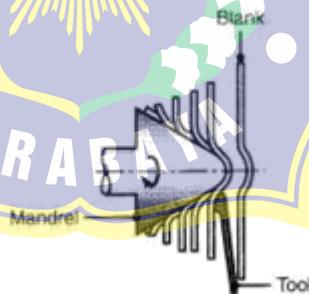
Flanging adalah proses pembendungan dibagian pinggir dari *sheet metal* (Kalpakjian dan Schmid, 2009). *Flanging* memiliki kesamaan proses dengan *bending* namun yang membedakannya dengan bending adalah garis *bending* yang dihasilkan tidak lurus melainkan mengikuti bentuk part sesuai dengan yang bersangkutan. Proses ini dimasukkan untuk memperkuat bagian sisi dari produk atau hanya untuk dilihat dari segi keindahannya. Gambar 2.11 berikut ini merupakan beberapa jenis *flanging*.



Gambar 2.11 Jenis-jenis *flanging* (Kalpakjian dan Schmid, 2009)

c. *Spinning*

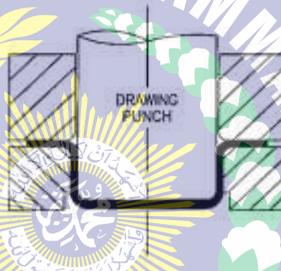
Spinning adalah proses yang melibatkan pembentukan bagian asimetri melalui mandrel dengan menggunakan berbagai alat dan rol. *Spinning* memiliki proses yang serupa dengan pembentukan lempung pada roda *potter*. Gambar 2.12 dibawah ini merupakan proses *spinning* secara konvensional



Gambar 2.12 Proses *Spinning* (Kalpakjian dan Schmid, 2009)

d. Drawing

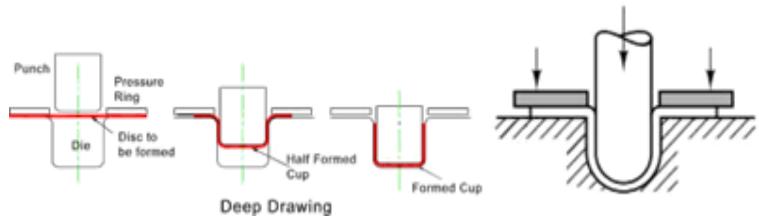
Drawing adalah forming yang cukup dalam sehingga proses pembentukannya memerlukan blank holder atau *stripper* dan *air cushion* atau spring untuk mengontrol aliran dari material. Untuk bentuk yang tidak beraturan diperlukan bead atau titik yang digunakan untuk menyeimbangkan aliran material agar menghasilkan produk yang baik. Agar menghasilkan produk yang baik sebaiknya digunakan *steel sheet* khusus proses *drawing* dan menggunakan mesin *press hidrolik*. Gambar 2.13 dibawah ini menunjukkan proses *drawing*



Gambar 2.13 Proses *Drawing* (Suchy, 1998)

e. Deep Drawing

Deep drawing merupakan proses *drawing* yang dalam sehingga untuk mendapatkan bentuk dan ukuran produk akhir diperlukan beberapa kali proses *drawing*. *Blank holder* atau mutlak diperlukan dan hanya dapat diproses pada mesin *press hidrolik* dan menggunakan sheet metal khusus untuk *deep drawing*. Gambar 2.14 dibawah ini menunjukkan proses *Deep Drawing*



Gambar 2.14 menunjukkan proses *Deep Drawing* (Black dan Kohser, 2012)

f. *Necking*

Necking adalah proses dimana membuat bagian atas part dibuat lebih kecil dari bagian tubuhnya (Boljonavic, 2004). Gambar 2.15 dibawah ini merupakan proses *necking* sekaligus hasil dari proses *necking*.



