



TUGAS AKHIR – TI 184833

**PENINGKATAN PERFORMANSI *ASSEMBLY LINE*
UNTUK MEREDUKSI *DEFECT VOICE COIL TOUCH*
PADA PERUSAHAAN *SPEAKER***

MEILIA DWI SURYANI

NRP. 02411540000038

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg., Sc. Ph. D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2019



FINAL PROJECT – TI 184833

**IMPROVEMENT OF ASSEMBLY LINE PERFORMANCE
TO REDUCE VOICE COIL TOUCH DEFECT
IN SPEAKER COMPANY**

MEILIA DWI SURYANI

NRP. 02411540000038

SUPERVISOR:

Prof. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg., Sc. Ph. D., IPU

NIP. 19590817 198703 1 002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

PENINGKATAN PERFORMANSI *ASSEMBLY LINE* UNTUK MEREDUKSI *DEFECT VOICE COIL TOUCH* PADA PERUSAHAAN *SPEAKER*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MEILIA DWI SURYANI

NRP. 0241154000038

Mengetahui dan Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M. Reg., Ph.D., IPU

NIP. 195908171987031002



**PENINGKATAN PERFORMANSI ASSEMBLY LINE
UNTUK MEREDUKSI DEFECT VOICE COIL TOUCH
PADA PERUSAHAAN SPEAKER**

Nama : Meilia Dwi Suryani
NRP : 0241154000038
Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg., Sc. Ph. D., IPU

ABSTRAK

Permasalahan pada Perusahaan *Speaker*, khususnya pada *Assembly Line 1* adalah terjadinya *defect Voice Coil Touch (VCT)* yang cukup besar. *Defect VCT* merupakan *defect* suara yang ditimbulkan karena pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Selama sembilan bulan terakhir (Januari-September 2018), pada *Assembly Line 1* terdapat sebesar 4736 *defect VCT* dan menyebabkan timbulnya *rework cost* sebesar Rp.74.986.667. Untuk mengurangi *defect VCT* tersebut, maka diperlukan suatu identifikasi untuk mengetahui akar penyebab *defect VCT*. Identifikasi akar penyebab dilakukan dengan *Root Cause Analysis (RCA)* menggunakan *5 why's method*. Selanjutnya dilakukan analisa *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dengan memberikan ranking penilaian tingkat keseriusan efek/dampak yang ditimbulkan, peluang terjadinya kegagalan dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan yang akan terjadi. Setelah itu, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* untuk mengetahui tingkat resiko yang ditimbulkan dari terjadinya kegagalan. Nilai RPN tertinggi akan menjadi prioritas untuk melakukan suatu *improvement*. Berdasarkan analisa FMEA yang dilakukan, RPN tertinggi terdapat pada pemasangan *voice coil* yang longgar, pemasangan *spider* pada *chassis* tidak center, pengeleman magnet dan *yoke* dengan *center yoke* tidak rata, pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy* tidak rata serta tipe *center yoke* salah. Adapun rekomendasi perbaikan yang diusulkan adalah melakukan *upgrading* sebanyak tiga kali dalam setahun, pengecekan komponen dan perlengkapan, dan menggunakan alat pencabut VCG.

Kata Kunci: *Assembly Line, Failure Mode and Effect Analysis, Root Cause Analysis, Speaker, Voice Coil Touch*

**IMPROVEMENT OF ASSEMBLY LINE PERFORMANCE
TO REDUCE VOICE COIL TOUCH DEFECT
IN SPEAKER COMPANY**

Student Name : Meilia Dwi Suryani
NRP : 02411540000038
Supervisor : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., M.Reg., Sc. Ph. D.,
IPU

ABSTRACT

The problem in the Speaker Company, especially in Assembly Line 1 is the considerable of Voice Coil Touch (VCT) defect. VCT defect is a sound defect because the voice coil movement is not according to specifications. During the last nine months (January-September 2018), in Assembly Line 1 there were 4736 VCT defects and caused a rework cost Rp. 74.986.667. To reduce the VCT defect, it is required an identification to discover the root cause of VCT defects. The identification of root cause is terminated by Root Cause Analysis (RCA) using 5 why's method. Subsequent, an analysis the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) conducted by giving a ranking of the seriousness level of impact, the chance of the failure and the ability to detect of the failure will occur. Then, the calculation of Risk Priority Number (RPN) conducted to discover the risk level of Failure defect. The highest of RPN value would be the priority to commit the improvement. Based on FMEA analysis, the highest RPN are installation of the loose voice coil, the installation of the spider on chassis not centered, the gluing between magnetic, yoke and center yoke is uneven, the gluing between chassis assy and magnetic assy is uneven, and also center yoke type is wrong. Several recommendations are upgrading in three times in a year, preparing the component and the equipment properly before the assembly process starts and third adding the tool to remove the Voice Coil Gauge (VCG).

Key Word: Assembly Line, Failure Mode and Effect Analysis, Root Cause Analysis, Speaker, Voice Coil Touch

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Peningkatan Performansi *Assembly Line* Untuk Mengurangi Produk *Defect* pada Perusahaan *Speaker*” dengan baik.

Penyusunan laporan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapatkan dukungan, bantuan, saran dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Bapak Mulyadi, Ibu Sulastri, Suhadi Santoso, Meilina Dwi yang selalu ada untuk penulis dan telah memberikan dukungan dan motivasi yang sangat luar biasa kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
2. Prof. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg., Sc. Ph. D., IPU selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan nasihat yang baik selama pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Mario, dan Ibu April dari pihak Perusahaan yang telah memberikan kesempatan dan membantu pengambilan data untuk pengerjaan Tugas Akhir.
4. Ibu Nani Kurniati, M.T., Ph. D. dan Bapak Hari Supriyanto, MSIE selaku dosen penguji seminar proposal Tugas Akhir.
5. Ibu Nani Kurniati, M.T., Ph. D. dan Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T. selaku dosen penguji sidang Tugas Akhir.
6. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE, Ph. D, selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS.
7. Bapak Dr. Adhitya Sudiarno selaku dosen koordinator Tugas Akhir serta seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Industri yang

telah mendidik dan memberikan banyak pelajaran kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Teknik Industri ITS.

8. Teman-teman TI angkatan 2015 (Icarus) yang selalu memberikan dukungan satu sama lain.
9. Teman-teman dekat penulis yang telah memberikan dukungan dan membantu penulis selama pengerjaan Tugas Akhir, terutama Veronica Cholifatul Maghfiroh, Arindra Mutiara Rulianti, Rahmadiani, Dinda Kurnia Rifta, Nur Annisa Kusuma Dewi dan Tri Adi Yudiantara.

Penulis menyadari adanya kekurangan dari penulisan Tugas Akhir ini. Penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada. Oleh karena itu, penulis menerima masukan dan kritik yang membangun demi terciptanya laporan Tugas Akhir yang lebih baik. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan.....	6
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Ruang Lingkup	7
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Konsep Kualitas	9
2.1.1 Dimensi Kualitas	10
2.1.2 Biaya Kualitas (<i>Cost of Quality</i>).....	11
2.1.3 <i>Seven Tools Statistical Process Control</i>	14
2.2 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	16
2.3 <i>Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	18
2.4 Komponen <i>Speaker</i>	22
2.4.1 Magnet.....	23
2.4.2 Chassis atau Basket.....	24
2.4.3 Sistem Gerak <i>Speaker (Speaker Moving System)</i>	25
2.5 Mekanisme Kerja <i>Speaker</i>	32
2.6 Konsep Desain <i>Speaker</i>	33

2.7	Penelitian Terdahulu	35
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	Tahap Identifikasi Awal.....	37
3.1.1	<i>Pengumpulan Data Perusahaan</i>	37
3.1.2	<i>Identifikasi Masalah</i>	37
3.1.3	<i>Perumusan Masalah</i>	38
3.1.4	<i>Penentuan Tujuan Penelitian</i>	38
3.2	Tahap Pengolahan Data	38
3.3	Tahap Analisis, Pembahasan dan Rekomendasi Perbaikan	38
3.4	Tahap Kesimpulan dan Saran	39
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		43
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	43
4.2	Proses Produksi.....	44
4.3	Data <i>Defect Voice Coil Touch (VCT)</i>	50
4.4	Biaya Kerugian <i>Defect VCT</i>	54
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		57
5.1	Analisis Akar Penyebab <i>Defect VCT</i>	57
5.2	Analisis <i>Failure Modes</i> dari <i>Defect VCT</i>	60
5.3	Analisis FMEA dari <i>Defect VCT</i>	75
5.4	Rekomendasi Perbaikan.....	84
5.5	Estimasi Penerapan Rekomendasi Perbaikan	102
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		114
6.1	Kesimpulan	114
6.2	Saran	115
DAFTAR PUSTAKA		116
BIOGRAFI PENULIS.....		118

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 <i>Defect</i> VCT Januari-September 2018	5
Tabel 1. 2 <i>Rework Cost</i> dari <i>Defect</i> VCT bulan Januari-September 2018.....	6
Tabel 2. 1 <i>Severity Rating</i>	19
Tabel 2. 2 <i>Occurance Rating</i>	21
Tabel 2. 3 <i>Detection Rating</i>	21
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu	36
Tabel 4. 1 Data <i>Defect</i> VCT pada bulan Oktober 2018	51
Tabel 4. 2 Data <i>Defect</i> Suara bulan Oktober 2018.....	52
Tabel 4. 3 Biaya Kerugian <i>Defect</i> VCT Oktober 2018.....	54
Tabel 5. 1 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i> <i>Defect</i> VCT	58
Tabel 5. 2 FMEA dari <i>Defect</i> VCT	77
Tabel 5. 3 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia	93
Tabel 5. 4 Data Antropometri Indonesia.....	96
Tabel 5. 5 Dimensi Kursi Ergonomis Persentil 50-th	99
Tabel 5. 6 Dimensi Meja Ergonomis Persentil 50-th.....	100
Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Produk <i>Speaker</i>	2
Gambar 1. 2 Kategori <i>Defect</i> Produk pada <i>Assembly Line 1</i>	3
Gambar 1. 3 <i>Defect</i> Suara pada <i>Assembly Line 1</i>	4
Gambar 1. 4 <i>Defect</i> Penampilan pada <i>Assembly Line 1</i>	4
Gambar 2. 1 <i>Cause and Effect Diagram</i>	17
Gambar 2. 2 <i>Alnico Ring Magnet Structure</i>	23
Gambar 2. 3 <i>Ferrite Magnet Structure</i>	24
Gambar 2. 4 <i>Radial Magnet Structure</i>	24
Gambar 2. 5 <i>Chassis</i> atau <i>Basket Speaker</i>	25
Gambar 2. 6 <i>Ribbed Cone</i>	26
Gambar 2. 7 <i>Straight Side Cone</i>	27
Gambar 2. 8 <i>Curvilinear Cone</i>	27
Gambar 2. 9 Rangkaian <i>Voice coil</i>	28
Gambar 2. 10 <i>Underhanging voice coil</i>	29
Gambar 2. 11 <i>Voice coil and top plate of equal length</i>	29
Gambar 2. 12 <i>Overhanging voice coil</i>	29
Gambar 2. 13 <i>The half-roll Suspension</i>	30
Gambar 2. 14 <i>Double half-roll Suspension</i>	30
Gambar 2. 15 <i>Accordion-type Suspension</i>	31
Gambar 2. 16 <i>Flat Spider</i>	31
Gambar 2. 17 <i>Cup Spider</i>	31
Gambar 2. 18 Komponen <i>General Speaker</i>	32
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	40
Gambar 4. 1 Jumlah <i>Defect</i> Suara pada Oktober 2018	53
Gambar 5. 1 Bentuk VCG Presisi (Sesuai Spesifikasi).....	60
Gambar 5. 2 Pemasangan <i>Voice Coil</i> Kat pada VCG (Sesuai Spesifikasi)	61
Gambar 5. 3 Pemasangan <i>Voice Coil</i> pada VCG Oval (Tidak Sesuai Spesifikasi)	61
Gambar 5. 4 <i>Voice coil center</i> pada <i>spider</i> (sesuai spesifikasi)	62

Gambar 5. 5 <i>Voice coil</i> tidak center pada <i>spider</i>	63
Gambar 5. 6 <i>Voice coil</i> tidak center pada <i>spider</i>	63
Gambar 5. 7 Perspektif Pemasangan <i>voice coil</i> terhadap <i>conepaper</i>	64
Gambar 5. 8 <i>Voice coil</i> center terhadap <i>conepaper</i> (sesuai spesifikasi)	64
Gambar 5. 9 <i>Voice coil</i> tidak center terhadap <i>conepaper</i>	65
Gambar 5. 10 Perspektif Pemasangan <i>voice coil</i> terhadap <i>yoke</i> dan <i>top plate</i>	66
Gambar 5. 11 <i>Voice coil</i> center terhadap <i>yoke</i> dan <i>top plate</i> (sesuai spesifikasi) .	66
Gambar 5. 12 <i>Voice coil</i> tidak center terhadap <i>yoke</i> dan <i>top plate</i>	66
Gambar 5. 13 Perspektif Pemasangan <i>magnet assy</i> dan <i>chassis assy</i>	68
Gambar 5. 14 Celah antara <i>magnet assy</i> dan <i>chassis assy</i> center (sesuai spesifikasi).....	68
Gambar 5. 15 Celah antara <i>magnet assy</i> dan <i>chassis assy</i> tidak center.....	68
Gambar 5. 16 Perspektif Pemasangan <i>top plate</i> terhadap <i>chassis</i>	69
Gambar 5. 17 <i>Top plate</i> center terhadap <i>chassis</i> (sesuai spesifikasi).....	70
Gambar 5. 18 <i>Top plate</i> tidak center terhadap <i>chassis</i>	70
Gambar 5. 19 Perspektif Pemasangan <i>spider</i> terhadap <i>chassis</i>	71
Gambar 5. 20 <i>Spider</i> center terhadap <i>chassis</i> (sesuai spesifikasi)	71
Gambar 5. 21 <i>Spider</i> tidak center terhadap <i>chassis</i>	72
Gambar 5. 22 Alat Press Tutup Botol.....	90
Gambar 5. 23 Alat Pencabut VCG	91
Gambar 5. 24 Penggunaan Alat Pencabut VCG.....	91
Gambar 5. 25 Detail Gambar Penjepit VCG	92
Gambar 5. 26 Detail Gambar Proses Penjepitan VCG.....	92
Gambar 5. 27 Ukuran Kursi Ergonomis	98
Gambar 5. 28 Ukuran Meja Ergonomis.....	100
Gambar 5. 29 Dimensi Alat Pencabut VCG.....	102

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal yang mendasari dilakukannya penelitian Tugas Akhir. Adapun yang ada pada bab pendahuluan ini diantaranya meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, serta sistematika penulisan penelitian Tugas Akhir.

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur saat ini sudah memiliki perkembangan dan persaingan yang sangat ketat di berbagai sektor. Untuk mampu bersaing kompetitif, suatu perusahaan harus mampu mempertahankan kualitas produk demi memenuhi ekspektasi dan kepuasan pelanggan. Kualitas menjadi salah satu hal penting bagi perusahaan sebagai *Critical Success Factor (CSF)*. Kualitas merupakan kemampuan baik dari fitur maupun karakteristik yang terdapat pada suatu produk yang mana dapat memberikan kepuasan bagi konsumen. Dimana konsumen memiliki peran yang sangat penting dalam penilaian kualitas produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Suatu produk berkualitas atau tidak dapat ditentukan berdasarkan perspektif dari konsumen. Bagi konsumen, suatu produk yang memiliki spesifikasi sesuai kebutuhan tanpa adanya *defect* atau cacat pada produk, maka dapat diartikan bahwa produk tersebut memiliki kualitas yang bagus.

Menurut Montgomery (2009), kualitas dapat diartikan sebagai "*fitness of use*". Maksudnya adalah kualitas suatu barang dapat diukur dari dua aspek penting yaitu *design quality* dan *conformance quality*. *Design quality* merupakan berbagai tingkatan level dan nilai suatu produk maupun jasa. Sedangkan *quality of conformance* adalah bagaimana cara suatu perusahaan untuk mampu memproduksi suatu produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pelanggan. Kualitas merupakan hal yang sangat penting bagi konsumen, terutama mengenai spesifikasi dari produk tersebut. Oleh karena itu, apabila perusahaan ingin terus bersaing maka perlu untuk melakukan suatu pengembangan kualitas. Dalam Montgomery (2009), pengembangan kualitas diartikan sebagai suatu aktivitas untuk melakukan suatu pengukuran terhadap kualitas produk yang dilihat

dari karakter yang dimiliki dengan spesifikasi yang ada untuk dilakukan perbandingan dengan standar yang telah ditetapkan. Saat ini, *defect* menjadi masalah besar bagi perusahaan manufaktur. Hal inilah yang menjadi alasan suatu perusahaan untuk melakukan pengembangan kualitas dengan cara mengurangi *defect* produk yang dihasilkan. Adanya produk *defect* dari proses produksi menyebabkan terjadinya kerugian yang cukup besar bagi perusahaan karena produk tersebut akan mendapatkan *reject* dari konsumen. Untuk itu, perlu dilakukan *improvement* secara terus-menerus pada perusahaan untuk mencapai dan mempertahankan keberhasilan proses bisnis.

Perusahaan amatan merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi *speaker*. Perusahaan *Speaker* memproduksi berbagai *brand* lokal dan ekspor yang telah sukses dipasarkan seperti *pro audio loudspeaker*, *car audio loudspeaker*, *mid end hi fi karaoke loudspeaker* dan *pointer multimedia loudspeaker*. Terdapat berbagai macam ukuran tiap tipe *speaker* yang diproduksi, yakni mulai dari 3 inci, 5 inci, 6 inci, 8 inci, 10 inci, 12 inci dan 15 inci.

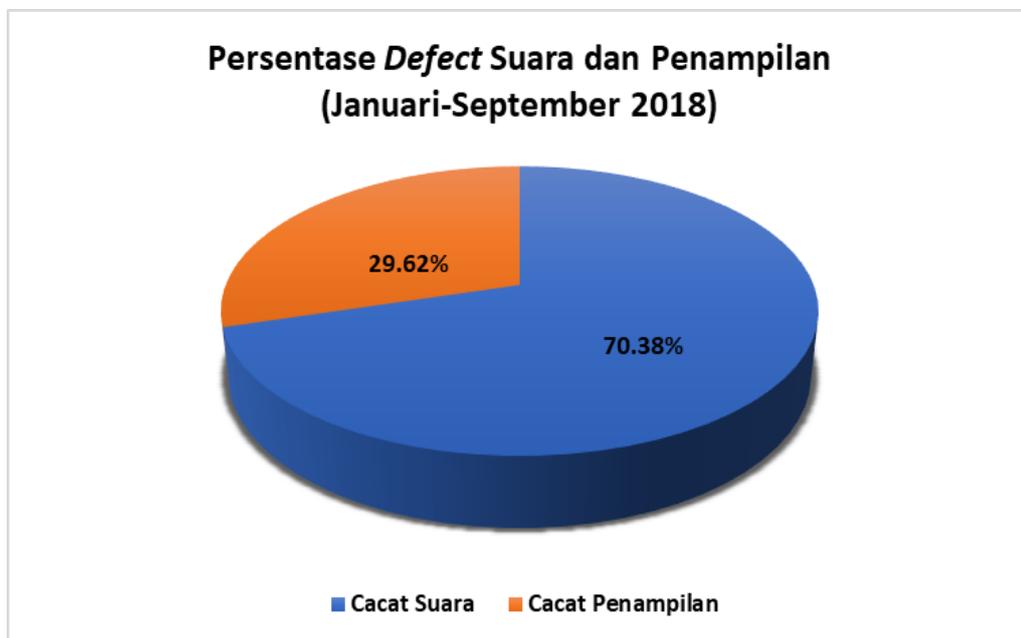


Gambar 1. 1 Produk *Speaker*
(Perusahaan *Speaker*, 2018)

Upaya mempertahankan persaingan di bidang pengeras suara, perusahaan *speaker* mulai fokus dalam peningkatan kualitas untuk mengurangi jumlah produk *defect* (cacat) yang dihasilkan. Adanya produk *defect* dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Misalnya kerugian berupa *scrap cost* yang harus dikeluarkan akibat adanya produk *defect*. Selain itu, perusahaan juga

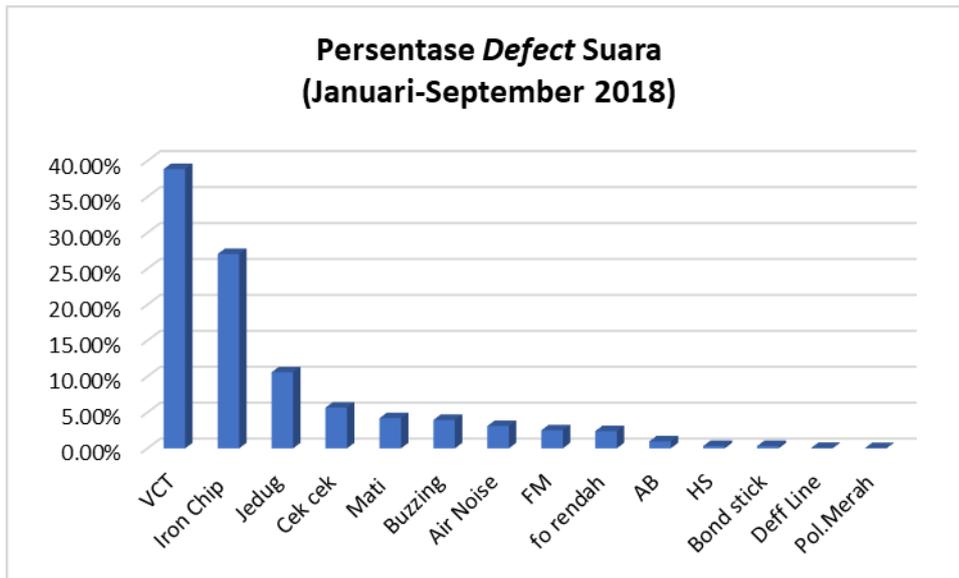
mengeluarkan biaya untuk melakukan pengolahan ulang produk yang tidak sesuai spesifikasi (*reject product*) yaitu *rework cost*.