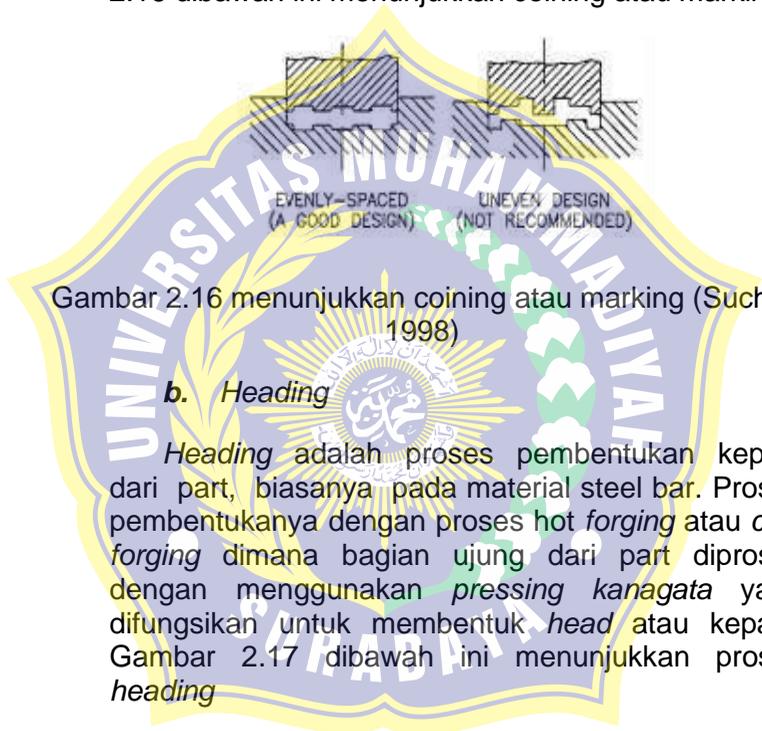
Gambar 2.15 merupakan proses *necking* sekaligus hasil dari proses *necking* (Kalpakjian dan Schmid, 2009)

2.5.3. Proses *Compression* (Penekanan)

Proses ini termasuk dalam operasi forming yang mana tekanan yang kuat diberikan pada *sheet metal* untuk menghasilkan tegangan kompresi yang tinggi pada pelat agar menghasilkan deformasi plastis. Jenis-jenis proses penekanan ini adalah :

a. *Coining* atau *Marking*

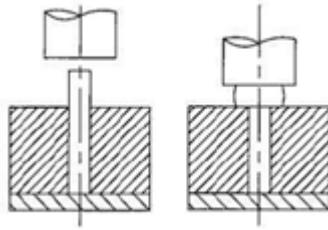
Coining atau *Marking* terkadang disebut juga dengan proses *coining* adalah proses yang digunakan untuk membuat tanda, symbol, huruf, atau bentuk lainnya dengan proses *cold forging*. Gambar 2.16 dibawah ini menunjukkan *coining* atau *marking*.



Gambar 2.16 menunjukkan *coining* atau *marking* (Suchy, 1998)

b. *Heading*

Heading adalah proses pembentukan kepala dari part, biasanya pada material steel bar. Proses pembentukannya dengan proses *hot forging* atau *cold forging* dimana bagian ujung dari part diproses dengan menggunakan *pressing kanagata* yang difungsikan untuk membentuk *head* atau kepala. Gambar 2.17 dibawah ini menunjukkan proses *heading*



Gambar 2.17 menunjukkan proses *heading* (Suchy, 1998)

c. *Embossing*

Embossing adalah proses menimbulkan atau mencekungkan pelat, biasanya digunakan untuk efek 3D maupun untuk hiasan-hiasan ornament pelat. Gambar 2.18 dibawah ini merupakan contoh pelat *embossing*



Gambar 2.18 merupakan contoh pelat *embossing* (Suchy, 1998)

2.6. Pengertian Perawatan (*Maintenance*)

Menurut Kurniawan (2013), perawatan adalah kegiatan didalam suatu sistem produksi dimana fungsinya berupa objek dengan cara pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetulan dan pemeriksaan. Oleh karena itu, perawatan sangat penting untuk dilakukan guna menjaga stabilitas mesin terhadap produksi perusahaan. Pemeliharaan adalah suatu gabungan dari berbagai kegiatan yang dilakukan untuk

menjaga suatu komponen atau memperbaiki hingga dapat berjalan seperti semula. Menurut Ansori dan Mustajib (2013), perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua pekerjaan yang bertujuan agar mesin atau fasilitas dalam kondisi baik seperti semula dengan menjaga dan mempertahankan kualitasnya.