Defect yang terjadi pada *speaker* secara umum dibedakan menjadi dua kategori, yaitu *defect* suara dan penampilan. Masing-masing kategori tersebut terbagi lagi menjadi jenis-jenis cacat. Berdasarkan data pada akhir September 2018, terdapat jumlah produk *defect* yang cukup tinggi dalam 9 bulan terakhir (Januari-September 2018) pada *Assembly Line 1*. Adapun diagram yang menunjukkan persentase perbandingan antara *defect* suara dan penampilan yang terjadi pada *Assembly Line 1* ditunjukkan pada Gambar 1.2.

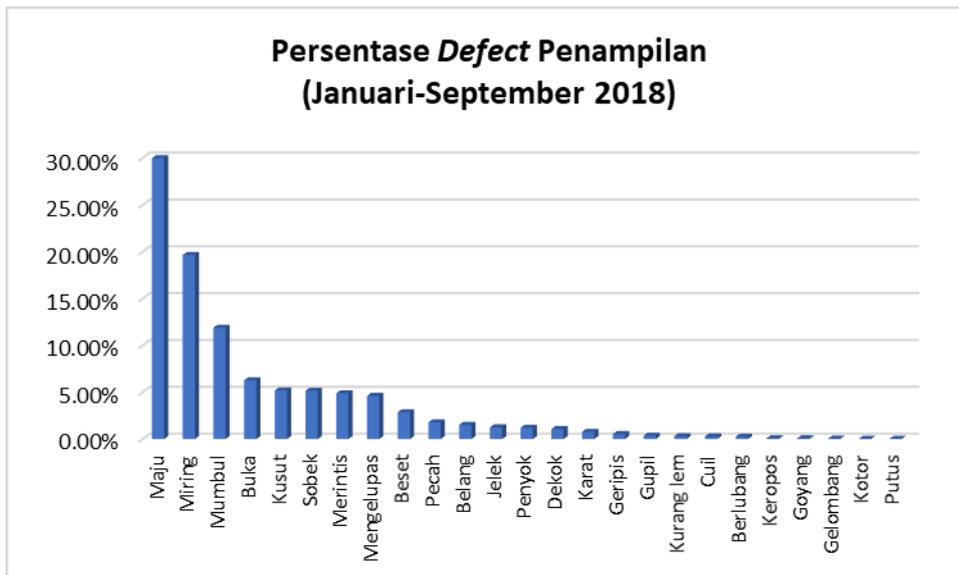


Gambar 1. 2 Kategori *Defect* Produk pada *Assembly Line 1*
(Perusahaan *Speaker*, 2018)

Pada Gambar 1.2 diatas, dapat diketahui bahwa *defect* yang terjadi pada *Assembly Line 1* berdasarkan kategori *defect* adalah 70.38% berupa *defect* suara dan 29.62% terjadi *defect* penampilan. Adapun persentase jenis *defect* suara ditampilkan pada Gambar 1.3 dan persentase jenis *defect* penampilan terdapat pada Gambar 1.4.



Gambar 1. 3 Defect Suara pada Assembly Line 1
(Perusahaan Speaker, 2018)



Gambar 1. 4 Defect Penampilan pada Assembly Line 1
(Perusahaan Speaker, 2018)

Berdasarkan Gambar 1.3 diatas menunjukkan bahwa *defect* suara tertinggi adalah *Voice Coil Touch (VCT)* yaitu sebesar 38.86%. Sedangkan pada Gambar 1.4 menunjukkan *defect* penampilan terbesar adalah jenis *defect* maju sebesar 29.98%. Maka dapat disimpulkan bahwa *defect* terbesar pada Perusahaan *Speaker* selama 9 bulan terakhir (Januari-September 2018) adalah *defect* VCT.

VCT merupakan salah satu jenis *defect* suara pada *speaker* yang berhubungan langsung dengan *voice coil*. *Voice coil* merupakan komponen utama yang dapat menghasilkan suara pada suatu *speaker*. Pada mekanisme kerjanya, *voice coil* membangkitkan medan magnet yang berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menggerakkan *cone speaker* maju mundur, sehingga *speaker* tersebut akan membunyikan suatu suara. Adapun *defect* VCT yang terjadi selama Januari hingga September 2018 ditampilkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 *Defect* VCT Januari-September 2018

Bulan	Jumlah <i>defect</i> VCT
Januari	898
Februari	549
Maret	164
April	386
Mei	624
Juni	410
Juli	367
Agustus	718
September	620
Total	4736

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Pada Tabel 1.1 diatas dapat dilihat bahwa *defect* VCT yang terjadi setiap bulan masih cukup tinggi. Total *defect* VCT yang terjadi selama Januari hingga September 2018 adalah sebesar 4736. Semakin tinggi jumlah *defect*, maka semakin tinggi pula kerugian bagi perusahaan. Hal ini berarti bahwa *rework cost* yang dikeluarkan oleh perusahaan akan semakin besar.

Biaya *rework* yang dikeluarkan berupa biaya air, listrik, dan tenaga kerja. Setiap satu buah *speaker* yang mengalami *defect* VCT, akan menimbulkan *rework cost* sebesar Rp. 95.000 per jam. Dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan ulang adanya *defect* VCT adalah 10 menit per *speaker*. Adapun

rework cost yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan *rework* terhadap *defect VCT* selama Januari hingga September 2018 ditampilkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 *Rework Cost* dari *Defect VCT* bulan Januari-September 2018

Bulan	Jumlah <i>defect VCT</i>	<i>Rework Cost</i>
Januari	898	Rp. 14.218.333
Februari	549	Rp. 8.692.500
Maret	164	Rp. 2.596.667
April	386	Rp. 6.111.667
Mei	624	Rp. 9.880.000
Juni	410	Rp. 6.491.667
Juli	367	Rp. 5.810.833
Agustus	718	Rp. 11.368.333
September	620	Rp. 9.816.667
Total		Rp. 74.986.667

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Berdasarkan Tabel 1.2 diatas dapat dilihat bahwa selama Januari hingga September 2018, biaya *rework* yang harus dikeluarkan perusahaan cukup tinggi yakni sebesar Rp.74.986.667. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengendalian kualitas untuk mereduksi *defect VCT*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara untuk mereduksi cacat *Voice Coil Touch (VCT)* pada *speaker*.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui akar penyebab terjadinya *defect Voice Coil Touch (VCT)* pada *speaker*.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *defect Voice Coil Touch (VCT)*.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian pada subbab sebelumnya, maka manfaat yang dapat dicapai dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah memperoleh rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *defect VCT* pada *speaker*, sehingga dapat meningkatkan performansi perusahaan.

1.5 Ruang Lingkup

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai ruang lingkup dari penelitian Tugas Akhir yang meliputi batasan dan asumsi yang digunakan.

1.5.1 Batasan

Adapun batasan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada *Assembly Line 1* untuk *defect Voice Coil Touch (VCT)*.
2. Data primer yang digunakan adalah data pada bulan Oktober 2018. Sedangkan data sekunder yang digunakan adalah data pada bulan Januari-September 2018.

1.5.2 Asumsi

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Proses perakitan pada *Assembly Line 1* tidak mengalami perubahan selama penelitian dilakukan.
2. Seluruh *speaker* yang diassembled pada *Assembly Line 1* diasumsikan memiliki tipe yang sama.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan penelitian Tugas Akhir ini terdapat sistematika penulisan laporan pada masing-masing bab. Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai hal-hal yang mendasari penelitian ini dilakukan, yang mana meliputi latar belakang, perumusan

masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penelitian Tugas Akhir.

- **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir. Adapun sumber-sumber literatur yang digunakan yaitu jurnal, artikel maupun penelitian sebelumnya. Adapun landasan yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah konsep kualitas, *Root Cause Analysis* (RCA), dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan secara detail mengenai alur pengerjaan serta alur metode yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

- **BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini dipaparkan mengenai metode pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan. Adapun data yang dikumpulkan diantaranya adalah proses produksi, data produk *defect*, dan biaya *rework*. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan analisis untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan.

- **BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Analisis dilakukan untuk menentukan akar penyebab permasalahan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). Selanjutnya dapat dilakukan pemberian rekomendasi perbaikan berdasarkan *root cause* yang telah didapatkan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

- **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan penelitian tersebut menjawab tujuan dari penelitian ini dilakukan. Sedangkan saran adalah masukan atau rekomendasi perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka dalam pengerjaan Tugas Akhir. Tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori maupun studi literatur yang digunakan dalam melakukan penelitian Tugas Akhir. Adapun tinjauan pustaka yang digunakan diantaranya adalah konsep kualitas, *Root Cause Analysis* (RCA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2.1 Konsep Kualitas

Kualitas merupakan suatu kemampuan baik fitur maupun karakter yang terdapat pada suatu produk maupun jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan memberikan kepuasan kepada pelanggan. Menurut Montgomery (2009), kualitas dapat diartikan sebagai salah satu aspek penting bagi konsumen untuk menentukan pilihan terhadap produk maupun layanan. Kualitas diartikan sebagai rasio yang dihasilkan dari performansi yang diberikan pada suatu produk atau jasa untuk mampu memenuhi ekspektasi pelanggan (Yang & El-Haik, 2003). Suatu produk atau jasa dapat disebut berkualitas apabila mampu memenuhi ekspektasi pelanggan, baik dari segi spesifikasi, komponen maupun *value* yang diberikan. Oleh karena itu, kualitas berkaitan erat dengan kepuasan konsumen terhadap suatu produk maupun layanan jasa.

Kepuasan pelanggan menjadi salah satu aspek utama yang harus diperhatikan oleh suatu perusahaan dalam upaya pencapaian *quality improvement*. Dalam Montgomery (2009), *quality improvement* atau pengembangan kualitas diartikan sebagai suatu aktivitas untuk melakukan pengukuran terhadap kualitas produk yang dilihat dari karakter yang dimiliki dengan spesifikasi yang ada untuk dilakukan perbandingan dengan standar yang telah ditetapkan. Peningkatan kualitas dapat diartikan juga sebagai suatu kegiatan untuk menjaga, mempertahankan, dan melakukan perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*) terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

2.1.1 Dimensi Kualitas

Menurut Garvin (1987) dalam Montgomery 2009, terdapat 8 komponen atau dimensi kualitas. Adapun penjelasan dari masing-masing dimensi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Performansi (*Performance*)

Performansi merupakan karakter kualitas yang menunjukkan kegunaan atau fungsi utama dari suatu produk. Misalkan dalam pembelian helm, performansi utama dari suatu helm yaitu memiliki desain yang sedemikian rupa sehingga mampu melindungi kepala dari benturan.

2. Keandalan (*Reliability*)

Keandalan merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan jangka waktu atau kondisi tertentu suatu produk dapat menjalankan fungsinya. Selain itu, *reliability* dapat diartikan sebagai frekuensi kegagalan yang dapat terjadi pada suatu produk.

3. Ketahanan (*Durability*)

Durability merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan daya tahan suatu produk dalam waktu dan umur tertentu.

4. Kemudahan Servis (*Serviceability*)

Serviceability merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan kemudahan servis atau layanan yang didapatkan konsumen setelah pembelian produk.

5. Estetika (*Aesthetics*)

Aesthetics merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan nilai estetika dari suatu produk, seperti warna, bentuk, *packaging*, *style* dan fitur-fitur lainnya yang dapat memberikan kepuasan kepada konsumen.

6. Fitur (*Features*)

Fitur merupakan dimensi kualitas yang berkaitan dengan fungsi tambahan pada suatu produk. Biasanya konsumen mengartikan suatu produk berkualitas apabila memiliki beberapa fitur tambahan yang diberikan pada suatu produk.

7. Kesan Kualitas (*Perceived Quality*)

Kesan kualitas merupakan persepsi konsumen terhadap suatu produk yang dilihat dari reputasi perusahaan maupun merek produk yang diproduksi oleh suatu perusahaan. Selain itu, kesan kualitas biasanya dirasakan oleh konsumen berdasarkan kebanyakan konsumen lainnya mengenai produk tertentu yang menyatakan bahwa produk tersebut bagus, berkualitas, dan lain sebagainya. Misalnya untuk *smartphone*, *i-phone* cenderung lebih mendapatkan kesan kualitas yang tinggi di mata konsumen.

8. Kesesuaian dengan Standar (*Conformance to Standards*)

Kesesuaian dengan standar merupakan dimensi kualitas yang menunjukkan kesesuaian antara performansi dan kualitas dengan standar yang telah ditetapkan.

2.1.2 *Biaya Kualitas (Cost of Quality)*

Biaya kualitas merupakan suatu biaya yang berhubungan dengan kualitas suatu produk. Manajemen finansial sangat penting dilakukan dalam menjalankan usaha proses bisnis untuk menyeimbangkan antara biaya aktual yang dikeluarkan dengan biaya yang dialokasikan. Secara umum, berikut merupakan suatu alasan biaya kualitas penting untuk dipertimbangkan dalam suatu perusahaan.

1. Peningkatan biaya kualitas yang meningkat karena meningkatnya kompleksitas dari produk manufacturing yang didukung dengan teknologi yang semakin canggih
2. Peningkatan biaya *life cycle*, termasuk biaya maintenance, *spare parts*, dan biaya yang diakibatkan terjadinya kegagalan
3. Kualitas dari seorang *engineers* maupun manajer dapat mengkomunikasikan isu kualitas secara efektif melalui cara-cara yang mudah dipahami oleh manajemen.

Menurut Montgomery (2009), biaya kualitas terdiri dari beberapa kategori, diantaranya adalah sebagai berikut:

1) *Prevention Cost*

Prevention Cost merupakan suatu biaya yang dikeluarkan pada aktivitas perencanaan dan desain produk. Hal ini berarti bahwa *cost* ini

sangat penting untuk mendukung terwujudnya “*first impression*” yang bagus dan tepat di awal waktu memulai proses bisnis suatu manufaktur. Adapun jenis-jenis biaya yang termasuk dalam *preventing cost* adalah sebagai berikut:

- a. *Quality planning and engineering*, merupakan biaya yang dikeluarkan untuk keseluruhan aktivitas perencanaan kualitas produk, baik pada perencanaan *reliability*, inspeksi maupun *quality assurance*.
- b. *New product review*, merupakan biaya yang dibutuhkan untuk persiapan proposal penawaran dan program evaluasi produk baru.
- c. *Product/process design*, merupakan biaya yang dikeluarkan pada proses desain produk untuk meningkatkan kualitas produk.
- d. *Process control*, merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian proses maupun *monitoring*.
- e. *Burn-in*, merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pencegahan terjadinya *failure product*.
- f. *Training*, biaya yang dikeluarkan untuk pengembangan maupun program pelatihan kepada tenaga kerja.
- g. *Quality data acquisition and analysis*, biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh informasi terkait kinerja produk dan proses, termasuk biaya melakukan analisa terhadap data yang didapatkan.

2) *Appraisal Cost*

Appraisal Cost merupakan suatu biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran, evaluasi, auditing produk, komponen, material dan hal-hal lain yang dapat menciptakan produk sesuai standar yang ditentukan. Adapun jenis-jenis biaya yang termasuk *appraisal cost* adalah sebagai berikut:

- a. *Inspection and test of incoming material*, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan inspeksi dan uji material yang masuk dari vendor atau *supplier*.
- b. *Product inspection and cost*, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan inspeksi penerimaan produk.

- c. *Materials and serviced consumed*, biaya yang dikeluarkan untuk bahan dan produk yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian reliabilitas.
- d. *Maintaining accuracy of test equipment*, biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan sistem yang dapat menjaga keakuratan dan kalibrasi alat ukur.

3) *Internal Failure Cost*

Internal Failure Cost merupakan biaya yang dikeluarkan saat terjadi kegagalan atau kerusakan pada suatu produk. Dimana terjadinya kerusakan ini ditemukan sebelum produk tersebut sampai di tangan konsumen, tetapi masih dalam lingkup internal produksi. Berikut merupakan jenis-jenis biaya *internal failure* yang dikeluarkan oleh suatu perusahaan:

- a. *Scrap cost*, merupakan biaya kerugian dari tenaga kerja, material, dan *overhead* yang diakibatkan adanya produk cacat.
- b. *Rework cost*, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengolahan ulang dari produk yang tidak sesuai standar dan spesifikasi (*reject product*).
- c. *Retest cost*, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan inspeksi ulang pada produk yang dihasilkan.
- d. *Failure analysis cost*, biaya yang dikeluarkan untuk analisa penyebab terjadinya *failure product*.
- e. *Yield losses cost*, biaya hasil proses yang lebih rendah dari dilakukannya peningkatan kontrol.
- f. *Downtime cost*, biaya saat *idle production* (produksi manganggur) karena terjadi ketidaksesuaian persyaratan.
- g. *Downgrading/off-specing*, perbedaan harga jual normal dengan biaya jual lain yang didapatkan dari produk yang tidak sesuai dengan kebutuhan pelanggan.

4) *External Failure Cost*

External Failure Cost merupakan biaya yang dikeluarkan saat terjadi ketidakpuasan dari pelanggan terhadap produk yang diproduksi.

Adapun jenis biaya yang dikeluarkan untuk *external failure cost* adalah sebagai berikut:

- a. *Complaint adjustment*, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan penyesuaian dari komplain pelanggan terhadap produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi pelanggan.
- b. *Returned product/material*, biaya yang terkait adanya penanganan dan penggantian produk atau material tidak sesuai yang dikembalikan dari lapangan.
- c. *Warranty charges*, biaya yang dikeluarkan untuk memberikan pelayanan konsumen berdasarkan pemberian jaminan atau garansi.
- d. *Indirect costs*, merupakan biaya tidak langsung yang dikeluarkan perusahaan karena ketidakpuasan pelanggan. Adapun salah satu contoh biaya tidak langsung adalah kehilangan reputasi bisnis maupun pangsa pasar karena adanya produk yang tidak sesuai dengan ekspektasi pelanggan.

2.1.3 *Seven Tools Statistical Process Control*

Statistical Process Control (SPC) merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk mempertahankan suatu stabilitas proses dan meningkatkan kapabilitas dalam upaya mereduksi variasi produk (Montgomery, 2009). SPC sangat mudah digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam proses bisnis, tetapi memiliki dampak perbaikan yang signifikan. Adapun alat yang digunakan pada SPC disebut dengan *seven tools statistic process control*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing *tools* SPC:

1) *Control Chart*

Control Chart merupakan alat utama yang digunakan dalam SPC. *Control chart* menunjukkan rata-rata pengukuran dari karakteristik kualitas. Dimana pada *chart* ini memiliki suatu batas atas dan batas bawah yang disebut *Upper Control Limits (UCL)* dan *Lower Control Limits (LCL)*. Selain memiliki UCL dan LCL, *control chart* memiliki *Center Line (CL)* yang menunjukkan garis yang merepresentasikan posisi ideal yang seharusnya dimiliki suatu produk.

2) *Diagram Pareto (Pareto Chart)*

Pareto chart merupakan suatu diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang menyebabkan terjadinya *defect* yang memiliki prinsip 80% permasalahan disebabkan oleh 20% sumber permasalahan. Hal ini berarti bahwa identifikasi masalah dilakukan dengan cara mengklasifikasikan dan mengurutkan masalah dari frekuensi tingkat *defect* paling besar dari kiri ke kanan yang diambil 20% tertinggi untuk dilakukan *improvement*. Proses perbaikan 20% nantinya dapat mengatasi 80% permasalahan yang terjadi.

3) *Check Sheet*

Check sheet disebut juga sebagai *data collection sheet* yang mudah digunakan untuk mengidentifikasi data historis dari tipe *defect* yang terjadi pada proses produksi. Pada *check sheet* diperlukan beberapa tipe data untuk dikoleksi, baik pada nomer operasi, tanggal, operator, dan data informasi yang lain.

4) *Cause and Effect Diagram (Fishbone Diagram)*

Fishbone diagram merupakan suatu diagram yang menunjukkan akar penyebab permasalahan berdasarkan kategori-kategori tertentu. Adapun kategori yang paling sering digunakan adalah 4M+1E, yaitu *man, machines, materials, methods* dan *environment*.

5) *Defect Concentration Diagram*

Defect Concentration Diagram merupakan suatu diagram yang menggambarkan posisi *defect* sesuai dengan jenis *defect* yang terjadi.

6) *Scatter Diagram*

Scatter Diagram merupakan suatu diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi keterkaitan atau hubungan antara variabel yang satu dengan variabel lain.

7) *Histogram*

Histogram merupakan suatu grafik yang digambarkan seperti diagram batang untuk mengetahui sampel data. Histogram menunjukkan jumlah kejadian tertentu yang terjadi pada pengamatan yang dilakukan.

2.2 *Root Cause Analysis (RCA)*

Root Cause Analysis (RCA) merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk mengetahui akar penyebab dari suatu permasalahan kualitas. Tujuan penggunaan RCA adalah untuk menyelesaikan permasalahan untuk meningkatkan performansi perusahaan (Mobley, 1999). Penggunaan metode RCA tidak dapat dilakukan secara tunggal, namun melibatkan beberapa pendekatan atau *tools* lain yang tepat untuk melakukan identifikasi masalah yang ada (Barsalou, 2015). Penyelesaian permasalahan menggunakan RCA akan menghasilkan *root cause* yang menjadi penyebab utama terjadinya masalah. Beberapa industri masih mengabaikan penggunaan beberapa *tools* yang berhubungan dengan RCA untuk menyelidiki permasalahan yang terjadi.

Menurut Anderson, et al., (2010), terdapat beberapa *step* dalam membuat *Root Cause Analysis (RCA)*, diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Definisikan kejadian singkat yang menggambarkan peristiwa atau penyimpangan yang memicu RCA
- 2) Temukan penyebab dengan secara luas atau umum potensi penyebab masalah
- 3) Temukan akar penyebabnya untuk memperbesar penyebab utama
- 4) Temukan solusi atau cara untuk menyelesaikan masalah tersebut
- 5) Lakukan tindakan untuk menerapkan solusi yang telah ditemukan
- 6) Lakukan pengukuran dan penilaian untuk menentukan apakah solusi telah diterapkan dengan baik dan mampu memecahkan masalah

Secara umum, identifikasi akar penyebab permasalahan dapat dilakukan dengan beberapa metode (Vorley, 2008), diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *5 Why Method*

Metode *5 Why* merupakan dilakukan dengan mencari penyebab masalah dari masalah hingga 5 kali sampai ditemukan akar penyebab masalah.

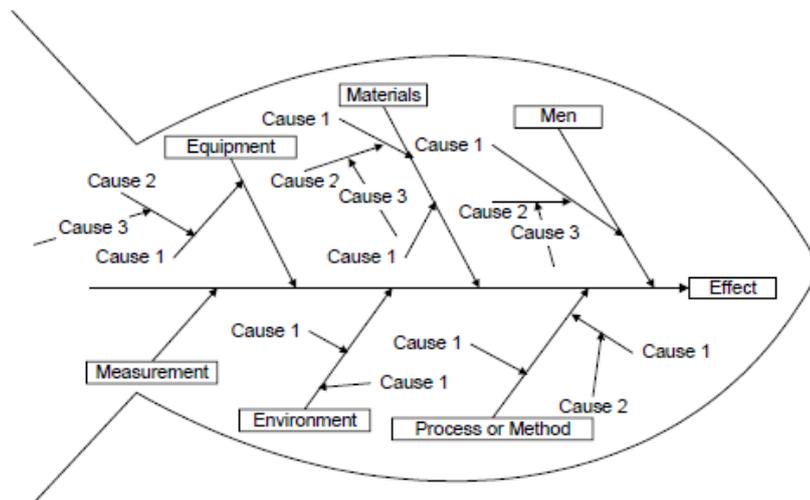
2. *Pareto Analysis*

Pareto analysis merupakan teknik sederhana yang dapat digunakan secara efektif untuk pencarian akar penyebab masalah. Adapun konsep

pada *pareto analysis* yaitu 20% penyebab masalah akan mempengaruhi 80% lainnya. Hal ini juga berarti bahwa saat dilakukan 20% tindakan perbaikan pada akar masalah dapat menyelesaikan 80% permasalahan.

3. *Cause and Effect Diagram*

Cause and effect diagram atau sering disebut dengan *fishbone diagram* (diagram tulang ikan) merupakan teknik pencarian akar penyebab masalah berdasarkan pengelompokan beberapa aspek, diantaranya adalah *manpower*, *materials*, *equipments*, *method*, *measurement* dan *environments*. Berikut merupakan bentuk *fishbone diagram*:



Gambar 2. 1 *Cause and Effect Diagram*

(Vorley, 2008)

4. *Brainstorming / interviewing*

Brainstorming atau *interviewing* merupakan metode pencarian akar masalah dengan cara melakukan wawancara kepada pihak orang yang sudah ahli pada bidangnya, seperti pihak manajemen atau pihak *quality control* dari suatu perusahaan. Informasi yang didapatkan dari hasil wawancara biasa dituliskan dalam *cause and effect diagram* dan *fault tree*.

5. *Process Analysis, Mappings and Flowcharts*

Process analysis, mappings and flowchart merupakan metode identifikasi akar masalah yang dilakukan dengan memetakan informasi

proses secara grafis dalam suatu *flowcharts* untuk memperjelas letak akar masalah berada.

6. *Fault Tree*

Fault tree merupakan metode identifikasi masalah yang dilakukan dengan teknik grafis secara kompleks. Dimana berisi deskripsi sistematis mengenai peluang terjadinya suatu kegagalan (*failure*). Metode ini cocok digunakan untuk mengkombinasikan *failure* yang disebabkan oleh suatu sistem dan manusia.

2.3 *Failure and Mode Effect Analysis (FMEA)*

Failure and Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu *tools* yang digunakan untuk mendeteksi suatu kegagalan (*failure*) pada suatu proses. FMEA digunakan sebagai upaya untuk menggambarkan setiap kemungkinan akan terjadinya kegagalan, dampak yang didapatkan, kemungkinan terjadinya dan peluang kegagalan yang tidak terdeteksi (Pyzdek, 2003). FMEA dapat digunakan untuk melakukan *improvement* pada produk maupun proses dengan melakukan identifikasi penyebab kegagalan dan variasi produk, dimana selanjutnya dilakukan revisi kejadian untuk mencegah terjadinya kegagalan dan mereduksi variasi produk (Yang & El-Haik, 2003). Tujuan utama dari FMEA adalah sebagai bentuk tindakan preventif sebelum terjadinya permasalahan pada produk dan proses (McDermott, et al., 2009).

Secara umum, potensi *failure modes* terdiri atas beberapa kategori yaitu *materials, environment, people, equipment, dan method*. Analisa FMEA berguna untuk memberikan tindakan korektif pada suatu kegiatan yang sedang berlangsung berdasarkan penilaian resiko yang telah dilakukan (Pyzdek, 2003). Pemberian tindakan korektif pada FMEA akan diprioritaskan untuk aktivitas yang memiliki resiko tertinggi. Adapun penilaian resiko yang dilakukan pada FMEA disebut penilaian *Risk Priority Number (RPN)* yang didapatkan dari pemberian *rating* secara subjektif untuk *severity, occurrence, dan detection*.

Menurut McDermott, et al., (2009), terdapat 10 langkah dalam pembuatan FMEA, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *review* dari proses atau produk

2. Melakukan *brainstorming* tentang *potential failure mode*
 3. Melakukan identifikasi *potential effect* dari masing-masing *failure modes*
 4. Menentukan ranking *severity* untuk masing-masing efek
 5. Menentukan ranking *occurance* untuk masing-masing *failure mode*
 6. Menentukan ranking *detection* untuk masing-masing *failure mode*
 7. Menghitung nilai *Risk Priority Number (RPN)* pada masing-masing *effect*
- $$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$
8. Menentukan prioritas dari *failure mode* untuk melakukan tindakan perbaikan
 9. Melakukan tindakan untuk melakukan eliminasi atau reduksi pada resiko tertinggi dari *failure modes* (nilai RPN tertinggi)
 10. Menghitung hasil nilai RPN sebagai *failure mode* yang berhasil direduksi

Severity merupakan suatu pengukuran subjektif yang dilakukan untuk mengetahui seberapa buruk *effect* yang ditimbulkan dari *failure mode* yang terjadi. *Severity* adalah konsekuensi dari kegagalan yang terjadi (McDermott, et al., 2009). *Rating scale* untuk *severity* mulai dari 1 (*no effect*) hingga 10 (*hazardous effect*). Pada *rating severity* yang semakin mendekati 10 (*Hazardous effect*) membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan *improvement*. Adapun *rating severity* yang diberikan sesuai efeknya ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 *Severity Rating*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak ada efek yang ditimbulkan	1
Sangat minor	Terdapat gangguan minor pada lini produksi, terdapat <100% produk dapat di- <i>rework</i> pada stasiun kerja	2
Minor	Terdapat gangguan minor pada lini produksi, terdapat <100% produk <i>rework</i> diluar stasiun kerja	3
Sangat rendah	Terdapat gangguan minor pada lini produksi, produk harus disortir dan terdapat <100% produk yang di- <i>rework</i> , <i>defect product</i> diketahui oleh konsumen	4

Tabel 2. 1 *Severity Rating* (Lanjutan)

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rating</i>
Rendah	Terdapat gangguan minor pada lini produksi, 100% produk mungkin dilakukan <i>rework</i> , terdapat beberapa konsumen yang tidak puas (<i>dissatisfaction</i>)	5
Moderate	Terdapat gangguan minor pada lini produksi, <100% produk mungkin akan dibuang tanpa dilakukan sortir, item/ <i>vehicle</i> dapat dioperasikan, konsumen merasa tidak nyaman	6
Tinggi	Terdapat gangguan minor dalam lini produksi, beberapa produk mungkin membutuhkan sortir dan <100% produk akan dibuang, <i>vehicle</i> dapat dioperasikan, tetapi terjadi penurunan <i>performance</i> , konsumen tidak puas	7
Sangat Tinggi	Terdapat gangguan mayor pada lini produksi, 100% produk akan dibuang, item/ <i>vehicle</i> tidak dapat dioperasikan, kehilangan fungsi utama, konsumen sangat tidak puas	8
Berbahaya dengan himbauan	Dapat membahayakan operator, efek <i>failure mode</i> dari <i>vehicle</i> yang aman untuk dioperasikan dan/atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah, dan kegagalan yang terjadi dengan peringatan.	9
Berbahaya tanpa himbauan	Dapat membahayakan operator, efek <i>failure mode</i> dari <i>vehicle</i> yang aman untuk dioperasikan dan/atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah, dan kegagalan terjadi tanpa peringatan.	10

Sumber: Yang & El-Haik, 2003

Occurance merupakan suatu pemberian *rating* terhadap suatu entitas fisik yang berupa bagian, produk maupun subsistem. *Occurance* menunjukkan

probabilitas atau frekuensi kegagalan yang terjadi (McDermott, et al., 2009). Adapun *rating* pada *occurance* ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 *Occurance Rating*

<i>Probability of Failure</i>	<i>Occurance</i>	<i>Rating</i>
<i>Remote – Failure is unlikely</i>	$\leq 0, 010$ per 1000 <i>vehicle/item</i> ($\leq 0, 001\%$)	1
	0, 1 per 1000 <i>vehicle/item</i> (0, 01%)	2
<i>Rendah – Relatively few failure</i>	0, 5 per 1000 <i>vehicle/item</i> (0, 05%)	3
	1 per 1000 <i>vehicle/item</i> (0, 1%)	4
<i>Moderate – Occasional failures</i>	2 per 1000 <i>vehicle/item</i> (0, 2%)	5
	5 per 1000 <i>vehicle/item</i> (0, 5%)	6
<i>Tinggi – Frequent failures</i>	10 per 1000 <i>vehicle/item</i> (1%)	7
	20 per 1000 <i>vehicle/item</i> (2%)	8
<i>Sangat tinggi – persistent failures</i>	50 per 1000 <i>vehicle/item</i> (5%)	9
	≥ 100 per 1000 <i>vehicle/item</i> ($\geq 10\%$)	10

Sumber: Yang & El-Haik, 2003

Detection merupakan suatu penilaian subjektif berupa pemberian *rating* yang sesuai dengan kemungkinan bahwa metode *detection* ini dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat kegagalan yang terjadi. *Detection* adalah probabilitas kegagalan yang terdeteksi sebelum dampak dari efek tersebut terjadi (McDermott, et al., 2009). Adapun *rating* yang dapat diberikan untuk *detection* ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 *Detection Rating*

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>Rating</i>
<i>Almost certain</i>	Kontrol desain hampir pasti dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	1
<i>Very high</i>	Memiliki peluang yang sangat tinggi bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	2
<i>High</i>	Berpeluang tinggi bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	3

Tabel 2. 3 *Detection Rating* (Lanjutan)

<i>Detection</i>	<i>Likelihood of Detection</i>	<i>Rating</i>
<i>Moderately high</i>	Memiliki peluang yang cukup tinggi bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	4
<i>Moderate</i>	Cukup memiliki peluang bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	5
<i>Low</i>	Memiliki peluang yang rendah bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	6
<i>Very Low</i>	Memiliki peluang yang sangat rendah bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	7
<i>Remote</i>	Memiliki tipis bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	8
<i>Very Remote</i>	Memiliki peluang yang sangat tipis bahwa kontrol desain dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan	9
<i>Absolute Uncertainty</i>	Kontrol desain tidak dapat mendeteksi penyebab potensial kegagalan (tidak ada kontrol desain)	10

Sumber: Yang & El-Haik, 2003

Setelah penilaian *rating* pada *severity*, *occurance* dan *detection* dilakukan, maka dapat dilanjutkan untuk perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN digunakan untuk memberikan nilai prioritas potensial kegagalan (Yang & El-Haik, 2003). Nilai RPN menunjukkan tingkat resiko yang ditimbulkan dari terjadinya kegagalan. Semakin tinggi nilai RPN, maka membutuhkan perhatian lebih tinggi untuk dilakukannya tindakan perbaikan.

2.4 **Komponen Speaker**

Pada sebuah *speaker*, terdapat beberapa komponen penting yang berperan untuk menghasilkan suara. Sebelum membahas mengenai mekanisme *speaker* bekerja menghasilkan suara, pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai komponen-komponen pada *speaker*.

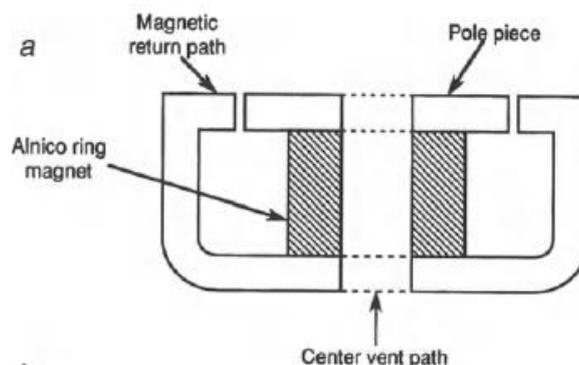
2.4.1 Magnet

Magnet memiliki sebuah kutub yang dapat menyebabkan gerakan tarik-menarik maupun saling mendorong. Dimana gerakan saling mendorong dihasilkan oleh dua magnet yang memiliki kutub yang sama, sedangkan sifat tarik-menarik dihasilkan karena dua kutub yang berbeda. Pada sebuah *speaker*, suara dapat dihasilkan karena adanya sifat yang saling mendorong dan tarik-menarik. Magnet berfungsi untuk mengubah sumber arus listrik menjadi getaran mekanik berupa suara. Namun, pada kerjanya magnet tidak bergerak (statis) saat *speaker* menghasilkan suara.

Untuk menghasilkan *speaker* yang berkualitas bagus, membutuhkan suatu spesifikasi khusus pada masing-masing komponen *speaker*. Oleh karena itu, perlu adanya pertimbangan sifat mekanis dan struktur magnetik pada sebuah magnet agar dapat menyediakan medan magnet untuk *voice coil*. Menurut Eargle (1997), terdapat tiga jenis tipe struktur motor magnet yang digunakan dalam sebuah *speaker*, diantaranya sebagai berikut:

1) Alnico Ring Magnet Structure

Struktur magnet *alnico ring* merupakan struktur magnet yang menggunakan aluminium, nikel dan kobalt dengan struktur magnet *alnico ring* ini dipasang secara vertikal pada dua sisi diantara *center vent path*. Adapun gambar struktur *alnico ring magnet* seperti pada Gambar 2.2

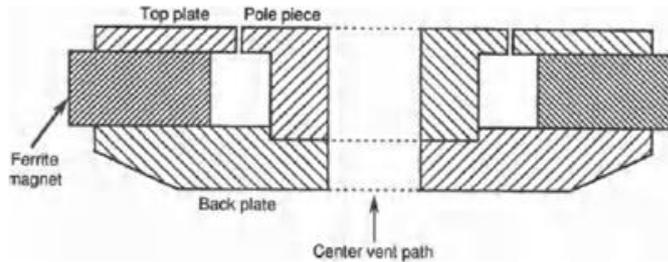


Gambar 2. 2 Alnico Ring Magnet Structure

(Eargle, 1997)

2) Ferrite Magnet Structure

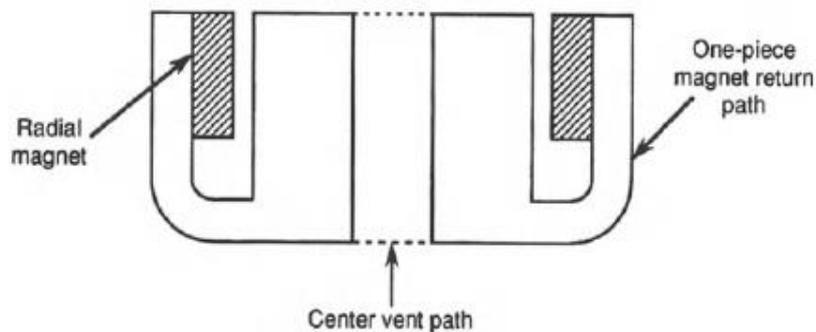
Struktur *ferrite magnet* merupakan struktur magnet yang paling umum digunakan saat ini (Eargle, 1997). Dimana posisi magnet secara horizontal dengan *top plate* yang dirakit diatas magnet tersebut. Adapun gambar struktur *ferrite magnet* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Ferrite Magnet Structure*
(Eargle, 1997)

3) Radial Magnet Structure

Struktur *radial magnet* merupakan struktur magnet yang mengilustrasikan penggunaan tingkat energi tinggi dengan muatan magnet radial kecil yang terbahkan material langka seperti *samarium* dan *neodymium* (Eargle, 1997). Adapun struktur *ferrite magnet* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



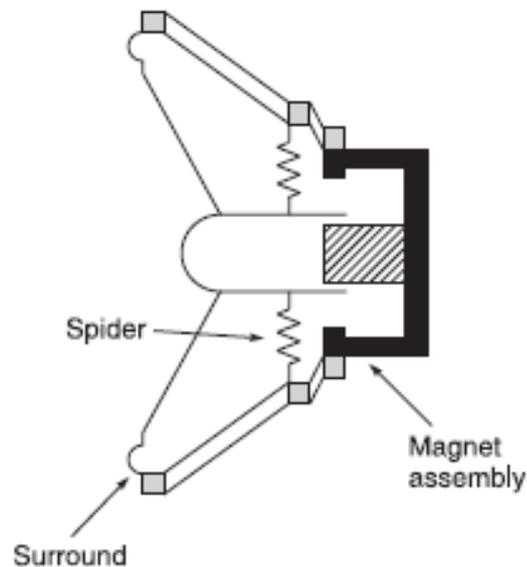
Gambar 2. 4 *Radial Magnet Structure*
(Eargle, 1997)

2.4.2 Chassis atau Basket

Chassis atau basket merupakan merupakan rangka *speaker* yang berfungsi untuk mendukung konstruksi *cone* dan magnet serta untuk menjaga *drive* suatu *speaker*. Magnetik dan *thermal properties* pada

speaker dipengaruhi oleh material dan konstruksi *chassis* misalnya potensial warna yang dihasilkan *speaker* (Borwick, 2001).

Menurut Borwick (2001), suatu *cone speaker* dapat diperkuat pada dua bidang. Bagian pertama yaitu menyediakan tekanan yang fleksibel antara pergerakan *cone* dengan posisi *chassis*. Kedua, bidang pada *spider* dapat mendukung *voice coil* atau leher *conepaper*. Pada *chassis*, *conepaper* ditempatkan pada bidang *spider*. Hal ini bertujuan untuk menjaga *cone* agar tetap berada pada posisinya setelah *cone* bergerak naik dan turun membunyikan suara. Adapun konstruksi dari *chassis* beserta penempatan *cone* dan *spider* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 *Chassis* atau *Basket Speaker*
(Borwick, 2001)

2.4.3 Sistem Gerak *Speaker* (*Speaker Moving System*)

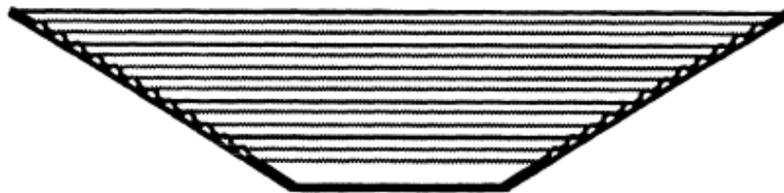
Pada *speaker* terdapat beberapa komponen yang termasuk dalam *moving system*. Adapun komponen tersebut adalah *conepaper*, *voice coil assembly*, *suspension*, *spider* dan *dust cone*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing komponen sistem gerak pada *speaker*:

- 1) *Conepaper*

Conepaper merupakan bagian dari *speaker* yang berfungsi untuk memancarkan suara karena berhasil menangkap getaran dari gerakan *voice coil* (Eargle, 1997). *Voice coil* dapat melakukan gerakan naik dan turun menghasilkan suatu getaran yang dapat ditangkap oleh *cone* dan terdengar dalam bentuk suara. Kualitas dan material *cone* menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan pada *speaker*. Dimana *cone* memiliki kecenderungan mudah putus saat dalam kondisi *high excursion*. Pada *high excursion*, *cone* akan menghasilkan respon yang tidak menentu dan dapat menyebabkan terjadinya distorsi. Pada kondisi yang sama, respon frekuensi yang tinggi (HF) akan menyebabkan *cone* bergerak dalam getaran yang kompleks. Menurut Eargle (1997), terdapat tiga tipe *cone speaker* yaitu:

a. *Ribbed Cone*

Ribbed Cone merupakan tipe *cone* yang berbentuk pendek dan memiliki rusuk anular pada seluruh bagian permukaan *cone*. Tujuan penggunaan rusuk pada *cone* adalah untuk menambah kekuatan pada *cone*. Rusuk anular yang digunakan ini tidak menjadikan *cone* menjadi berat, sehingga *cone* masih tetap ringan tapi kuat.

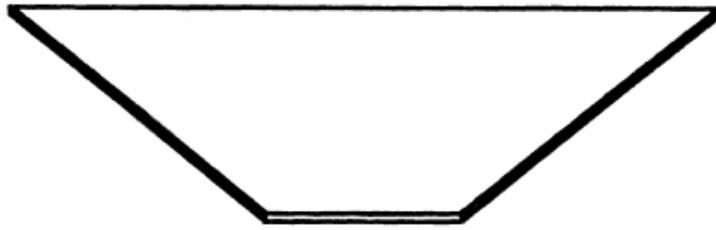


Gambar 2. 6 *Ribbed Cone*

(Eargle, 1997)

b. *Straight-side Cone*

Straight-side cone merupakan tipe *cone* yang memiliki ukuran lebih panjang. Panjang atau pendeknya ukuran *cone* akan mempengaruhi kekuatan pada suara *speaker*. Semakin panjang ukuran *cone*, maka kekuatan yang dimiliki akan lebih tinggi, begitupun sebaliknya.