Menurut Moubray (1997), *Maintenance* merupakan tindakan untuk memastikan fisik sistem berjalan terus menerus sesuai tujuan sistem tersebut. Menurut Tarigan et al. (2013), faktor produksi yang harus dioptimalkan salah satunya adalah mesin produksi. Nilai *downtime* yang minimum dapat dikatakan bahwa sistem perawatan berjalan dengan optimal seperti semula. Pemahaman tentang istilah perawatan yakni terdapat beberapa kegiatan seperti berikut (Kurniawan, 2013):

1. *Inspection* (inspeksi)

Kegiatan pengecekan terhadap fasilitas produksi untuk mengetahui keberadaan atau kondisinya.

2. *Repair* (perbaikan)

Kegiatan terhadap mesin produksi untuk mengembalikan kondisi mesin ketika ada gangguan yang bersifat perbaikan kecil, sehingga dapat beroperasi kembali.

3. *Overhaul* (perbaikan menyeluruh)

Kegiatan *repair* yang memiliki sifat perbaikan besar, sehingga mengganggu kegiatan produksi dan membutuhkan biaya besar.

4. *Replacement* (penggantian)

Kegiatan dalam perawatan dengan cara mengganti komponen mesin yang rusak. Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance* dan *Consultant TPM India* sebagai berikut (Ansori dan Mustajib, 2013) :

- a. Pemakaian fasilitas produksi lebih lama.
- b. Ketersediaan optimum dari fasilitas produksi.
- c. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan pada saat pemakaian darurat.
- d. Menjamin keselamatan operator dan pemakaian fasilitas
- e. Membantu kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya.
- f. Mendukung pengurangan pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan.
- g. Melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien agar tercapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*).
- h. Kerjasama yang kuat dengan fungsi-fungsi utama dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan untuk mendapatkan keuntungan sebesar- besarnya.

2.7. Total Productive Maintenance (TPM)

TPM adalah metode yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan dan memantapkan sistem perawatan *preventive* yang dirancang untuk keseluruhan peralatan dengan mengimplementasikan suatu aturan yang memberikan motivasi kepada seluruh bagian yang berada dalam suatu perusahaan tersebut, melalui peningkatan kompenenisipasi dari seluruh anggota yang terlibat mulai dari manajemen puncak sampai kepada level terendah (Kurniawan, 2013).

Menurut Nakajima (1988) mendefinisikan *Total Productive Maintenance* (TPM) sebagai suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* dengan cara mengoptimasi keefektifan peralatan serta mengurangi atau menghilangkan kerusakan mendadak (*breakdown*) dengan melakukan identifikasi terlebih dahulu. Dengan kata lain TPM sering didefinisikan sebagai *productive maintenance* yang dilaksanakan oleh seluruh pegawai, didasarkan pada prinsip bahwa peningkatan kemampuan peralatan harus melibatkan setiap orang di dalam organisasi, dari lapisan bawah sampai manajemen puncak.

Kata total dalam *Total Productive Maintenance* mempunyai tiga pengertian yang dikaitkan pada tiga hal penting dari TPM (Nakajima, 1988):

- a. *Total Effectiveness*, menunjukkan bahwa TPM bertujuan untuk efisiensi ekonomi - efektifitas dari peralatan/mesin secara keseluruhan- dan mencapai keuntungan.
- b. *Total Participation*, semua orang ikut terlibat, bertanggung jawab dan menjaga semua fasilitas yang ada dalam pelaksanaan TPM (dari *operator* sampai *top management*).