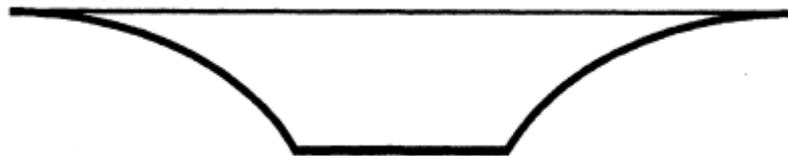


Gambar 2. 7 *Straight Side Cone*

(Eargle, 1997)

c. *Curvilinear Cone*

Curvilinear Cone merupakan tipe *cone* yang mempertimbangkan efisiensi dan perpanjangan *output* pada frekuensi yang tinggi. Tipe *cone* ini biasa digunakan untuk *moving system* yang ringan. Tingkat kehalusan suara yang dihasilkan *speaker* dapat dipengaruhi oleh *driver's output*. Kehalusan respon suara akan terjaga saat terjadi peningkatan dari output *driver*.



Gambar 2. 8 *Curvilinear Cone*

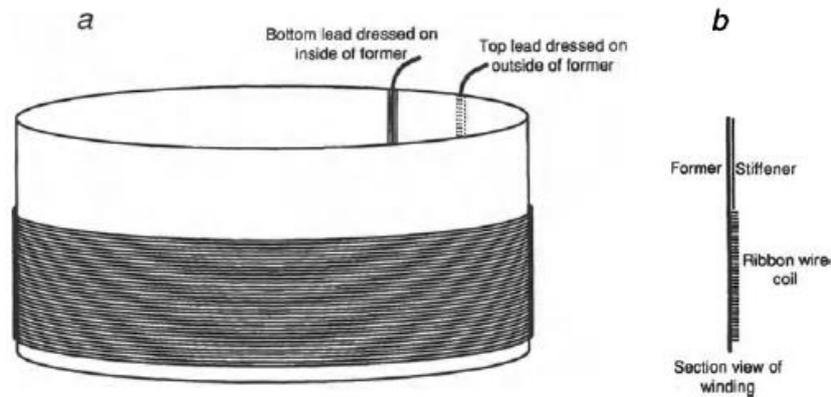
(Eargle, 1997)

2) *Voice Coil Assembly*

Voice coil merupakan komponen utama pada *speaker* yang dapat menghasilkan suara. *Voice coil* berupa kumparan kawat yang dapat bergerak karena adanya magnet di tengahnya (Eargle, 1997). Kumparan ini berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menggerakkan *cone speaker* maju dan mundur. *Voice coil* adalah bagian *speaker* yang bergerak, sedangkan magnet permanen adalah bagian *speaker* yang tetap pada posisinya.

Desain pelilitan atau perakitan kumparan *coil* sangat penting dalam pembuatan *speaker*. Menurut Eargle (1997), terdapat desain *voice coil* yang

terbuat dari kawat aluminium datar (*ribbon*) yang dililitkan secara khusus seperti pada Gambar 2.9.

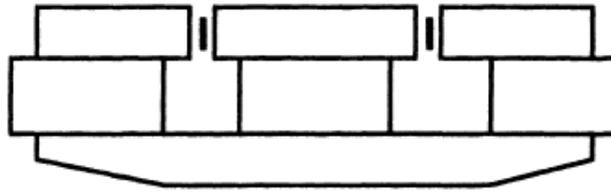


Gambar 2. 9 Rangkaian *Voice coil*
(Eargle, 1997)

Pada gambar 2.4 diatas terlihat bahwa *bottom lead* berada di dalam *former* yang mengarah keluar pada bagian atas *voice coil*. Sedangkan *top lead* berada di luar *former*. Dimana kedua *lead* tersebut mengarah keluar di bagian atas kumparan koil. *Voice coil* dililitkan pada bagian yang disebut *Voice Coil Gauge (VCG)* yang kemudian dipasang (dirakit) pada *cone speaker*. Setelah *voice coil* menempel pada *cone*, selanjutnya *coil* dipasangkan pada bagian depan dari *cone* untuk ditempelkan pada *eyelets* yang dekat dengan puncak *cone* (Eargle, 1997). Kemudian, *cone* dan kumparan koil tersebut akan dihubungkan dengan kawat tembaga yang disebut *tinsel lead* pada bagian belakang (*back side*) *conepaper*. Menurut Eargle (1997), terdapat beberapa *gap* pada magnetik *voice coil* untuk suatu *transducer*, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. *Underhanging voice coil (Voice coil yang menggantung)*

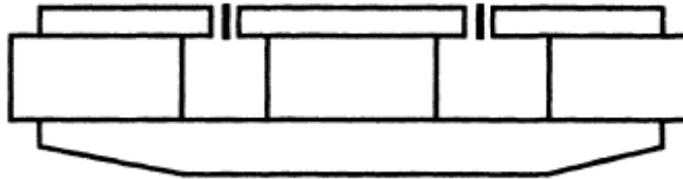
Pada Gambar 2.10 dibawah ini terlihat *voice coil* menempel dengan sempurna terhadap rentang aksial yang mempunyai massa jenis flux magnetik yang seragam. Struktur dari *voice coil* ini sangat mahal, karena untuk memenuhi syarat metal dan magnet yang dibutuhkan. Namun ini dapat memberi keuntungan untuk mendapatkan beban yang tergolong kecil, jenis inilah yang mempunyai nilai efisiensi yang paling tinggi.



Gambar 2. 10 *Underhanging voice coil*
(Eargle, 1997)

b. *Voice coil and top plate of equal length*

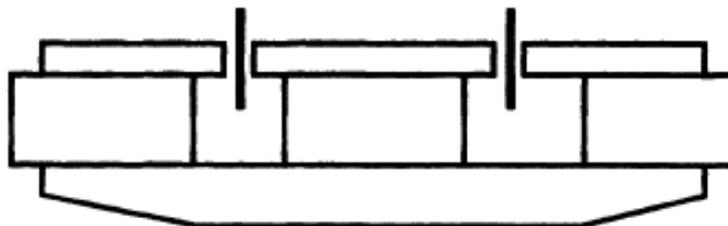
Pada Gambar 2.11 di bawah menunjukkan bahwa flux yang berasal pada *coil* mengumpul terkonsentrasi menjadi satu posisi. Hal ini meyakinkan bahwa modifikasi suatu *voice coil* akan menghasilkan kerugian pada *flux* yang bekerja pada *voice coil* tersebut, hal ini akan menimbulkan suatu kebisingan.



Gambar 2. 11 *Voice coil and top plate of equal length*
(Eargle, 1997)

c. *Overhanging voice coil*

Overhanging voice coil memberikan fluks yang konstan dan proporsi pada *voice coil* yang berukuran besar. Pada kejadian ini, *voice coil* desain seperti ini dapat diaplikasikan untuk *driver* yang mempunyai tingkat linear yang tinggi namun efisiensi rendah.



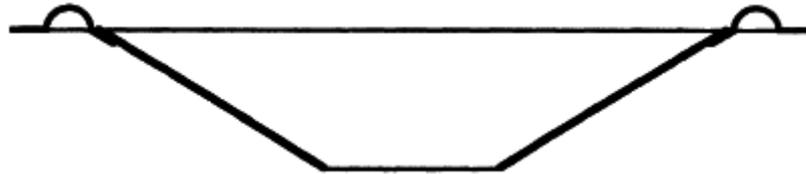
Gambar 2. 12 *Overhanging voice coil*
(Eargle, 1997)

3) *Suspension*

Suspension merupakan komponen *speaker* yang berfungsi untuk menarik *cone* kembali ke posisi semula setelah *cone speaker* bergerak maju mundur saat membunyikan suara. Menurut Eargle (1997), terdapat tiga jenis variasi detail suspensi *speaker* yaitu sebagai berikut:

a. *The half-roll Suspension*

The half-roll suspension merupakan jenis suspensi *speaker* yang terbuat dari *Polyurethane foam*. Penggunaan jenis suspensi *half-roll* ini cenderung membutuhkan biaya atau harga yang lebih mahal.

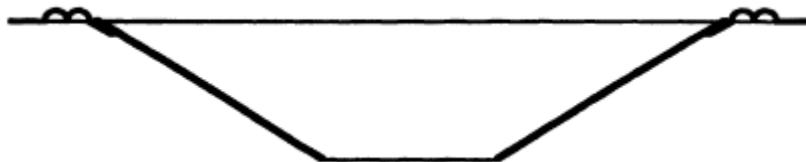


Gambar 2. 13 *The half-roll Suspension*

(Eargle, 1997)

b. *Double half-roll Suspension*

Double half-roll suspension merupakan jenis suspensi yang terbuat dari *treated cloth* dengan desain yang lebih rigid (kaku). Desain kaku pada jenis suspensi ini bertujuan untuk menghasilkan suara yang bagus.

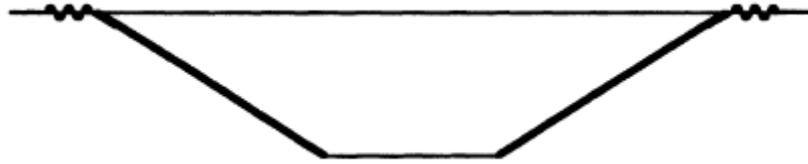


Gambar 2. 14 *Double half-roll Suspension*

(Eargle, 1997)

c. *Accordion-type Suspension*

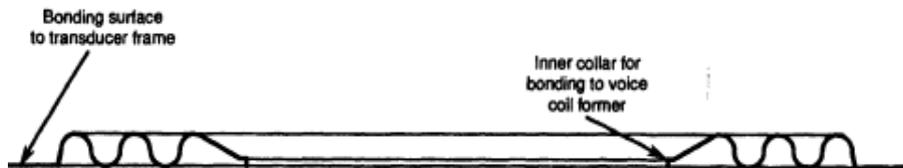
Accodion-type suspension merupakan jenis suspensi yang merupakan gabungan dari *roll-form suspension*. Dimana *accordion* ini memiliki kemampuan yang tinggi, tetapi memiliki kecenderungan untuk menghasilkan resonansi.



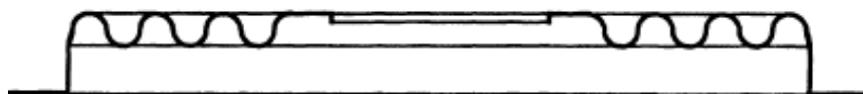
Gambar 2. 15 *Accordion-type Suspension*
(Eargle, 1997)

4) *Spider*

Spider merupakan suatu membran tipis yang berfungsi untuk menopang pergerakan *speaker* dan menjaga konsistensi dari posisi *voice coil* saat bergerak. Pada beberapa *driver*, *spider* memiliki ventilasi untuk menangkap volume udara (Eargle, 1997). Menurut Eargle (1997), *spider* terdiri atas dua tipe yaitu *flat spider* dan *cup spider*. Adapun bentuk *flat spider* (Gambar 2. 16) dan *cup spider* (Gambar 2. 16) adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 16 *Flat Spider*
(Eargle, 1997)

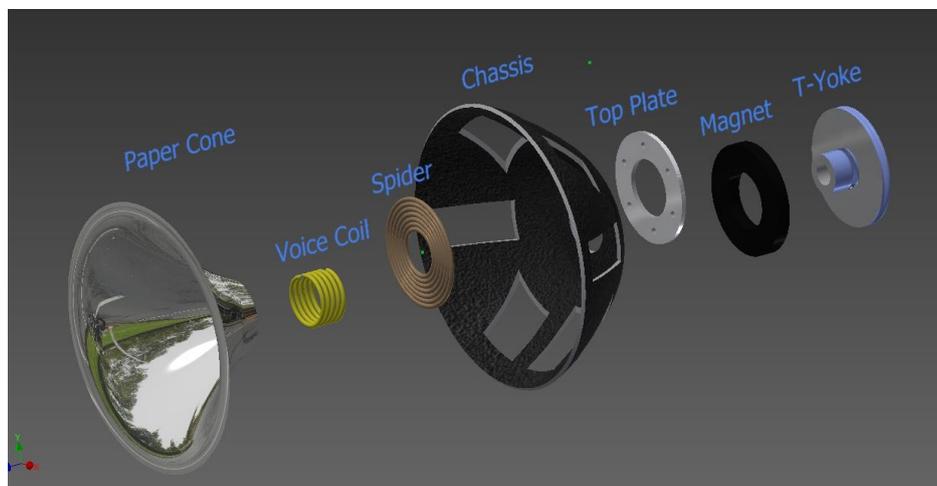


Gambar 2. 17 *Cup Spider*
(Eargle, 1997)

5) *Dust Cone*

Dust cone atau biasa disebut *dust cup* merupakan bagian *speaker* yang berbentuk kertas atau aluminium yang dilekatkan pada bagian atas *voice coil* untuk melindungi *voice coil* dari kotoran atau debu (Eargle, 1997).

Adapun gambar dari masing-masing komponen utama suatu *speaker* dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Komponen *General Speaker*

2.5 Mekanisme Kerja *Speaker*

Speaker merupakan suatu transduser yang dapat menghasilkan suara sebagai respon adanya sinyal listrik (Borwick, 2001). Transducer mampu untuk mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara yang dapat didengar (Borwick, 2001). *Speaker* memiliki kumparan elektromagnetik yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet yang disebut dengan *voice coil*. *Voice coil* berupa kumparan kawat yang dapat bergerak karena adanya magnet di tengahnya (Eargle, 1997). Selain itu, *speaker* terdiri dari magnet permanen yang dapat berinteraksi dengan *voice coil* untuk menghasilkan getaran suara.

Pada prinsipnya, mekanisme kerja *speaker* dimulai dengan adanya sinyal listrik yang melewati *voice coil* menyebabkan arah medan magnet berubah secara cepat. Maka akan terjadi gerakan tarik menarik dan saling menolak antara magnet permanen dengan *voice coil*, maka terjadi getaran maju mundur pada *cone speaker*.

Cone dapat bergerak akibat kumparan *voice coil* dan akan terbentuk suatu gelombang tekanan. Adanya gelombang tekanan inilah yang menyebabkan suara atau bunyi dapat didengar oleh telinga manusia. Pada prinsipnya, semakin besar *cone speaker* maka permukaan yang dapat menggerakkan suara akan lebih besar, sehingga suara yang dihasilkan *speaker* juga semakin besar (Borwick, 2001).

2.6 Konsep Desain *Speaker*

Pada sebuah *speaker*, terdapat beberapa kunci konsep dan konstruksi yang perlu diperhatikan pada *speaker*. Menurut Burhoe (1978), terdapat beberapa dasar konsep penting pada sebuah *speaker*, diantaranya sebagai berikut:

1) Respon Frekuensi

Respon frekuensi merupakan hal yang penting untuk diperhatikan pada sebuah *speaker*. Semakin luas respon frekuensi (semakin tinggi dan semakin rendah nada musik dapat mereproduksi), maka semakin dapat didengar oleh telinga manusia (Burhoe, 1978). Pada berbagai frekuensi akan menghasilkan suatu *pitches*. Suara yang bagus dari frekuensi tinggi adalah suara mendesis yang hampir tidak terdengar (bagi banyak orang) yang dikeluarkan oleh transformer.

2) *Woofers* dan *Tweeters*

Suatu *speaker* dengan kemungkinan respon frekuensi terluas mengarah pada spesialisasi *driver* sebagai *woofers* atau *tweeters*. Bass atau respon frekuensi rendah tergantung pada *speaker* yang bergerak dalam jumlah udara yang besar, sehingga membutuhkan ukuran *cone speaker* yang besar dan luas, termasuk *voice coil* yang panjang (Burhoe, 1978). Semakin tinggi frekuensi, maka memiliki panjang gelombang yang lebih pendek. Pada umumnya, semakin kecil *woofers*, maka respon frekuensinya akan lebih tinggi. Sedangkan, *tweeter* yang lebih besar akan menghasilkan suara yang lebih keras, tetapi dengan jangkauan yang lebih sedikit dan akurasi yang relatif lebih buruk pada frekuensi yang tinggi (Burhoe, 1978).

3) *Voice Coil*

Suatu *speaker* dapat menghasilkan suara dikarenakan adanya pergerakan yang dinamis oleh suatu kumparan atau disebut *voice coil*. Desain dan bentuk *voice coil* menjadi aspek yang penting pada sebuah *speaker* (Burhoe, 1978). *Voice coil* merupakan komponen listrik yang menerima dan mengubah arus dari amplifier menjadi energi mekanik. Selain itu, panjang dan massa dari *voice coil* mempengaruhi *physical behavior* suatu *speaker*. Pada *speaker*, frekuensi yang rendah membutuhkan *voice coil* yang relatif lebih panjang.

4) *Driver*

Driver merupakan komponen yang mengacu pada elemen tunggal contohnya *woofer, mid range, tweeter*.

5) *Crossover*

Crossover merupakan suatu perangkat atau system yang memiliki dua filter, yakni induktor memungkinkan hanya frekuensi rendah untuk mencapai *woofer* dan kapasitor memungkinkan hanya frekuensi tinggi untuk mencapai *tweeter*. Kompleksitas *crossover* adalah saat terdapat kombinasi antara *coil*, kapasitor, resistor dan komponen yang lainnya.

6) Efisiensi

Efisiensi suatu *speaker* adalah rasio dari energi suara terhadap input daya. Pada *speaker*, efisiensi yang tercapai sangat kecil, yakni hanya sekitar 10% bahkan kebanyakan hanya mencapai efisiensi 1%. *Inneficiency* suatu *speaker* dapat dilihat dari energi yang terbuang sangat besar, yaitu panas (Burhoe, 1978). Pada umumnya, lebih banyak efisiensi dalam *speaker* berarti memiliki respon frekuensi yang lebih sempit.

7) Dispersi

Keseragaman dispersi adalah ketika telinga dapat mendengar suara yang sama saat pendengar berada dimana saja sekitar *speaker* tersebut berada. Desain dispersi sangat penting pada sebuah *speaker*. Semakin kecil *speaker*, semakin tinggi frekuensi hingga memberikan keseragaman dispersi. *Tweeter* mampu memberikan dispersi hingga sekitar 12.000 Hz atau 13.000 Hz. Sedangkan *woofer* biasanya sekitar 800-900 Hz (jangkauan suara perempuan).

8) Distorsi

Distorsi terjadi jika gaya dari motor *driver* pada *cone* tidak linier sehingga *cone* bergerak secara *independent*. Selain itu, distorsi dapat terjadi ketika medan magnet tidak seimbang pada dua sisi. Terdapat tiga cara untuk mengurangi distorsi, diantara sebagai berikut:

- a) Memberikan *voice coil* yang lebih panjang
- b) Elemen *suspension* yang seragam (*uniform*), sehingga memungkinkan banyak *excursion*

c) Memberikan *oversized elements*, seperti *drive* yang besar, *voice coil* dan elemen *suspension* yang panjang

9) Efisiensi dan gaya magnet

Voice coil dan struktur magnet berinteraksi untuk memberikan gaya pada *speaker* untuk bergerak dan menghasilkan suara. Arus listrik dikirim melalui kumparan pada magnet dan diproduksi suatu gaya. Gaya inilah yang menghasilkan gerakan bergantian atau naik turun yang menyebabkan adanya tekanan udara pada *cone speaker*. Selanjutnya, tekanan udara ini akan dipancarkan sebagai gelombang suara. Semakin kuat medan magnet, maka semakin tinggi kekuatan dan semakin tinggi pula efisiensi.

10) Desain *Cabinet*

Cabinet pada *speaker* memiliki dua peran penting, yaitu sebagai *baffle* dalam pemasangan *driver* dan untuk memodifikasi, meningkatkan, memancarkan atau mengarahkan kembali gelombang dari *woofer* dan menjauhkan dari gelombang depan. *Cabinet* yang ideal adalah kaku dan berat.

2.7 Penelitian Terdahulu

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian pengendalian kualitas *speaker* yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Deskripsi	Metode/Tools
(Valles, et al., 2009)	Six Sigma Improvement Project for Automotive <i>Speakers</i> in an Assembly Process	<i>Improvenet project speaker</i> otomotif pada proses perakitan untuk mengurangi <i>rework</i> , <i>scrap</i> , dan penghematan waktu yang berharga (<i>valuable time saving</i>)	<i>Six Sigma</i> , <i>pareto chart</i> , <i>cause and effect matrix</i>
(Rahardjo & Aysia, 2003)	Peningkatan Kualitas Melalui Implementasi Filosofi <i>Six Sigma</i> (Studi Kasus: Perusahaan <i>Speaker</i>)	Peningkatan kualitas pada perusahaan <i>speaker</i> dengan melakukan perancangan rumah mutu (<i>Quality Function Deploymnet</i>)	Six Sigma, Rumah mutu (QFD)
(Suryani, Meilia Dwi)	Peningkatan Performansi <i>Assembly Line</i> untuk Mereduksi <i>Defect Voice Coil Touch</i> Pada Perusahaan <i>Speaker</i>	Peningkatan performansi yang dilakukan dengan cara mereduksi <i>defect VCT</i> dengan analisis RCA dan FMEA	<i>Root Cause Analysis</i> , <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir. Metodologi penelitian merupakan suatu tahapan sistematis yang dilakukan selama penelitian dilakukan. Berikut merupakan penjelasan dari metodologi penelitian Tugas Akhir.

3.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal pada suatu penelitian merupakan tahapan awal yang dilakukan pada pelaksanaan penelitian. Tahap pendahuluan bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang akan dikaji lebih lanjut menjadi suatu objek penelitian. Adapun tahapan pendahuluan yaitu dimulai dengan pengumpulan data, identifikasi masalah, perumusan masalah, dan penentuan tujuan penelitian. Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

3.1.1 Pengumpulan Data Perusahaan

Data-data perusahaan dapat diperoleh dalam bentuk data primer maupun data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil wawancara dan observasi secara langsung yang dilakukan oleh penulis. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapatkan dari sumber lain secara tidak langsung, misalnya dari data historis perusahaan, rekap data eksisting pada perusahaan maupun informasi-informasi lain yang didapatkan dari *website* resmi perusahaan. Adapun data-data yang dibutuhkan penulis pada tahap pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Proses Produksi (*Assembly Process*) pada Perusahaan
2. Data *defect* VCT pada *Assembly Line* 1 selama bulan Januari hingga Oktober 2018
3. Biaya *rework* dari *defect* VCT

3.1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahapan awal yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Identifikasi masalah bertujuan untuk mengidentifikasi adanya permasalahan pada objek amatan yang akan diteliti. Identifikasi

permasalahan dapat dilakukan dengan cara melakukan observasi secara langsung ke perusahaan yang menjadi objek amatan. Pada observasi tersebut penulis dapat melakukan wawancara kepada pihak-pihak perusahaan yang berkaitan dengan objek penelitian untuk mengetahui kondisi eksisting dari permasalahan yang ada. Adapun observasi dan wawancara tersebut dilakukan untuk mengetahui *defect Voice Coil Touch (VCT)* pada Perusahaan *Speaker* Amatan.

3.1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap yang dilakukan setelah berhasil mengidentifikasi permasalahan yang ada pada objek penelitian. Berdasarkan identifikasi masalah, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara untuk mereduksi *defect VCT* pada Perusahaan *Speaker*.

3.1.4 Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah perumusan masalah dilakukan, maka tahapan selanjutnya yaitu menentukan tujuan yang akan dicapai dalam penelitian. Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan rumusan masalah yang ada agar dapat memberikan *improvement* pada objek penelitian. Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah, mengetahui akar penyebab dari *defect VCT* yang terjadi dan melakukan rekomendasi perbaikan (*improvement*) pada proses produksi.

3.2 Tahap Pengolahan Data

Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data dari perusahaan yang menjadi objek amatan. Pengolahan data yang dilakukan adalah perhitungan jumlah *defect VCT* pada bulan Oktober 2018 serta melakukan perhitungan *rework cost* yang dikeluarkan akibat *defect VCT* pada bulan Oktober 2018.

3.3 Tahap Analisis, Pembahasan dan Rekomendasi Perbaikan

Setelah dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, maka dapat dilanjutkan tahap berikutnya yaitu analisis dan interpretasi data. Pertama dilakukan analisa dan interpretasi berdasarkan pengolahan data yang dilakukan. Selanjutnya dapat dilakukan pencarian solusi dari permasalahan yang ada dan memberikan rekomendasi perbaikan pada perusahaan.

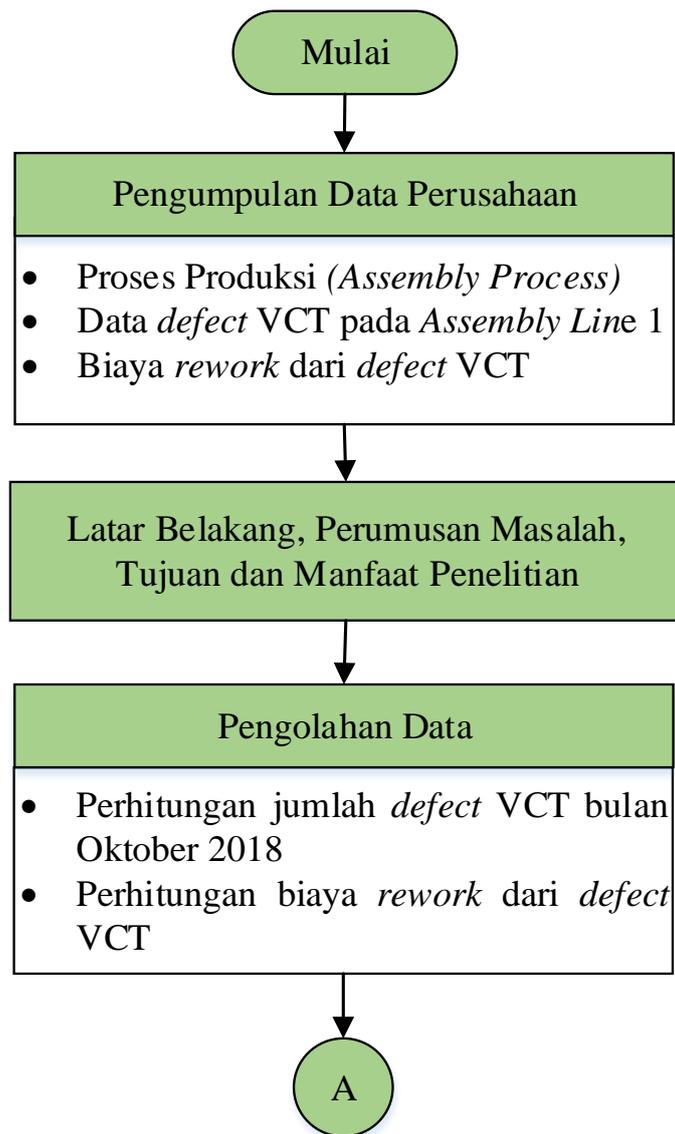
Tahap analisis dimulai dengan membuat *Root Cause Analysis (RCA)* untuk mencari akar penyebab permasalahan. RCA dapat digunakan untuk melakukan analisa akar penyebab terjadinya produk *defect VCT*. Pada analisa data yang dilakukan dengan RCA, dapat diketahui penyebab dari penyebab permasalahan yang terjadi, yaitu dilakukan analisis *5 why*. Berdasarkan analisis *5 why* tersebut akan terlihat bahwa *defect VCT* disebabkan oleh *root cause* yang memicu terjadinya kegagalan atau *defcet* pada produk. Selanjutnya hasil RCA tersebut menjadi salah satu acuan untuk melakukan rekomendasi perbaikan.

Setelah didapatkan *root cause* dari permasalahan, maka dapat dilanjutkan dengan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Analisa dengan FMEA dilakukan berdasarkan penilaian *severity*, *occurance* dan *detection* untuk mengetahui nilai prioritas resiko atau disebut dengan *Risk Priority Number (RPN)*. Semakin tinggi nilai RPN menunjukkan semakin tinggi pula resiko yang ditimbulkan. Oleh karena itu, nilai RPN tertinggi akan mendapatkan perhatian utama untuk melakukan tindakan korektif atau *improvement*.

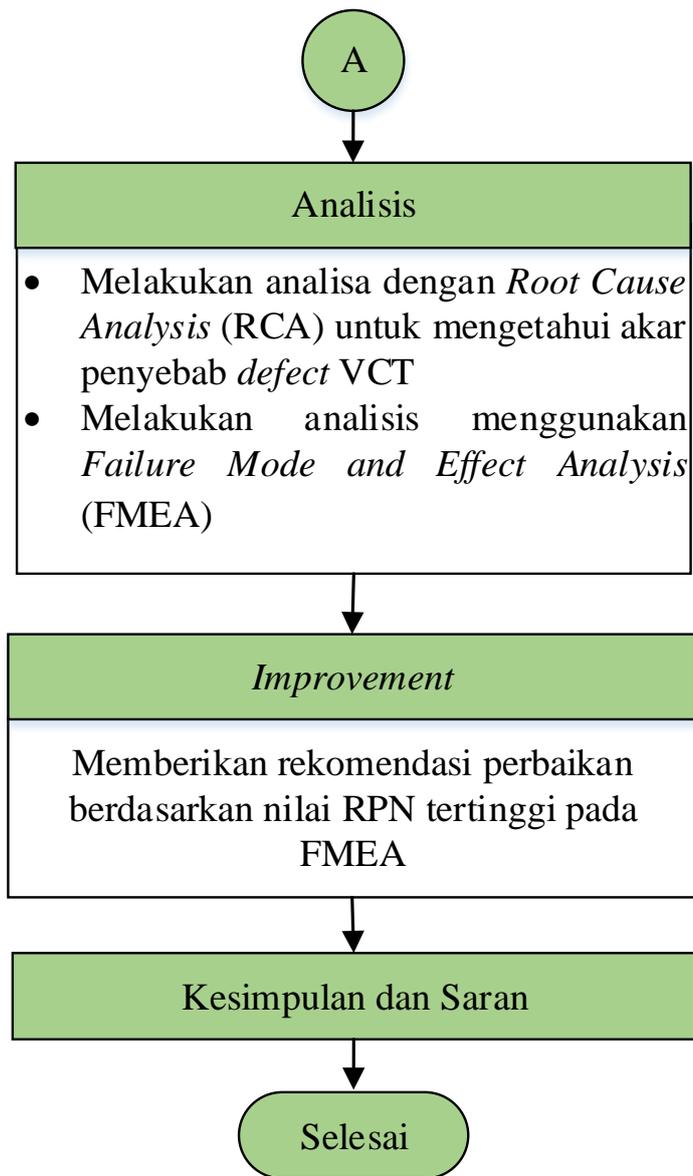
Tahap terakhir setelah analisis adalah tahap rekomendasi perbaikan. Pada tahap ini akan dilakukan pencarian solusi untuk menyelesaikan permasalahan perusahaan sebagai tindakan perbaikan (*improvement*) untuk mengurangi produk *defect*.

3.4 Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir pada penelitian Tugas Akhir ini. Tahap kesimpulan merupakan tahap yang menjelaskan tentang hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan dengan tujuan penelitian. Sedangkan saran merupakan sebuah masukan yang diberikan untuk penelitian selanjutnya. Adapun *flowchart* metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan dan pengolahan data penelitian Tugas Akhir. Pada bab ini akan dijelaskan secara singkat mengenai gambaran umum perusahaan, proses produksi, dan mekanisme kerja *speaker*. Selain itu, akan ditampilkan data *defect* dan biaya *rework* untuk *defect* VCT pada bulan Oktober 2018.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Perusahaan *Speaker* Amatan merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi berbagai macam *speaker*, baik *brand* lokal maupun ekspor. Sistem produksi pada Perusahaan *Speaker* amatan adalah *Make to Order* (MTO), yaitu memproduksi *speaker* sesuai *demand* yang diminta oleh pelanggan baik jenis, tipe dan jumlah *speaker*. Adapun jenis *speaker* yang dapat diproduksi oleh perusahaan *speaker* adalah *pro audio loudspeaker*, *car audio loudspeaker*, *mid end hi fi karaoke loudspeaker* dan *pointer multimedia loudspeaker*. Perusahaan *Speaker* amatan memiliki beberapa *Assembly Line* atau lini perakitan untuk proses perakitan *speaker*. Adapun *Assembly line* tersebut di antaranya adalah *Line 1*, *Line 4*, *Cell Line*, *Twitter Domn Line*, *Voice Coil Line*, dan *Line A3*. Adapun penjelasan masing-masing lini perakitan adalah sebagai berikut:

- a) *Line 1*, lini perakitan khusus untuk produk *speaker* brand lokal. Pada lini ini, tidak selalu beroperasi 8 jam per hari, rata-rata hanya beroperasi 5 jam per hari. Hal ini dikarenakan target lini 1 untuk *local speaker* tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan *automotive speaker*.
- b) *Line 4*, lini perakitan untuk *speaker* berbasis *automotive*. Lini ini merupakan lini yang terus beroperasi non-stop selama 8 jam kerja. Hal ini dikarenakan target *automotive speaker* yang sangat tinggi.
- c) *Cell Line*, untuk perakitan *high end speaker*
- d) *Twitter Domn Line*, lini yang khusus untuk menghasilkan *speaker* jenis *twitter*, yaitu *speaker-speaker* kecil berfrekuensi tinggi.

- e) *Voice Coil Line*, merupakan lini khusus untuk melakukan pelilitan *voice coil*. Semua *voice coil* yang akan dibutuhkan untuk kebutuhan pada *Assembly line* akan dihasilkan pada lini *voice coil* ini.
- f) *Line A3*, merupakan *finishing line* untuk beberapa tipe *speaker* tertentu. Beberapa *speaker* memiliki proses yang berbeda pada saat *finishing*, misalnya untuk beberapa *brand ekspor* yang memiliki spesifikasi khusus.

4.2 Proses Produksi

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses produksi *speaker* khususnya pada proses perakitan. Adapun proses perakitan yang akan dijelaskan adalah pada *Assembly Line 1*, diantaranya sebagai berikut:

- 1) Pembersihan magnet dan *yoke*
Magnet dibersihkan secara manual menggunakan sikat, dan *yoke* dibersihkan dengan kanebo dan air. Magnet dan *yoke* dibersihkan secara parallel oleh dua orang pekerja.
- 2) Pengeleman magnet dan *yoke*
Setelah magnet dan *yoke* dibersihkan, dilakukan pengeleman magnet dan *yoke* secara bersamaan menggunakan mesin lem *single plastic* yang mana posisi magnet di kanan dan *yoke* di kiri.
- 3) Penggabungan magnet dan *yoke* serta pemasangan *center yoke*
Masing-masing magnet dan *yoke* yang telah diberi lem, magnet dan *yoke* tersebut digabungkan dengan cara memberikan *center yoke* sebelum penggabungan. *Center yoke* merupakan part yang berfungsi sebagai pembatas antara magnet dan *yoke*, sehingga dengan adanya *center yoke* ini akan mengurangi potensi *defect iron chip* karena adanya serpihan besi/magnet dari *yoke*.
- 4) Pengelangan *top plate* dan *chassis*
Top plate dibersihkan terlebih dahulu dan mempersiapkan *chassis* untuk dilakukan pengelangan *top plate* dan *chassis*. Standar dalam pengelangan adalah minimal $\frac{3}{4}$ bagian terkeling.
- 5) Pengelangan terminal *speaker*

Chassis yang telah dikeling dengan *top plate* selanjutnya dikeling dengan terminal.

6) Pembersihan sisa kelingan

Chassis dibersihkan dari sisa kelingan menggunakan mesin *vacum gun*. Tujuan pembersihan sisa kelingan pada *chassis* yakni agar serpihan sisa kelingan maupun debu tidak masuk pada gap magnet atau bagian lain yang dapat menyebabkan terjadinya *defect*.

7) Pengeleman *top plate* pada *chassis assy*

Chassis assy pada tahap ini adalah *chassis* yang telah terakit dengan terminal, kemudian dilakukan penggabungan dengan *top plate* dan dilakukan pengeleman menggunakan *hand glue*.

8) Penggabungan *magnet assy* dengan *chassis assy*

Magnet assy merupakan magnet yang telah *diassembly* dengan *yoke* dan *center yoke*. Sedangkan *chassis assy* merupakan hasil *assembly* antara *chassis*, *top plate* dan terminal. Penggabungan kedua *assy* ini dilakukan dengan cara menempelkan dan memutar *chassis assy* pada *magnet assy*.

9) Pengeringan *chassis+magnet assy* pada konveyor

Dari proses penggabungan *magnet assy* dengan *chassis assy*, selanjutnya pengeringan dilakukan minimal 3 menit dalam konveyor yang berjalan menuju proses selanjutnya.

10) Pencabutan *center yoke* dan pembersihan serpihan magnet

Sebelum *center yoke* dicabut, sebelumnya dilakukan pembersihan *speaker* dari debu dan kotoran. Pembersihan dilakukan dengan penyemprotan pada bagian dalam *chassis* menggunakan *vacum gun*. Setelah penyemprotan dilakukan, maka *center yoke* dapat dicabut. Setelah *center yoke* dicabut, dilakukan pembersihan kembali untuk bagian dalam atau sela-sela lubang bekas *center yoke* (gap) menggunakan mesin absorber.

11) Pengeleman pecahan keeling dan dudukan *spider*

Pengeleman pecahan keling dan dudukan *spider* dilakukan menggunakan lem plastik. Lem plastik yang digunakan adalah jenis lem AB.

12) Pemasukan *voice coil* ke *Voice Coil Gauge* (VCG)

Voice coil merupakan bagian utama dari *speaker* yang berfungsi untuk menghasilkan suara. *Voice Coil Gauge* (VCG) merupakan bagian yang digunakan sebagai cetakan sementara untuk memudahkan perakitan *voice coil* pada *speaker*. Sebelumnya, *voice coil line* akan menyuplai *voice coil* yang telah selesai dililit kepada masing-masing *assembly line* yang beroperasi. Kemudian, operator *assembly line* akan memasukkan hasil lilitan *voice coil* tersebut dalam VCG. Proses pemasukan *voice coil* dilakukan oleh pekerja sebelum proses berjalan. Hal ini dilakukan karena pemasangan *voice coil* ke VCG membutuhkan waktu yang cukup lama.

13) Pemasangan *spider* dan *voice coil*

Spider merupakan bagian *speaker* yang berfungsi untuk menopang pergerakan *speaker*. Pemasangan *spider* dan *voice coil* dilakukan secara manual dengan tangan operator. Pemasangan *spider* dilakukan terlebih dahulu, lalu dilanjutkan pemasangan *voice coil* pada *spider*.

14) Pengeleman *cone* dan pengeleman *voice coil* bawah

Setelah *spider* dan *voice coil* dipasang pada *chassis assy*, selanjutnya dilakukan pengeleman *cone* dan *voice coil* bawah. Pengeleman dilakukan dengan mesin lem plastik yang memiliki 3 corong lem yang mana berfungsi untuk menyemprotkan lem untuk *voice coil* bawah dan 2 bagian lain untuk penempelan *conepaper*.

15) Persiapan *conepaper*

Conepaper yang digunakan didapatkan dari *supplier* yang siap untuk dipasang pada *chassis*. Persiapan *conepaper* berupa pengecekan untuk menentukan *conepaper* yang bebas dari *defect* dan layak digunakan. Persiapan *conepaper* ini merupakan salah satu tindakan *preventive maintenance* untuk mengurangi resiko terjadinya *defect product*.

16) Pemasangan *conepaper* pada *chassis*

Setelah persiapan *conepaper*, maka selanjutnya dilakukan pemasangan *conepaper* pada *chassis*. Pemasangan *conepaper* ini *cone* harus terpasang secara flat menutup semua dudukan *chassis* dan tidak boleh menutupi lubang *screw*. *Conepaper* merupakan bagian yang penting pada sebuah *speaker* untuk memancarkan suara yang dihasilkan oleh *voice coil*. Oleh

karena itu, pemasangan *conepaper* yang tidak sesuai akan berdampak pada suara yang dihasilkan oleh *speaker*.

17) Pengontrolan lubang *conepaper*

Pengontrolan *conepaper* dilakukan untuk memastikan bahwa *conepaper* telah terpasang sempurna dan lubang *screw* tidak tertutup oleh *cone*.

18) Pengeleman *voice coil* atas

Pengeleman pada *voice coil* dilakukan dua kali, yaitu pada *voice coil* atas dan bawah. Sebelumnya telah dilakukan pengeleman *voice coil* bawah, maka selanjutnya pengeleman *voice coil* atas dilakukan setelah *conepaper* terpasang pada *chassis*.

19) Pelepasan kawat *voice coil*

Pelepasan kawat dilakukan setelah pengeleman *voice coil* atas karena untuk menghindari terjadinya kawat *voice coil* yang terjepit atau rusak saat proses pengeleman *voice coil*.

20) Persiapan gasket

Gasket merupakan bagian pada *speaker* yang memiliki fungsi utama untuk desain atau penampilan dari *speaker* itu sendiri. Dimana pemberian gasket pada *speaker* sesuai dengan keinginan *customer*. Selain itu, penambahan gasket pada *speaker* dapat memperjelas suara yang dihasilkan *speaker*.

21) Pemasangan gasket pada *chassis*

Pemasangan gasket dilakukan secara manual oleh operator. Gasket memiliki beberapa jenis bahan, warna dan ukuran sesuai tipe *speaker*.

22) Pemasangan mal gasket

Setelah gasket terpasang secara sempurna, maka diatas gasket tersebut dipasang mal gasket untuk melindungi gasket dari goresan atau *defect* pada gasket.

23) Peletakan *speaker* ke multiplek

Setelah *speaker* terpasang mal gasket, maka *speaker* diletakkan ke multiplek untuk dilakukan proses pengeringan.

24) Pengeringan *speaker* pada multiplek

Proses pengeringan dilakukan dalam waktu kurang lebih 5 jam. Proses pengeringan dilakukan dengan meletakkan *speaker-speaker* pada

multiplex yang dibiarkan kering secara alamiah. Oleh karena itu, setelah pengeringan pada tahap ini, tidak dapat secara langsung dilakukan proses *assembly* untuk proses selanjutnya, oleh karena itu, proses selanjutnya atau *assembly 2* dilakukan pada keesokan harinya.

25) Pencabutan jig, pencabutan VCG, peletakan *speaker*

Proses selanjutnya untuk *assembly* tahap kedua dimulai setelah *speaker* hasil *assembly* tahap 1 sudah kering sempurna. Pertama, peletakan *speaker* dari multiplex ke lini *assembly* dan dilanjutkan dengan pencabutan VCG. Pencabutan VCG dapat dilakukan pada tahap ini karena lem pada *voice coil* telah menempel sempurna setelah proses pengeringan.

26) Pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*

Tinsel lead merupakan kawat tembaga yang nantinya disatukan dengan kawat *voice coil*. Pemasangan *tinsel lead* dilakukan dengan pinset untuk memasukkan tinsel ke lubang terminal pada *conepaper*. Kemudian *tinsel lead* dililitkan dengan kawat *coil*.

27) Penyolderan rivet

Penyolderan rivet dilakukan agar *tinsel lead* dan kawat koil dapat terpasang kuat dan tidak lepas.

28) Potong sisa kabel *coil* pada rivet

Hasil penyolderan rivet yang dilakukan menyisakan sisa-sisa kabel *coil*, maka dilakukan pemotongan sisa kabel *coil* pada rivet menggunakan gunting.

29) Pembentukan sudut *tinsel lead*

Pemasangan dan pembentukan sudut *tinsel lead* kurang lebih dengan sudut 90° terhadap terminal.