- c. *Total Maintenance System*, pelaksanaan perawatan dan peningkatan efektifitas dari fasilitas dan kesatuan operasi produksi. Meliputi *maintenance prevention*, *maintainability improvement* dan *preventive maintenance*.

Pengaplikasian TPM (*Total Productive Maintenance*) tidak lain bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pada perlengkapan dan peralatan produksi dengan investasi perawatan yang seperlunya sehingga mencegah terjadinya 6 kerugian besar (*Six Big Losses*) :

- a. *Breakdown* (Kerugian akibat rusaknya mesin peralatan dan perlengkapan kerja)
- b. *Setup dan Adjustments* (Kerugian yang diakibatkan perlunya persiapan ulang peralatan dan perlengkapan kerja)
- c. *Small Stops* (Kerugian akibat terjadinya gangguan yang menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi secara optimal)
- d. *Slow Running* (Kerugian yang terjadi karena mesin berjalan lambat tidak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan)
- e. *Startup Defect* (Kerugian yang diakibatkan terjadinya cacat produk saat awal mesin beroperasi)
- f. *Production Defect* (Kerugian yang terjadi karena banyaknya produk yang cacat dalam proses produksi)

Selain keenam kerugian yang disebut diatas, keuntungan lain penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah dapat menghindari terjadinya kecelakaan kerja dan menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi karyawan.

2.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan terminologi dari *Total Productive Maintenance* (TPM) yang mengkombinasikan operasi pemeliharaan (*operation maintenance*), manajemen peralatan (*equipment management*) dan ketersediaan sumber daya (*available resource*) sebagai sandaran pengukuran serta memiliki tujuan utama untuk memaksimalkan efektivitas dari peralatan (Nakajima, 1988).

Nakajima juga menyarankan OEE untuk mengevaluasi perkembangan TPM karena keakuratan data peralatan produksi sangat esensial terhadap kesuksesan perbaikan berkelanjutan dalam jangka panjang. Jika data tentang kerusakan peralatan produksi dan alasan kerugian-kerugian produksi tidak dimengerti maka aktivitas apapun yang dilakukan tidak akan dapat menyelesaikan masalah penurunan kinerja operasi. Kerugian produksi bersamaan dengan biaya tidak langsung dan biaya tersembunyi merupakan mayoritas dari total biaya produksi. Itulah sebabnya Nakajima mengatakan OEE sebagai suatu pengukuran yang mencoba untuk menyatakan/menampakan biaya tersembunyi. Inilah yang menjadi salah satu kontribusi penting OEE, dengan teridentifikasinya kerugian tersembunyi yang merupakan pemborosan besar yang tidak disadari. Pengukuran OEE dilakukan dengan memperhatikan tiga hal penting, yaitu *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate*. Adapun penjelasannya seperti dibawah ini :

2.8.1. Availability Rate

Perusahaan selalu mengharapkan mesin produksi tersedia saat perusahaan memerlukannya. Tetapi kadang-kadang Mesin tersebut tidak dapat beroperasi sesuai dengan harapan perusahaan dalam memenuhi kebutuhan yang diinginkan pelanggan. Terdapat dua kemungkinan terjadinya ketidaksediaan mesin produksi, diantaranya adalah :

- a. *Breakdown*. *Breakdown* adalah kerusakan mesin yang biasanya lebih dari 10 menit. Waktu *Breakdown* (rusak) akan dicatat dalam bentuk "Menit" sampai pada mesin produksi tersebut dapat beroperasi kembali dalam memproduksi unit produk yang baik.
- b. *Setup / Adjustments*. *Setup* atau *Adjustment* ini adalah ketidaksediaan mesin produksi yang dikarenakan pertukaran model atau produk. Waktu yang dihitung adalah waktu unit terakhir pada model sebelumnya hingga unit pertama pada model selanjutnya.