30) Penyolderan terminal

Setelah terminal terpasang *tinsel lead* yang membentuk sudut 90°, maka selanjutnya dapat dilakukan penyolderan terminal.

31) Pemotongan *tinsel lead* dan *drop speaker*

Pemotongan *tinsel lead* dilakukan secara manual oleh operator menggunakan tang.

32) Pengeleman dan pemasangan *dustcup*

Pada sebuah *speaker*, *dustcup* berfungsi untuk melindungi *voice coil* dari kotoran dan debu. Setelah *voice coil* terpasang secara sempurna bersama *tinsel lead* maka dilakukan pengeleman dan pemasangan *dustcup*.

33) Peletakan *speaker* ke multiplek

Setelah pengeleman dan pemasangan *dustcup* dilakukan, maka membutuhkan pengeringan lem pada *dustcup*. Pengeringan ini dilakukan dengan cara meletakkan *speaker* pada multiplek.

34) Pemberian tindikan pada *dustcup*

Proses penindikan *dustcup* dilakukan setelah lem pada *dustcup* mulai mengering. Setelah tindikan pada *dustcup* dilakukan, *speaker* kembali dikeringkan pada rel konveyor dalam beberapa menit menuju proses perakitan selanjutnya.

35) *Stamping dustcup*

Proses *stamping* pada *dustcup* dilakukan untuk pemberian label atau *brand* pada masing-masing *speaker*. Masing-masing *speaker* memiliki stempel *dustcup* yang berbeda-beda tergantung jenis dan *brand speaker*.

36) Pengetesan suara

Proses pengetesan suara dilakukan oleh seorang operator yang sudah ahli dalam bidang *testing* atau inspeksi suara *speaker*. Pengetesan suara dilakukan pada suatu ruangan khusus yang kedap suara. Dalam proses pengetesan suara ini membutuhkan konsentrasi dan tingkat kepekaan telinga yang sangat tinggi untuk mengetahui saat terdapat suara *speaker* yang tidak sesuai spesifikasi.

37) Pemasangan *metal mesh*

Pemasangan *metal mesh* dilakukan dengan cara proses pengeleman. Sebelumnya dilakukan persiapan pengeleman, kemudian pengeleman *metal mesh*, persiapan *metal mesh* untuk dipasang dan kemudian *metal mesh* dapat dipasang pada *speaker*.

38) Pengontrolan *metal mesh*

Pengontrolan *metal mesh* dilakukan untuk memastikan bahwa *metal mesh* telah terpasang secara sempurna. Apabila *metal mesh* belum terpasang sempurna, maka akan dipasang kembali pada pengontrolan ini.

39) Pemotongan dan pemasangan plastik

Speaker yang telah lolos pada testing suara dan telah dipasang *metal mesh*, artinya *speaker* tersebut siap untuk menuju proses *finishing*. Proses *finishing* dimulai dengan pemasangan plastik pada *speaker*.

40) Pemasangan *polyfoam* pada *speaker*

Pemasangan *polyfoam* berfungsi untuk melindungi *speaker* agar tergores dengan benda lain yang dapat merusak penampilan fisik *speaker*.

41) Peletakan *speaker* ke multiplek

Setelah masing-masing *speaker* dilengkapi dengan *polyfoam*, maka *speaker* diletakkan dan ditata rapi pada multiplek untuk dikeringkan.

42) Pembungkusan dengan *straight film*

Setelah *speaker* dikeringkan pada multiplek, maka selanjutnya *speaker* akan dibungkus dengan *straight film*.

43) Pelabelan *packing* dengan MDF

Proses terakhir dari perakitan *speaker* adalah *labelling process* pada *packaging speaker* dengan *Medium Density Fibreboard* (MDF). MDF merupakan sejenis lembaran kayu tipis yang terbuat dari serat dan serbuk kayu. Fungsi dari MDF pada *packing* akhir sebuah *speaker* yaitu untuk melindungi *speaker* dari benturan atau guncangan luar.

4.3 Data Defect Voice Coil Touch (VCT)

Berdasarkan *monthly report* perusahaan, pada bulan Januari hingga September 2018, jenis *defect* tertinggi pada *speaker* adalah *Voice Coil Touch* (VCT). VCT merupakan jenis *defect* suara akibat adanya *failure* pada *voice coil*. Terjadinya *defect* VCT diketahui saat pengetesan suara dilakukan di suatu ruangan yang kedap suara. Proses inspeksi atau *testing* suara dilakukan oleh seorang operator yang sudah ahli dalam mendengar suara-suara *speaker*. Selain itu, pengetesan suara membutuhkan kepekaan dan konsentrasi tinggi agar operator dapat mengetahui saat ada jenis suara yang tidak sesuai atau diluar *technical specification speaker*. *Voice coil touch* dapat diartikan sebagai suatu *defect* yang terjadi karena adanya “touch” antara *voice coil* dengan komponen sekitarnya yang dapat menyebabkan timbulnya suara gesekan pada *speaker*.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini akan fokus pada salah satu jenis *defect* suara, yakni *Voice Coil Touch (VCT)*. Pada bulan Januari hingga September 2018, *defect* terbesar berupa *defect* VCT sebesar 4736 produk. Selanjutnya, akan ditunjukkan data *defect* VCT yang dihasilkan selama bulan Oktober 2018. Selama 22 hari kerja efektif pada bulan Oktober 2018, data *defect* VCT yang terdapat pada *Assembly Line 1* ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data *Defect* VCT pada bulan Oktober 2018

<i>Effective Date</i>	<i>Sum of Quantity Run</i>	<i>Sum of Quantity Reworked</i>
1/10/2018	7563	49
2/10/2018	9030	41
3/10/2018	5153	33
4/10/2018	2564	9
5/10/2018	6531	24
8/10/2018	7191	29
9/10/2018	3631	25
10/10/2018	4125	27
11/10/2018	4357	23
12/10/2018	2065	28
15/10/2018	6149	47
16/10/2018	5337	50
17/10/2018	4413	18
18/10/2018	4502	15
19/10/2018	3706	29
23/10/2018	1332	8
24/10/2018	3080	27
25/10/2018	3757	31
26/10/2018	3306	17
29/10/2018	4989	34
30/10/2018	6783	34

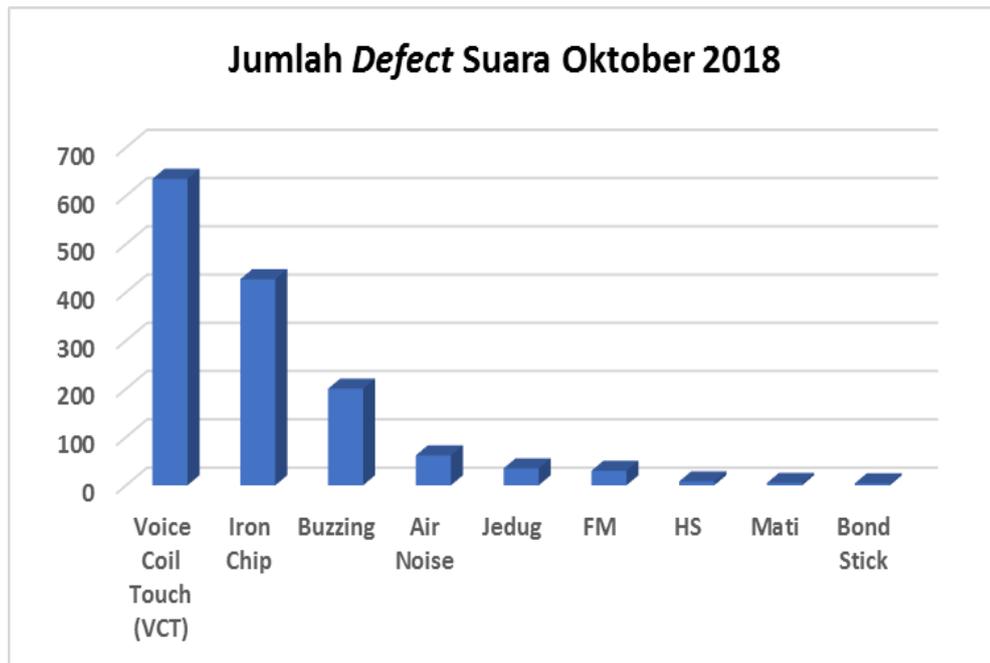
Tabel 4. 1 Data *Defect* VCT pada bulan Oktober 2018 (Lanjutan)

<i>Effective Date</i>	<i>Sum of Quantity Run</i>	<i>Sum of Quantity Reworked</i>
31/10/2018	6183	37
Total	105747	635

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa jumlah *defect* VCT yang terjadi pada bulan Oktober adalah sebesar 635 dari 105747 *run product*. Adapun data seluruh *defect* suara selama bulan Oktober 2018 ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Data *Defect* Suara bulan Oktober 2018

No.	<i>Defect Suara</i>	<i>Sum of Quantity Run</i>	<i>Sum of Defect Product</i>
1.	<i>Iron Chip</i>	78226	427
2.	<i>Buzzing</i>	55163	200
3.	<i>Voice Coil Touch (VCT)</i>	105747	635
4.	Jedug	3669	35
5.	Mati	2586	5
6.	HS	2027	8
7.	<i>Air Noise</i>	993	62
8.	FM	22155	30
9.	Bond Stick	3950	4
Total			1406



Gambar 4. 1 Jumlah *Defect* Suara pada Oktober 2018
(Sumber: Perusahaan *Speaker*)

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas menunjukkan bahwa *defect* VCT pada bulan Oktober memiliki persentase 45% dari total *defect* suara, yakni sebesar 635 dari total 1406 *defect* suara. Adapun rata-rata *defect* VCT per bulan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 adalah sebesar 537,1.

Tabel 4. 3 Rata-rata *defect* VCT per Bulan

Bulan	Jumlah <i>defect</i> VCT
Januari	898
Februari	549
Maret	164
April	386
Mei	624
Juni	410
Juli	367
Agustus	718

Tabel 4. 3 Rata-rata *defect* VCT per Bulan (Lanjutan)

Bulan	Jumlah <i>defect</i> VCT
September	620
Oktober	635
Total	5371
Rata-Rata	537,1

4. 4 Biaya Kerugian *Defect* VCT

Adanya produk *defect* dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan, yakni timbulnya *rework cost* yang harus dikeluarkan untuk pengerjaan ulang produk. Biaya *rework* meliputi biaya air, listrik dan tenaga kerja. Untuk *defect* VCT, waktu rata-rata *rework* yang dibutuhkan adalah 10 menit per *speaker*. Sedangkan biaya *rework* yang harus dikeluarkan untuk adalah Rp. 95.000/jam. Tabel 4.4 menunjukkan *rework cost* dari adanya *defect* VCT pada *Assembly Line* 1 pada bulan Oktober 2018.

Tabel 4. 4 Biaya Kerugian *Defect* VCT Oktober 2018

<i>Effective Date</i>	<i>Sum of Quantity Reworked</i>	<i>Rework Time (menit)</i>	<i>Rework Cost</i>
1/10/2018	49	10	Rp. 775.833
2/10/2018	41	10	Rp. 649.167
3/10/2018	33	10	Rp. 522.500
4/10/2018	9	10	Rp. 142.500
5/10/2018	24	10	Rp. 380.000
8/10/2018	29	10	Rp. 459.167
9/10/2018	25	10	Rp. 395.833
10/10/2018	27	10	Rp. 427.500
11/10/2018	23	10	Rp. 364.167
12/10/2018	28	10	Rp. 443.333
15/10/2018	47	10	Rp. 744.167
16/10/2018	50	10	Rp. 791.667

Tabel 4. 4 Biaya Kerugian *Defect* VCT Oktober 2018 (Lanjutan)

<i>Effective Date</i>	<i>Sum of Quantity Reworked</i>	<i>Rework Time (menit)</i>	<i>Rework Cost</i>
17/10/2018	18	10	Rp. 285.000
18/10/2018	15	10	Rp. 237.500
19/10/2018	29	10	Rp. 459.167
23/10/2018	8	10	Rp. 126.667
24/10/2018	27	10	Rp. 427.500
25/10/2018	31	10	Rp. 490.833
26/10/2018	17	10	Rp. 269.167
29/10/2018	34	10	Rp. 538.333
30/10/2018	34	10	Rp. 538.333
31/10/2018	37	10	Rp. 585.833
Total			Rp. 10.054.167

Pada Tabel 4.3 diatas, dapat dilihat bahwa biaya *rework* yang dikeluarkan oleh untuk pengerjaan ulang *defect* VCT pada *Assembly line* 1 pada bulan Oktober 2018 adalah sebesar Rp. 10.054.167.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis berdasarkan data *defect* yang telah diolah sebelumnya untuk mengetahui akar penyebab permasalahan. Selanjutnya dari akar permasalahan yang telah didapatkan akan dilakukan pencarian solusi untuk memberikan alternatif perbaikan dalam upaya mengurangi produk *defect* yang dihasilkan, sehingga dapat meningkatkan performansi perusahaan.

5.1 Analisis Akar Penyebab Defect VCT

Pada subbab ini akan dilakukan analisa akar penyebab dari terjadinya *defect* VCT. Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa VCT merupakan salah satu jenis *defect* suara terbesar yang terjadi pada Perusahaan *Speaker*, khususnya pada *Assembly Line* 1. Analisis akar penyebab *defect* VCT dilakukan dengan *5 why's method*. Adapun identifikasi akar penyebab dari *defect* VCT menggunakan metode 5 why ditampilkan pada Tabel 5.1 dan 5.2.

Berdasarkan *5 why's analysis* pada Tabel 5.1 dan 5.2, secara garis besar *defect* VCT disebabkan oleh beberapa akar penyebab, diantaranya sebagai berikut:

1. Bentuk VCG tidak presisi (VCG berbentuk oval)
2. Pemasangan beberapa komponen *speaker* tidak sesuai spesifikasi, meliputi pemasangan *voice coil* longgar atau tidak center dan pemasangan komponen pada *chassis* tidak center.
3. Operator tidak mempersiapkan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum proses *assembly* dimulai. Hal ini terjadi kesalahan beberapa komponen seperti tipe center yoke tidak sesuai dengan *speaker* dan bentuk VCG yang tidak sesuai spesifikasi (VCG oval).
4. Komposisi lem AB yang digunakan untuk proses pengeleman tidak sesuai standar. Hal ini menyebabkan pengeleman komponen lama kering
5. Terdapat lem yang memasuki (tersedot) dalam *voice coil*

Tabel 5. 1 *Root Cause Analysis (RCA) Defect VCT*

Defect Suara	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Voice Coil Touch (VCT)</i>	Terdapat suara gesekan yang dihasilkan speaker	Pergerakan <i>voice coil</i> tidak sesuai spesifikasi	Pemasangan <i>voice coil</i> tidak sesuai spesifikasi	Pemasangan <i>voice coil</i> tidak kuat pada <i>Voice Coil Gauge (VCG)</i>	Bentuk VCG tidak presisi (berbentuk oval)
				Pemasangan <i>voice coil</i> pada <i>spider</i> dan <i>conepaper</i> tidak center	Pemasangan VCG pada <i>yoke</i> tidak sempurna
				Pemasangan <i>voice coil</i> miring terhadap <i>yoke</i> dan <i>top plate</i>	Pemasangan VCG pada <i>yoke</i> tidak sempurna
				Pemasangan <i>voice coil</i> longgar	Pelepasan VCG tidak tegak lurus
		Hasil assembly komponen tidak sempurna (belum memenuhi spesifikasi)	Pemasangan komponen pada <i>chassis</i> tidak sesuai spesifikasi	Celah antara <i>chassis assy</i> dan <i>magnet assy</i> tidak center	<i>Center yoke</i> tidak sesuai spesifikasi
					Lem AB belum kering ketika <i>center yoke</i> dilepas
				Pemasangan <i>top plate</i> tidak center terhadap <i>chassis</i>	Lubang pin pada <i>chassis</i> terlalu besar
				Pemasangan <i>spider</i> pada <i>chassis</i> tidak center	Pemahaman operator kurang

Tabel 5. 1 *Root Cause Analysis (RCA) Defect VCT (Lanjutan)*

Defect Suara	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	
<i>Voice Coil Touch (VCT)</i>	Terdapat suara gesekan yang dihasilkan speaker	Hasil assembly komponen tidak sempurna (belum memenuhi spesifikasi)	Proses pengeleman tidak sesuai spesifikasi	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i> dengan <i>center yoke</i> tidak rata	Operator tidak memutar magnet	
				Pengeleman <i>magnet assy</i> dan <i>chassis assy</i> tidak rata	Operator tidak memutar <i>chassis assy</i>	
				Pengeleman magnet dan <i>yoke</i> lama kering	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	
				Pengeleman <i>top plate</i> pada <i>chassis (chassis assy)</i> lama kering	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	
				Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket lama kering	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	
				Pengeleman <i>cone, spider</i> dan <i>voice coil</i> lama kering	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	
	Kesalahan komponen / komponen tidak sesuai spesifikasi				Bentuk <i>yoke</i> dan <i>top plate</i> tidak bulat	<i>Top plate</i> dan <i>yoke</i> tidak <i>disortir</i> sebelum dibersihkan
					Tipe <i>center yoke</i> salah	Operator salah lihat tipe <i>yoke gauge</i>
Terjadi gangguan pada <i>voice coil</i>		<i>Voice coil</i> seret	Terdapat lem yang memasuki (tersedot) dalam <i>voice coil</i>	Pemahaman operator kurang		

5.2 Analisis Failure Modes dari Defect VCT

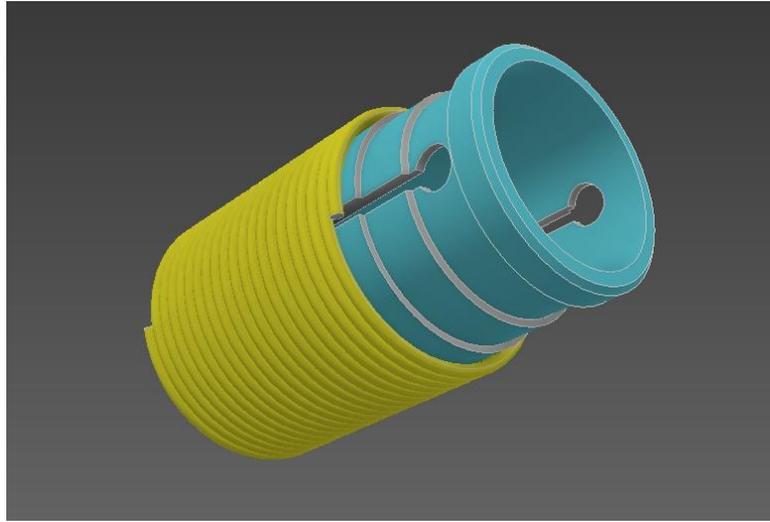
Failure mode didapatkan dari analisa akar penyebab masalah dengan 5 *why's method* yang dilakukan pada sub bab sebelumnya. Adapun *failure modes* dari *defect VCT* adalah sebagai berikut:

1) Pemasangan *voice coil* tidak kuat pada *Voice Coil Gauge (VCG)*

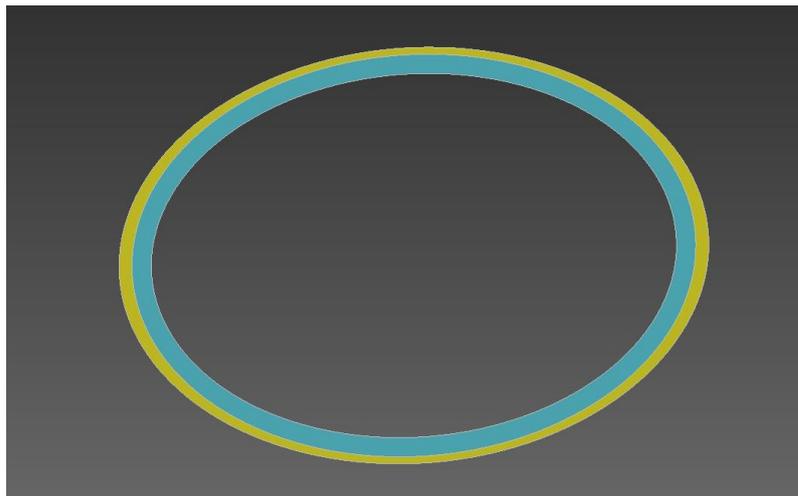
Proses pelilitan *voice coil* telah dilakukan sebelumnya pada *voice coil line*. Kemudian hasil lilitan tersebut *disupply* ke *assembly line* untuk dimasukkan ke VCG oleh operator. Selanjutnya lilitan *voice coil* yang telah dimasukkan dalam VCG tersebut dipasang pada *chassis assy* oleh operator. Standar pemasangan *voice coil* pada VCG adalah *voice coil* harus terpasang kuat dan sempurna dengan ukuran yang presisi sesuai yang ditentukan. Oleh karena itu, bentuk VCG harus presisi dan memiliki ukuran yang sama dengan lilitan *voice coil*. Bentuk VCG yang tidak presisi atau tidak sesuai ukuran diameter *voice coil* dapat menyebabkan terjadi *failure* pada lilitan *voice coil*, misalnya bentuk VCG yang oval dapat menyebabkan bentuk lilitan *voice coil* menjadi oval. Kegagalan ini disebabkan karena belum dilakukan kalibrasi terhadap ukuran VCG. Adapun efek yang akan ditimbulkan dari *failure* ini adalah pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Oleh karena itu, untuk mengurangi terjadinya *failure* tersebut perlu dilakukan kalibrasi pada VCG agar memiliki bentuk yang presisi dan memiliki diameter yang sesuai spesifikasi.



Gambar 5. 1 Bentuk VCG Presisi (Sesuai Spesifikasi)



Gambar 5. 2 Pemasangan *Voice Coil* Kat pada VCG (Sesuai Spesifikasi)



Gambar 5. 3 Pemasangan *Voice Coil* pada VCG Oval (Tidak Sesuai Spesifikasi)
(Tampak Atas)

Gambar 5.1 merupakan gambar *Voice Coil Gauge* (VCG) yang sesuai spesifikasi. Gambar 5.2 menunjukkan pemasangan *voice coil* kuat terhadap VCG. Sedangkan Gambar 5.3 menunjukkan Pemasangan *Voice Coil* pada VCG yang tidak presisi (oval).

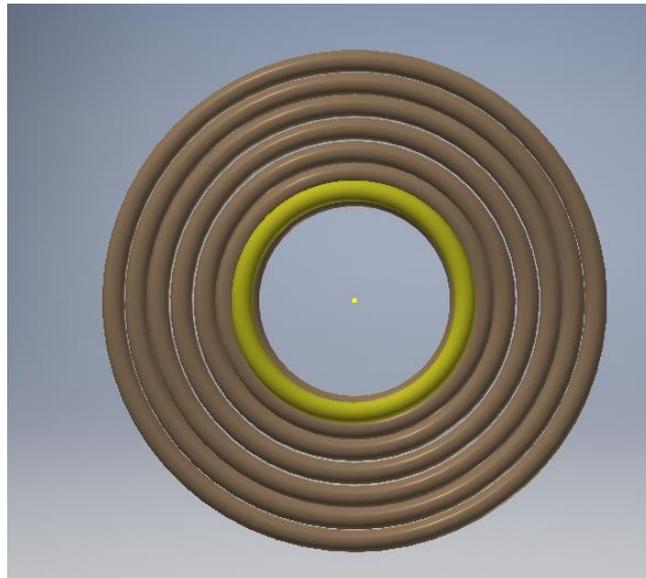
2) Pemasangan *voice coil* pada *spider* dan *conepaper* tidak center

Proses pemasangan *voice coil*, *spider* dan *conepaper* dilakukan setelah *magnet assy* dan *chassis assy* terassembly. *Magnet assy* merupakan magnet yang

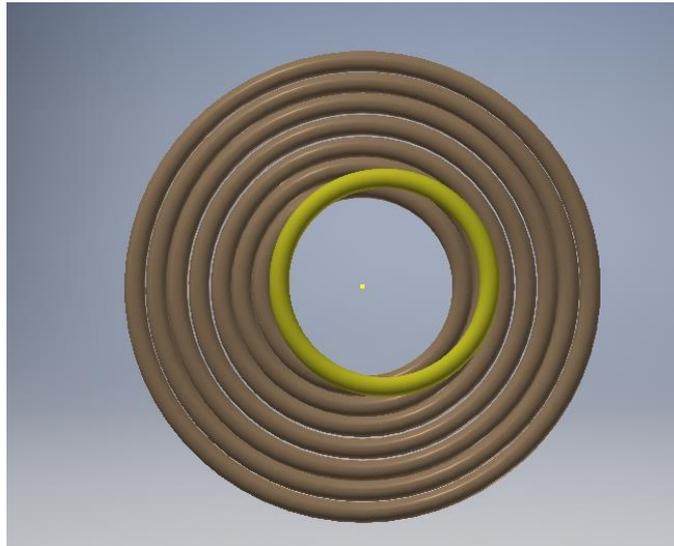
telah diassembly dengan *yoke*. Sedangkan *chassis assy* merupakan *chassis* yang telah terpasang dengan *top plate* dan terminal. Selanjutnya dapat dilakukan pemasangan *spider*, *conepaper* dan *voice coil* pada *chassis*. Pertama *spider* dipasang terlebih dahulu pada *chassis assy* dan dilanjutkan pemasangan *voice coil* pada ID *spider*. Selanjutnya dapat dilakukan pemasangan *conepaper* pada *chassis assy*. Ketidaksesuaian pemasangan pada komponen tersebut dapat menyebabkan terjadinya *failure* yaitu pemasangan yang tidak center. Oleh karena itu, untuk mengurangi terjadinya *failure* tersebut perlu dilakukan pemutaran *voice coil* pada *spider* sebesar 90° dan memastikan posisi *voice coil wire* sejajar dengan terminal.

a. Pemasangan *voice coil* tidak center terhadap *spider*

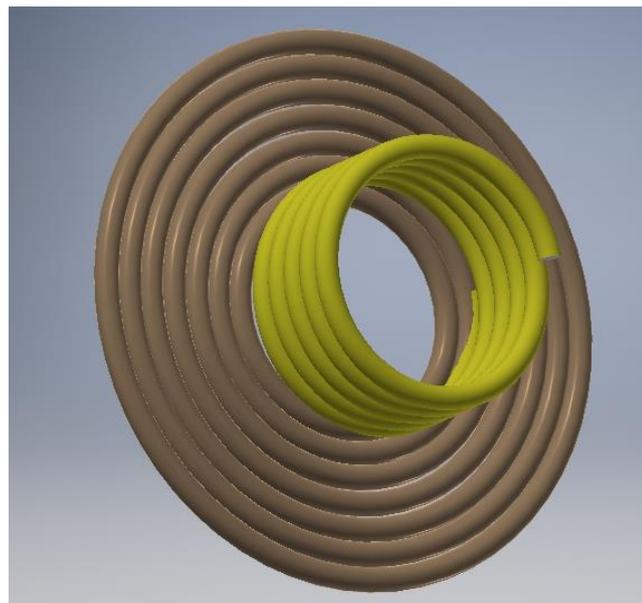
Pemasangan *voice coil* tidak center terhadap *spider* dapat menimbulkan efek kegagalan berupa pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Gambar 5.4 menunjukkan pemasangan *voice coil* center terhadap *spider* (sesuai spesifikasi). Sedangkan pada Gambar 5.5 dan 5.6 menunjukkan pemasangan *voice coil* pada *spider* yang tidak sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 5. 4 *Voice coil* center pada *spider* (sesuai spesifikasi)



Gambar 5. 5 *Voice coil* tidak center pada *spider* (Tampak Atas)



Gambar 5. 6 *Voice coil* tidak center pada *spider* (Tampak Samping)

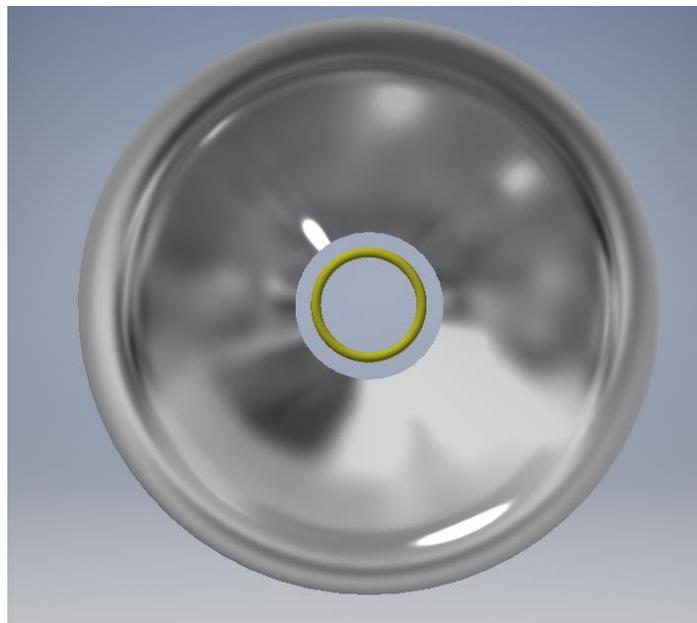
b. Pemasangan *voice coil* tidak center terhadap *conepaper*

Pemasangan *voice coil* tidak center terhadap *conepaper* dapat menimbulkan efek kegagalan berupa pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Gambar 5.7 menunjukkan gambar perspektif pemasangan *voice coil* terhadap *conepaper*. Gambar 5.8 menunjukkan gambar pemasangan *voice coil* yang center terhadap *conepaper* (sesuai spesifikasi). Sedangkan

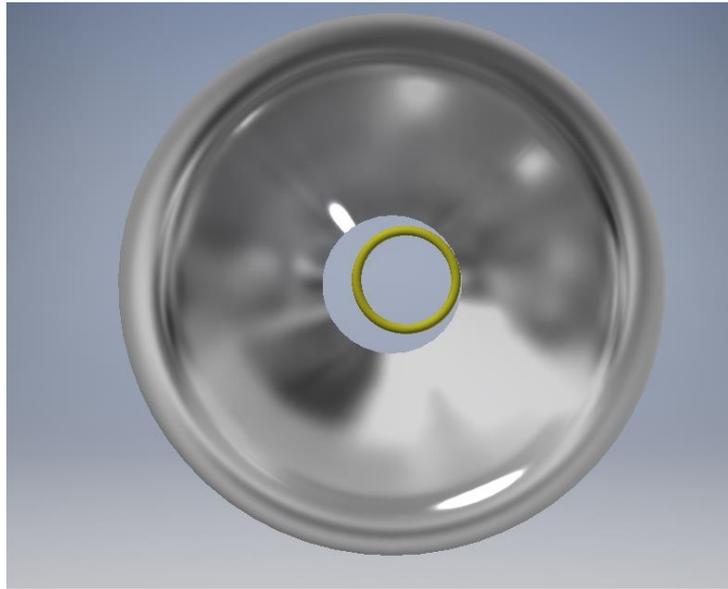
Gambar 5.9 menunjukkan gambar pemasangan yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu *voice coil* tidak center terhadap *conepaper*.



Gambar 5. 7 Perspektif Pemasangan *voice coil* terhadap *conepaper*



Gambar 5. 8 *Voice coil* center terhadap *conepaper* (sesuai spesifikasi)

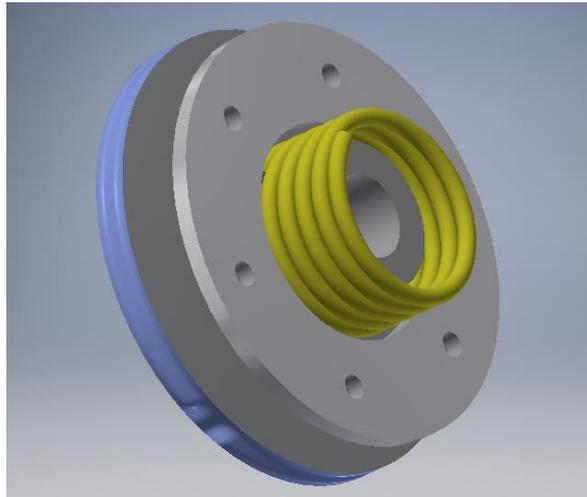


Gambar 5. 9 *Voice coil* tidak center terhadap *conepaper*

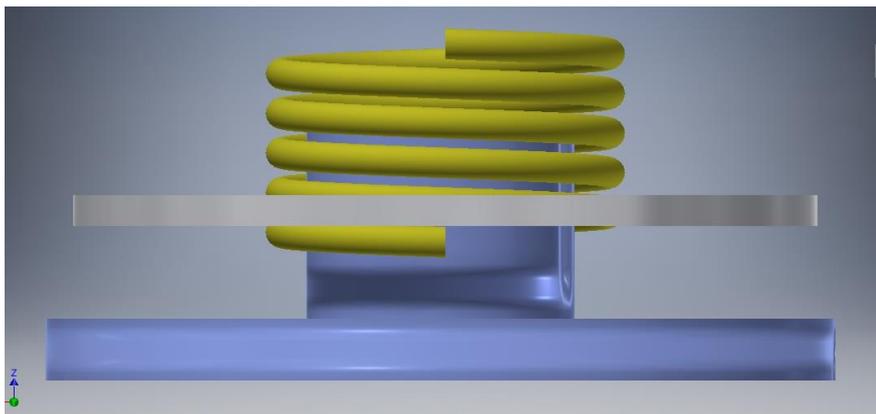
3) Pemasangan *voice coil* miring terhadap *yoke* dan *top plate*

Ketidaksesuaian pemasangan *voice coil* terhadap *yoke* dan *top plate* menyebabkan *failure* berupa *voice coil* miring terhadap *yoke* dan *top plate*. Efek kegagalan yang ditimbulkan dapat berupa pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Hal ini mengakibatkan *voice coil* tidak dapat berinteraksi bersama magnet permanen dengan baik. Selain itu, sisi *voice coil* yang miring tersebut menyebabkan kemungkinan terjadinya gesekan *voice coil* dengan *top plate* maupun *spider* saat *voice coil* bergerak membangkitkan medan magnet dan berinteraksi dengan magnet untuk menghasilkan suara. Hal inilah yang menyebabkan adanya suara gesekan yang dihasilkan *speaker*, yang kemudian disebut dengan *defect* VCT. Untuk mengurangi dampak tersebut, maka pemasangan *voice coil* tepat berada di tengah lubang diantara lubang *yoke* dan *top plate*.

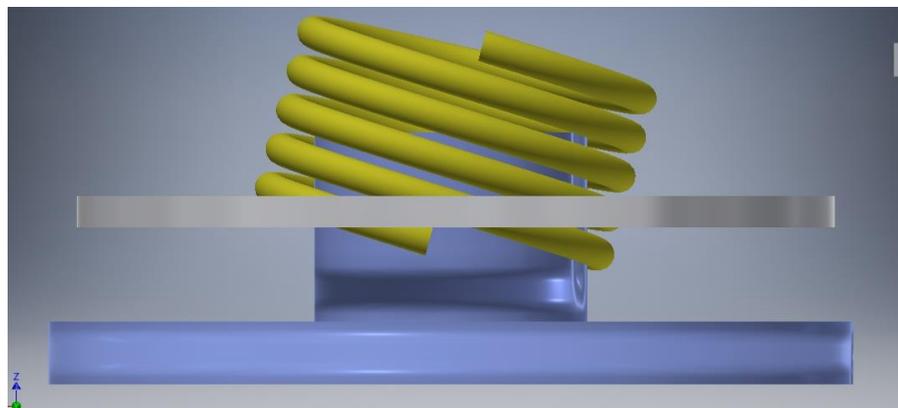
Gambar 5.10 adalah Perspektif Pemasangan *voice coil* terhadap *yoke* dan *top plate*. Gambar 5.11 merupakan pemasangan *voice coil* center terhadap *yoke* dan *top plate* (sesuai spesifikasi). Sedangkan Gambar 5.12 merupakan pemasangan *voice coil* tidak center terhadap *yoke* dan *top plate* (tidak sesuai spesifikasi).



Gambar 5. 10 Perspektif Pemasangan *voice coil* terhadap *yoke* dan *top plate*



Gambar 5. 11 *Voice coil* center terhadap *yoke* dan *top plate* (sesuai spesifikasi)



Gambar 5. 12 *Voice coil* tidak center terhadap *yoke* dan *top plate*

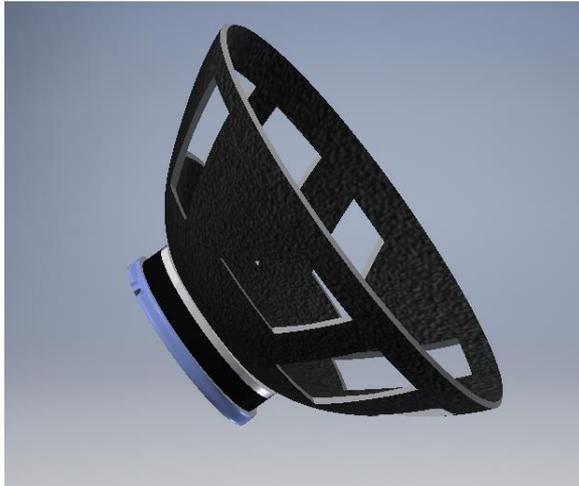
4) Pemasangan *voice coil* longgar

VCG yang telah terpasang pada *chassis* bersifat sementara, dimana VCG hanya berfungsi sebagai bantuan pemasangan dan pengeleman *voice coil* dilakukan. Setelah pengeleman *voice coil* selesai dan lem sudah kering, maka dilakukan pencabutan VCG. Proses pencabutan VCG yang tidak tepat dapat menyebabkan *failure* yaitu *voice coil* menjadi longgar. Adapun *failure effect* yang ditimbulkan adalah pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Oleh karena itu, VCG perlu diputar sebelum proses pencabutan VCG dari *voice coil*.

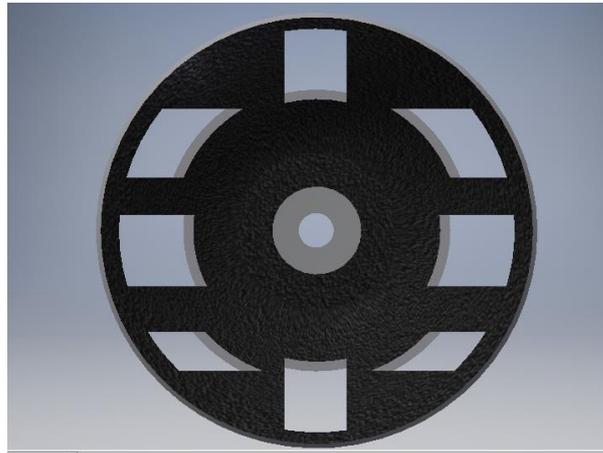
5) Celah antara *chassis assy* dan *magnet assy* tidak center

Pada perakitan komponen *speaker*, *center yoke* memiliki peran yang sangat penting untuk membantu pemasangan antar komponen agar sesuai spesifikasi. Bentuk *center yoke* yang tidak sesuai maupun kesalahan dalam pencabutan *center yoke* dapat menyebabkan timbulnya *failure* pada komponen *assy*. *Failure* dapat terjadi pada pemasangan *chassis assy* dan *magnet assy* saat pencabutan *center yoke* dilakukan sebelum lem AB kering yaitu celah antara *chassis assy* dan *magnet assy* tidak center. Pada saat lem belum kering tetapi *center yoke* sudah dicabut maka akan terjadi pergeseran antara *chassis assy* dan *magnet assy*, sehingga menghasilkan celah yang tidak center. Selain itu, *failure* ini juga dapat disebabkan karena *center yoke* yang tidak sesuai spesifikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi pada *center yoke* secara berkala untuk memastikan *center yoke* yang digunakan sesuai dengan spesifikasi. Adapun fungsi utama pemasangan *center yoke* adalah sebagai pembatas atau penguat agar *gap magnet* tidak bergeser (tetap center).

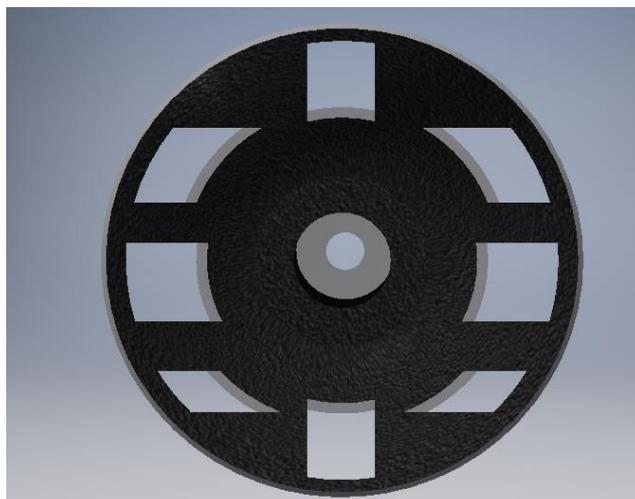
Gambar 5.13 merupakan gambar perspektif hasil *assembly magnet assy* dan *chassis assy*. Gambar 5.14 merupakan gambar pemasangan *magnet assy* dan *chassis assy* yang sesuai spesifikasi, yaitu terbentuk celah yang center diantara kedua *assy*. Sedangkan pada Gambar 5.15 menunjukkan celah antara *magnet assy* dan *chassis assy* tidak center (pemasangan tidak sesuai spesifikasi).



Gambar 5. 13 Perspektif Pemasangan *magnet assy* dan *chassis assy*



Gambar 5. 14 Celah antara *magnet assy* dan *chassis assy* center

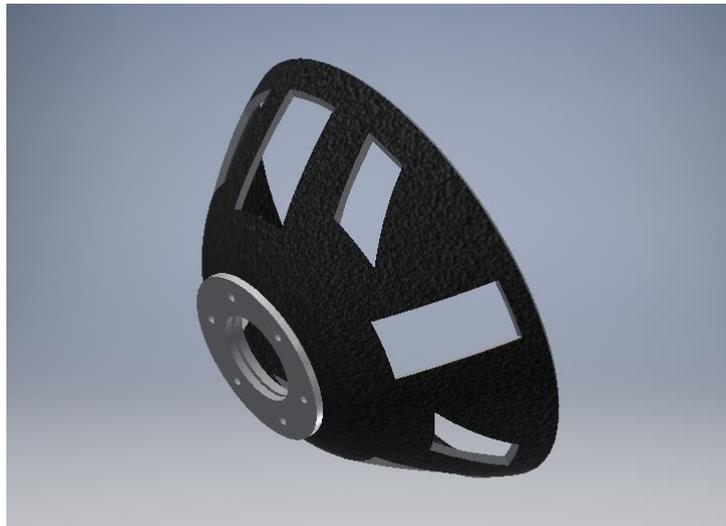


Gambar 5. 15 Celah antara *magnet assy* dan *chassis assy* tidak center

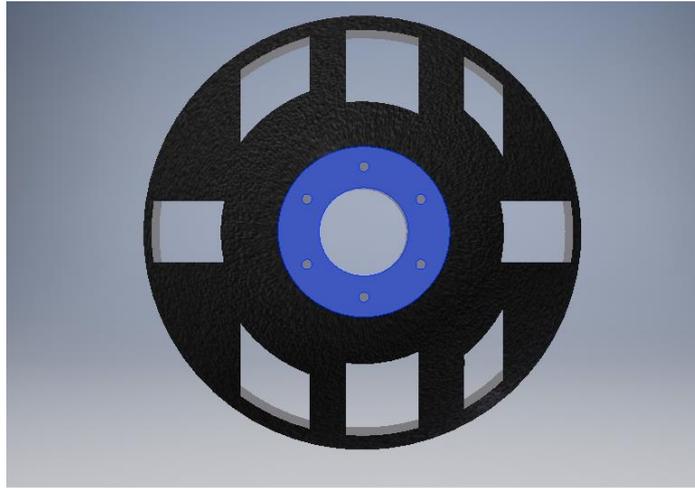
6) Pemasangan *top plate* tidak center terhadap *chassis*

Chassis atau biasa disebut basket merupakan *body* pada *speaker* atau rangka yang berfungsi sebagai pendukung konstruksi *conepaper*. Pada bagian *chassis*, terdapat lubang pin yang berfungsi untuk penyatuan *chassis* dengan *top plate*. *Top plate* menjadi salah satu komponen utama yang diassembly dengan *chassis* menjadi suatu *chassis assy*. Diameter lubang pin yang tidak sesuai dengan ukuran *top plate* akan menimbulkan *failure* pada *assembly speaker* yakni pemasangan *top plate* tidak center terhadap *chassis*. Adapun efek kegagalan yang ditimbulkan adalah pergerakan *voice coil* yang tidak sesuai spesifikasi karena *voice coil* bergesekan dengan ID (*Inlet Diameter*) *top plate*. Oleh karena itu perlu dilakukan *sliding test* dan *drop test* saat terjadi permasalahan pada hasil proses *assembly* yang telah dilakukan.