Nakajima (1998) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. Dengan demikian formulayang digunakan untuk mengukur *availability rasio* adalah :

$$availability = \frac{operation\ time}{loading\ time} = \frac{loading\ time - downtime}{loading\ time} \quad (2.1)$$

2.8.2. Performance Rate

Performance rate dalam perhitungan OEE adalah jumlah unit produk yang dihasilkan dalam waktu yang tersedia. Jumlah unit ini dapat berupa unit produk yang baik maupun yang rusak. Yang dikategorikan sebagai *Performance* yang akan diukur diantaranya adalah :

- a. *Small Stop*. *Small Stop* adalah berhentinya mesin dalam waktu yang singkat (pada umumnya dibawah 10 menit) tetapi frekuensi terjadinya tinggi (sering terjadi). Sering terjadinya pemberhentian singkat ini menyebabkan *output* yang dihasilkan menjadi berkurang. Contoh terjadinya berhenti dalam waktu singkat seperti terjadinya macet ataupun *error* pada mesin produksi. *Small Stop* ini perlu dicatat pada *tally sheet* sehingga diketahui seberapa sering terjadinya *Small Stop* serta akumulasi waktunya
- b. *Slow Running*. *Slow Running* adalah berkurang kecepatan mesin dalam memproduksi, hal ini sering terjadi ketika perawatan mesin tidak dilakukan dengan baik

Performance rasio merupakan suatu *rasio* yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah (Betrianis & Suhendra, 2005). Jadi formula pengukuran rasio ini adalah :

$$\text{performance rate} = \frac{\text{total press actual}}{\text{total press standart}} \quad (2.2)$$

2.8.3. Quality Rate

Yang dimaksud *Quality* dalam OEE ini adalah jumlah unit Produk baik yang berhasil diproduksi dibanding dengan total jumlah unit produk (baik berupa unit OK ataupun unit *Not Good*) yang dihasilkan. Ada juga menyebut *Quality* sebagai *Yield Rate* dalam rumus OEE. Yang diperhitungkan dalam *Quality* diantaranya adalah :

- a. *Startup Defect*. *Startup Defect* adalah cacat yang ditimbulkan oleh mesin saat pertama kali memulai produksi. *Defect* atau cacat biasanya akan terjadi saat mesin beroperasi kembali setelah terjadinya perbaikan mesin maupun adanya pergantian *setting* atau model baru yang akan diproduksi.
- b. *Production Defect*. *Production Defect* adalah cacat yang terjadi saat produksi sedang berlangsung. *Defect* atau cacat tersebut harus dicatat supaya dapat dilakukan tindakan pencegahan

Quality ratio merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Formula yang digunakan untuk pengukuran rasio ini adalah :

$$\text{quality rate} = \frac{\text{product oke}}{\text{total press actual}} \quad (2.3)$$

Nilai OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga rasio utama tersebut. Secara matematis formula pengukuran OEE adalah sebagai berikut :

$$\text{OEE \%} = \text{Availability}(\%) \times \text{Performance}(\%) \times \text{Quality}(\%) \quad (2.4)$$

Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) telah menetapkan standar benchmark yang telah dipraktekan secara luas di seluruh dunia. Berikut OEE *Benchmark* tersebut (Vorne Industries Inc, Itasca, IL USA, 2016):

- a.** Jika OEE = 100%, produksi dianggap sempurna: hanya memproduksi produk tanpa cacat, bekerja dalam *performance* yang cepat dan tidak ada *downtime*.
- b.** Jika OEE = 85%, produksi dianggap kelas dunia. Bagi banyak perusahaan, skor ini merupakan skor yang cocok untuk dijadikan *goal*/jangka panjang.
- c.** Jika OEE = 60%, produksi dianggap wajar, tapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk *improvement*.
- d.** Jika OEE = 40%, produksi dianggap memiliki skor yang rendah, tapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di-*improve* melalui pengukuran langsung (misalnya dengan menelusuri alasan-alasan *downtime* dan menangani sumber-sumber penyebab *downtime* secara satu per satu).

Untuk standar *benchmark world class* yang dianjurkan JIPM, yaitu OEE = 85%, Tabel dibawah ini menunjukkan skor yang perlu dicapai untuk masing-masing faktor OEE.

Tabel 2.2 Standar *Benchmark World Class*

OEE factor	World Class
<i>Availability</i>	90.0%
<i>Performance</i>	95.0%
<i>Quality</i>	99.9%
<i>Overall OEE</i>	85.0%

(Sumber: www.oe.com/world-class-oe.html)

Standar *benchmark world class* OEE (Vorne Industries, Inc, 2016) tersebut relatif karena pada beberapa buku dan perusahaan menunjukkan standar skor yang berbeda, standar *word class* ini selalu didorong lebih tinggi sejalan meningkatnya persaingan dan harapan. Misal jika di pabrik helm mungkin *quality rate* >90% dapat diterima, tapi jika di pabrik velg *quality rate* 99.9% atau setara $\sim 3\sigma$ mungkin merupakan minimal *word class* dan tentu saja bagi perusahaan yang mempunyai program kualitas *six sigma* tidak akan puas dengan *quality rate* 99.9%.

2.9. Root Cause Analysis (RCA)

RCA merupakan suatu proses yang didesain untuk menginvestigasi dan mengkategorikan penyebab-penyebab dasar dari suatu permasalahan yang terkait dengan keamanan, reabilitas, lingkungan, kualitas serta dampak produksi. Dengan kata lain bahwa RCA adalah suatu *tools* yang didesain untuk membantu dalam melakukan identifikasi tidak hanya terkait apa dan bagaimana suatu permasalahan terjadi, tetapi juga mengapa permasalahan tersebut dapat terjadi (Rooney & Hauvel, 2004).

Sedangkan menurut Jucan (2005), RCA adalah suatu metodologi untuk membantu proses identifikasi dan mengevaluasi sebab-sebab penting dalam suatu permasalahan operasional maupun fungsional.

Metode ini sangat bermanfaat untuk membantu analisis terhadap kegagalan system yang tidak diharapkan terjadi. RCA dapat membantu dalam mengetahui tentang bagaimana suatu kondisi yang tidak diharapkan bisa terjadi, bagaimana kondisi tersebut terjadi serta mengapa hal tersebut bisa terjadi. Dengan menggunakan RCA diharapkan nantinya dapat diketahui penyebab dari suatu permasalahan dan mengidentifikasi akar dari masalah tersebut

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan RCA ini menurut Jucan (2005) antara lain :

1. mengidentifikasi dan memperjelas definisi *undesired outcome*.
2. Melakukan pengumpulan data.
3. Menuliskan kejadian ataupun kondisi-kondisi pada table kejadian dan faktor penyebab.
4. Mengidentifikasi seluruh penyebab yang berpotensi menjadi pemicu terjadinya suatu permasalahan.
5. Mengidentifikasi mode kegagalan sampai dengan yang paling dasar.

2.10. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

FMEA dikenal mulai tahun 1960 sebagai metodologi formal pada industri aerospace dan pertahanan. Seiring berjalannya waktu FMEA digunakan dan distandarisasi oleh berbagai industri di seluruh dunia. beberapa pengertian FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), metodologi FMEA digambarkan pada gambar :

- a. FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah teknik *engineering*

yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengurangi permasalahan dari sistem, desain, atau proses sebelum permasalahan tersebut terjadi (Kmenta et al, 2000).

b. *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi moda kegagalan potensial pada suatu produk atau proses sebelum terjadi, mempertimbangkan resiko yang berkaitan dengan moda kegagalan tersebut, mengidentifikasi serta melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling penting (Reliability, 2002).

c. FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah alat yang digunakan secara luas pada industri otomotif, aerospace, dan elektronik untuk mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengeliminasi potensi kegagalan, masalah, dan kesalahan sistem pada desain sebelum produk diluncurkan (J. Rhee dan Ishii, 2002)

RPN adalah indikator kekritisannya untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan moda kegagalan. RPN digunakan oleh banyak prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut :

- a.** Keparahan efek (*Severity*) S – Seberapa serius efek akhirnya?
- b.** Kejadian penyebab (*Occurrence*) O – Bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam moda kegagalan?

- c. Deteksi penyebab (*Detection*) D – Bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan?

Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan rangking atau urutan defisiensi desain sistem.

$$rpn = S \times O \times D \quad (2.5)$$

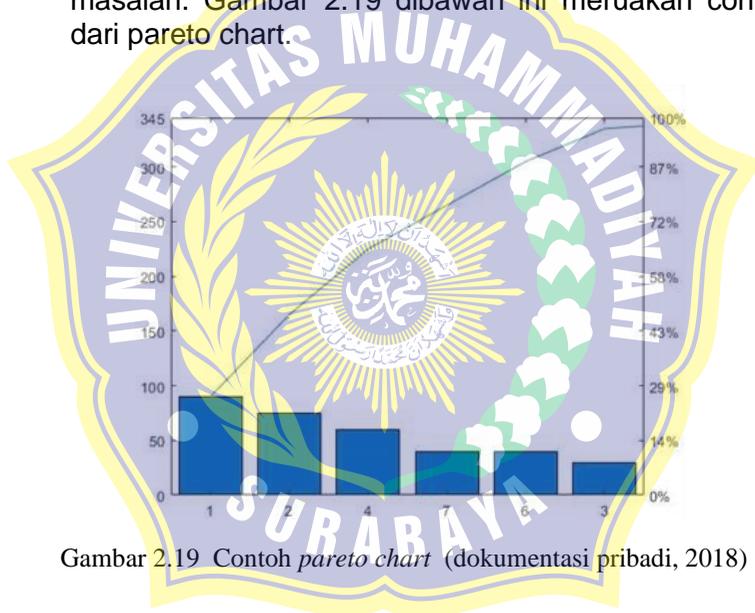
Nilai RPN yang tinggi akan membantu memberikan pertimbangan untuk tindakan korektif pada setiap moda kegagalan (Ford, 1992).

2.11. Pareto chart

Pareto chart adalah salah satu jenis chart yang terdiri dari grafik balok dan juga garis. Penamaannya sendiri diambil dari nama penemu Pareto chart sendiri yaitu Vilfredo Pareto. Chart ini merupakan salah satu tool dalam pengendalian kualitas statistik (*statistical quality control*) yang dipergunakan untuk mengidentifikasi penyebab terpenting yang jumlahnya sedikit dan juga penyebab tidak penting yang jumlahnya banyak dari suatu permasalahan. Dalam konsep Pareto prosentase yang hanya 20% dari penyebab suatu permasalahan, memiliki dampak sekitar 80% dari prosentase keseluruhan terkait dampak permasalahan tersebut. Begitu pula sebaliknya.

Bentuk dari *Pareto chart* sendiri adalah perpotongan dari sumbu vertikal dan horizontal, dengan dua sumbu vertikal pada masing-masing ujung horizontal menunjukkan jumlah kuantitatif dari suatu permasalahan, misalnya jumlah cacat produk, jumlah

terjadinya kecelakaan dan lain sebagainya. Dalam bentuk prosentase dari 0% sampai dengan 100%. Sedangkan pada sumbu horizontal menunjukkan suatu klasifikasi dalam *pareto chart*. Misalnya nama produk, jenis kecelakaan kerja, maupun yang lainnya. Tujuan dari *pareto chart* adalah memperjelas faktor terpenting atau faktor terbesar dari beberapa faktor yang ada. Dalam *quality control*, *pareto chart* akan memperlihatkan sumber *defect* yang sering muncul ataupun alasan-alasan yang paling sering muncul saat terdapat sebuah masalah. Gambar 2.19 dibawah ini meruakan contoh dari *pareto chart*.



Gambar 2.19 Contoh *pareto chart* (dokumentasi pribadi, 2018)