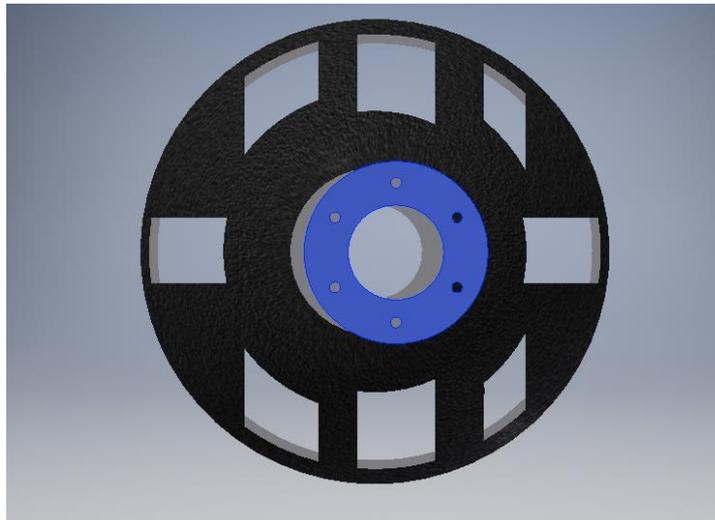
Gambar 5.16 merupakan gambar perspektif pemasangan *top plate* terhadap *chassis* (*assembly* antara *top plate* dengan *chassis*). Gambar 5.17 menunjukkan gambar pemasangan *top plate* dan *chassis* yang sesuai spesifikasi, yaitu *top plate* center terhadap *chassis*. Sedangkan Gambar 5.18 menunjukkan *top plate* tidak center terhadap *chassis* (pemasangan tidak sesuai spesifikasi).



Gambar 5. 16 Perspektif Pemasangan *top plate* terhadap *chassis*



Gambar 5. 17 *Top plate* center terhadap *chassis* (sesuai spesifikasi)



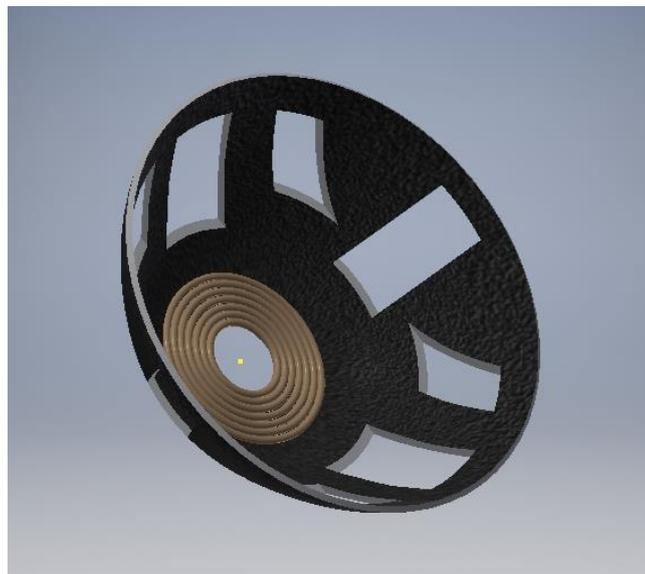
Gambar 5. 18 *Top plate* tidak center terhadap *chassis*

7) Pemasangan *spider* pada *chassis* tidak center

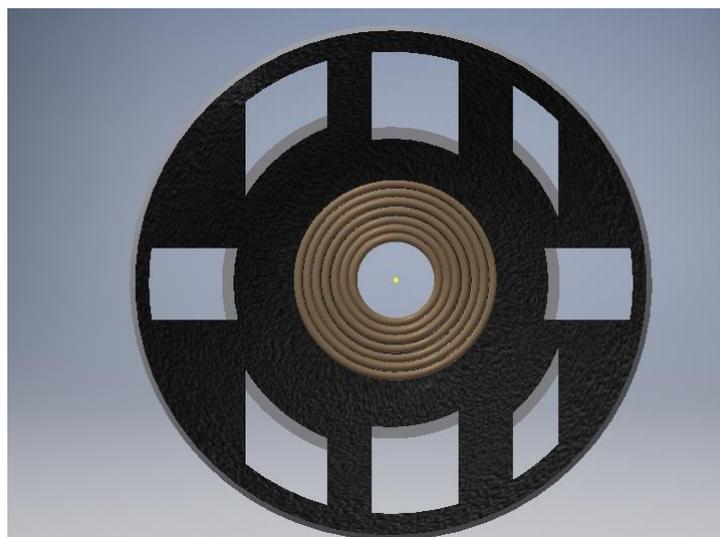
Ketidaksesuaian operator saat memasang *spider* pada *chassis* akan menyebabkan terjadinya *failure* yaitu *spider* tidak center terhadap *chassis*. *Spider* berupa membran tipis yang membutuhkan perlakuan khusus saat proses penempelan *spider* pada *chassis*. Ketekunan dan ketelitian dalam pemasangan *spider* pada *chassis* sangat diperlukan agar dapat memasang *spider* dengan tepat berada pada center *chassis*. Pemasangan *spider* pada *chassis* tidak center menyebabkan *voice coil* tidak dapat terpasang sesuai spesifikasi dan menggesek *spider* saat bergerak membangkitkan medan magnet. Pemasangan *spider* pada

chassis tidak center tersebut disebabkan karena pemasangan *voice coil* pada *spider* tidak diputar sebesar 90° . Pemutaran *voice coil* pada *spider* berfungsi untuk menyempurnakan pemasangan *spider* agar tidak miring terhadap *chassis*.

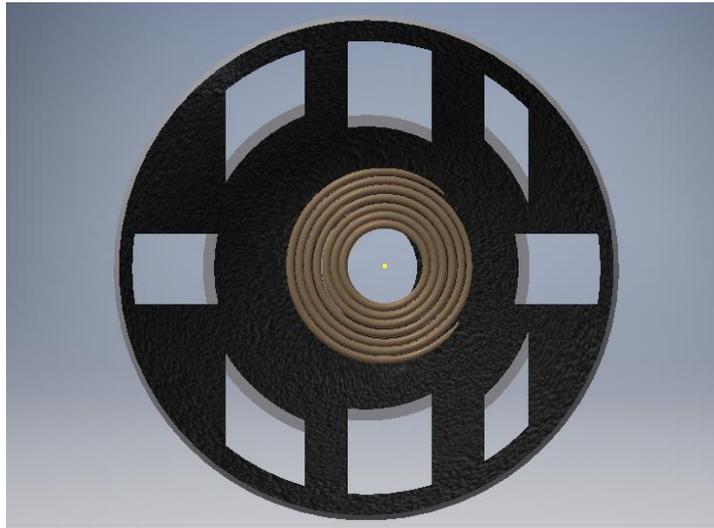
Gambar 5.19 merupakan gambar perspektif pemasangan *spider* pada *chassis*. Gambar 5.20 menunjukkan gambar pemasangan *spider* pada *chassis* yang sesuai spesifikasi, yaitu *spider* center terhadap *chassis*. Sedangkan Gambar 5.21 menunjukkan *spider* tidak center terhadap *chassis* (pemasangan tidak sesuai spesifikasi).



Gambar 5. 19 Perspektif Pemasangan *spider* terhadap *chassis*



Gambar 5. 20 *Spider* center terhadap *chassis* (sesuai spesifikasi)



Gambar 5. 21 *Spider* tidak center terhadap *chassis*

8) Pengeleman magnet dan *yoke* dengan *center yoke* tidak rata

Proses pengeleman magnet, *yoke*, dan *center yoke* dilakukan dengan sebuah mesin yang dioperasikan oleh operator. Pengeleman magnet dan *yoke* dengan *center yoke* yang tidak rata disebabkan oleh operator tidak memutar magnet pada saat pengeleman magnet dan *yoke*. Adapun standar pemutaran magnet adalah dilakukan 2x lingkaran. Penyebab utama pengeleman magnet dan *yoke* dengan *center yoke* tidak center disebabkan karena magnet tidak diputar 2x lingkaran setelah pemberian lem. Sebagian besar operator hanya memutar magnet 1x lingkaran untuk mempercepat pekerjaan, namun hal ini mengakibatkan lem tidak dapat merata atau keluar sebesar 1 mm dari magnet ID dan OD *yoke*. Akibatnya, pemasangan magnet dan *yoke* kurang kuat karena tidak merekat sempurna.

9) Pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy* tidak rata

Pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy* yang tidak rata disebabkan oleh kesalahan operator yaitu operator tidak memutar *chassis assy*. Standar pemasangan *chassis assy* terhadap *magnet assy* adalah dilakukan pemutaran *chassis assy* 2x $\frac{1}{2}$ lingkaran. Saat operator melakukan pemutaran yang kurang atau bahkan lupa untuk memutar, maka hasil pengeleman menjadi kurang rata. Standar pengeleman yang dianggap rata adalah ketika minimal lem keluar minimal 1 mm dari ID magnet dan OD *yoke*. ID merupakan *Inlet Diameter*, dan

OD merupakan *Outlet Diameter*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemutaran *chassis assy* sebanyak $2 \times \frac{1}{2}$ lingkaran terhadap *magnet assy* agar lem dapat menyebar merata sesuai standar diameter lem.

10) Pengeleman magnet dan *yoke* lama kering

Proses pengeleman komponen *speaker* menggunakan salah satu jenis lem yang disebut lem AB. Proses pengeleman dimulai dengan membuat *display* standar komposisi lem yang akan digunakan. Selama proses pengeleman, operator melakukan pengetesan uji kekeringan lem yang dilakukan secara periodik dalam waktu tertentu. Hal ini biasanya dilakukan dalam beberapa menit sekali sebagai bentuk *controlling* terhadap komposisi lem AB. Saat operator tidak berhasil membuat komposisi lem AB yang sesuai standar akan menyebabkan proses pengeleman menjadi lama kering. Adanya komposisi lem tidak memenuhi standar dapat menyebabkan *failure* pada proses pengeleman yaitu pengeleman magnet dan *yoke* lama kering. Adapun efek yang ditimbulkan adalah proses pengeleman tidak sesuai spesifikasi yakni terdapat resiko lem AB akan memasuki *gap*. Adanya lem yang masuk pada *gap* ini dapat menyebabkan *voice coil* menjadi seret.

11) Pengeleman *top plate* pada *chassis (chassis assy)* lama kering

Pengeleman *top plate* pada *chassis assy* yang lama kering disebabkan oleh hal yang sama seperti pengeleman magnet dan *yoke* pada poin sebelumnya. Terutama pada *chassis assy* yang mana komponen menjadi tempat tumpuan *voice coil*. Seperti halnya lem yang memasuki *gap* magnet, lem yang menyebar di keliling *chassis* juga akan menyebabkan *voice coil* seret, sehingga akan mengganggu pergerakan *voice coil*.

12) Pengeleman *voice coil* atas dan gasket lama kering

Pengeleman *voice coil* atas dan gasket yang lama kering juga disebabkan oleh penyebab dan efek yang sama seperti poin sebelumnya yaitu operator tidak berhasil membuat komposisi lem AB yang sesuai standar. Adapun *failure* yang dapat terjadi adalah pengeleman *voice coil* atas dan *gasket* lama kering. Adapun

efek yang ditimbulkan adalah proses pengeleman tidak memenuhi spesifikasi, sehingga *voice coil* menjadi seret dan pergerakan *voce coil* tidak sesuai spesifikasi.

13) Pengeleman *cone*, *spider* dan *voice coil* lama kering

Pengeleman lama kering karena adanya lem yang terlalu banyak juga dapat terjadi pada proses pengeleman *cone*, *spider* dan *voice coil*. Ketiga komponen ini memiliki keterkaitan sangat kuat pada proses mekanisme *speaker* menghasilkan suara. *Conepaper* memiliki pengaruh yang besar dalam penangkapan suara yang dihasilkan oleh pergerakan *voice coil*. Begitu juga untuk *spider*, dimana *spider* merupakan membrane tipis yang berfungsi untuk menopang pergerakan *speaker* saat membunyikan suara. Oleh karena itu, saat terdapat kerusakan pada salah satu komponen ini dapat mengakibatkan ketidaksesuaian suara yang dihasilkan oleh *speaker*. Dimana ketidaksesuaian suara tersebut disebabkan oleh pergerakan *voice coil* yang tidak memenuhi spesifikasi, misalnya terjadi suara gesekan antara *voice coil* dengan bagian *spider*.

14) Bentuk *yoke* dan *top plate* tidak bulat

Bentuk *yoke* dan *top plate* tidak sesuai spesifikasi (tidak bulat) akan mempengaruhi bentuk *assembly* dari *yoke* dan *top plate*. Bentuk *yoke* tidak bulat menyebabkan bentuk *magnet assy* tidak presisi, begitupun pada *top plate* yang menyebabkan bentuk *chassis assy* tidak presisi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi terhadap ukuran *yoke* dan *top plate* untuk mengurangi terjadinya *defect VCT*.

15) Tipe *center yoke* salah

Center yoke memiliki tipe masing-masing sesuai tipe *speaker*. Kesalahan tipe *center yoke* saat *assembly speaker* dapat menyebabkan *failure* berupa *gap* antara magnet dan *center yoke* tidak center. *Failure* ini disebabkan karena operator salah lihat tipe *center yoke*. Hal ini dapat disebabkan karena operator terburu-buru saat pergantian produksi tipe *speaker* yang lain. Oleh karena itu, perlu

dilakukan pengecekan dan persiapan komponen maupun perlengkapan dengan baik sebelum proses perakitan dimulai.

16) Lem masuk dalam *voice coil*

Proses pengeleman *voice coil* yang tidak dilakukan secara teliti dan benar akan menyebabkan resiko yang cukup berbahaya terhadap suara yang dihasilkan *speaker*. Terutama saat lem memasuki *voice coil*, dapat mengakibatkan *voice coil* menjadi seret dan pergerakan *voice coil* tidak sesuai spesifikasi. Lem dapat memasuki *voice coil* karena operator tidak menggunakan plastik pada ujung jarum, sehingga keluarnya lem tidak terkendali dan dapat masuk pada *voice coil*.

5.3 Analisis FMEA dari *Defect VCT*

FMEA merupakan salah satu *tools* yang efektif untuk mendeteksi terjadinya kegagalan (*failure*) suatu produk. Pada Perusahaan *Speaker*, VCT merupakan *defect* yang menjadi permasalahan utama. Hal ini dikarenakan *defect VCT* menjadi *defect* terbesar dibandingkan dengan *defect* yang lain, khususnya pada *Assembly Line 1*. Selain itu, *failure* pada *defect VCT* tersebut terjadi langsung pada komponen-komponen utama yang berfungsi untuk menghasilkan suara yakni *voice coil* dan magnet. *Voice coil* berinteraksi bersama magnet untuk menghasilkan getaran suara. Oleh karena itu, metode FMEA tersebut sangat tepat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kegagalan dari *defect VCT*. Dengan melakukan analisa FMEA, diharapkan dapat diketahui seberapa besar efek yang ditimbulkan maupun tingkat kegagalan yang terjadi pada *defect VCT*. Selain itu, pada FMEA dapat dilakukan penilaian *detection* yang membantu perusahaan untuk mengetahui tingkat kemampuan tindakan kontrol yang dilakukan perusahaan untuk mendeteksi kegagalan yang mungkin akan terjadi.

Sebelum analisa FMEA, maka terlebih dahulu dilakukan identifikasi *potential cause* yang menyebabkan terjadinya *failure mode*. Berdasarkan sub bab sebelumnya, Tabel 5.1 menunjukkan RCA dari *defect VCT* yang dilakukan dengan *5 why's method* untuk mengetahui akar penyebab *defect VCT*. Pada sub ini akan dilakukan analisa lebih detail terhadap terjadinya *defect VCT* dengan FMEA untuk melakukan penilaian terhadap masing-masing *failure mode* sesuai

dengan potensial cause yang didapatkan pada analisis RCA. untuk mengetahui tingkat resiko dan *effect* masing-masing *failure mode* dari *defect* VCT.

Pada FMEA akan diberikan nilai *severity*, *occurance* dan *detection* masing-masing kegagalan yang dilakukan oleh seseorang yang ahli dalam bidangnya, yakni pihak *Quality Assurance* Perusahaan. Perusahaan *speaker* telah melakukan penilaian FMEA dengan baik berdasarkan pengetahuan dan *experience* yang dimiliki selama menangani permasalahan *defect* pada *Assembly Line*. Masing-masing *rating* nilai yang diberikan untuk *severity*, *occurance* dan *detection* tidak hanya dilakukan oleh satu orang saja, melainkan hasil diskusi dari seluruh bagian *Quality Control* Perusahaan *Speaker*.

Pada kondisi eksisting, bagian *Quality Control* melakukan inspeksi pada saat proses *assembly* berjalan. Inspeksi ini disebut dengan *inprocess inspection*, yang mana dilakukan untuk setiap tipe yang diproduksi yang tercatat pada *form inprocess inspection*. *Inprocess inspection* dilakukan secara berurutan mulai dari proses awal hingga akhir. Adapun tujuan dilakukan inspeksi tersebut adalah untuk mengetahui hasil dari *assembly* komponen per proses dan *current control* dapat langsung dilakukan apabila terjadi kesalahan-kesalahan kecil pada *line*.

Berdasarkan adanya *inprocess control* yang dilakukan secara rutin tersebut, maka bagian *Quality Control* cukup memiliki pengalaman mengenai *failure-failure* yang berpotensi menyebabkan terjadinya produk *defect*. Oleh karena itu, penilaian terhadap *severity*, *occurance* dan *detection* pada analisa FMEA memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap kondisi yang terjadi pada *defect*, khususnya *defect* VCT. Maka dapat diartikan bahwa nilai yang tertulis pada FMEA berikut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Adapun FMEA dari *defect* VCT berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh pihak *Quality Control* dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 2 FMEA dari *Defect VCT*

Defect	Failure Mode	Failure Effect	Severity	Potential Causes	Occurance	Control	Detection	RPN
Voice Coil Touch (VCT)	Pemasangan <i>voice coil</i> tidak kuat pada <i>Voice Coil Gauge</i> (VCG)	Pergerakan <i>voice coil</i> tidak sesuai spesifikasi	4	Bentuk VCG tidak presisi (berbentuk oval)	6	Melakukan kalibrasi	7	168
	Pemasangan <i>voice coil</i> pada <i>spider</i> dan <i>conepaper</i> tidak center		4	Pemasangan VCG pada <i>yoke</i> tidak sempurna	6	Proses Pemasangan <i>voice coil</i> pada <i>spider</i> harus diputar 90° Posisi <i>voice coil wire</i> harus sejajar dengan terminal	7	168
	Pemasangan <i>voice coil</i> miring terhadap <i>yoke</i> dan <i>top plate</i>		4	Pemasangan VCG pada <i>yoke</i> tidak sempurna	6	Posisi <i>voice coil</i> harus center diantara lubang <i>yoke</i> dan <i>top plate</i>	7	168
	Pemasangan <i>voice coil</i> longgar		4	Pelepasan VCG tidak tegak lurus	7	Memastikan VCG harus diputar ketika proses pelepasan	7	196
	Celah antara <i>chassis assy</i> dan <i>magnet assy</i> tidak center		Hasil <i>assembly</i> komponen tidak sesuai spesifikasi	4	<i>Center yoke</i> tidak sesuai spesifikasi	6	Melakukan kalibrasi	7
		4		Lem AB belum kering ketika <i>center yoke</i> dilepas	6	Untuk mencegah kesalahan, dipasang pembatas	7	168

Tabel 5. 2 FMEA dari *Defect VCT* (Lanjutan)

Defect	Failure Mode	Failure Effect	Severity	Potential Causes	Occurance	Control	Detection	RPN
	Pemasangan <i>top plate</i> tidak center terhadap <i>chassis</i>		4	Lubang pin pada <i>chassis</i> terlalu besar	5	Jika terjadi permasalahan hasil proses, dilakukan <i>sliding test</i> dan <i>drop test</i>	7	140
	Pemasangan <i>spider</i> pada <i>chassis</i> tidak center	Hasil <i>assembly</i> komponen tidak sesuai spesifikasi	4	Pemahaman operator masih kurang	7	Proses Pemasangan <i>voice coil</i> pada <i>spider</i> harus diputar 90°	7	196
			Posisi <i>voice coil wire</i> harus sejajar dengan terminal					
	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i> dengan <i>center yoke</i> tidak rata		4	Operator tidak memutar magnet saat proses pengeleman	7	Pemasangan harus memutar 2x lingkaran	7	196
			Lem harus keluar min 1 mm dari ID magnet dan OD <i>yoke</i>					
	Pengeleman <i>magnet assy</i> dan <i>chassis assy</i> tidak rata		4	Operator tidak memutar <i>chassis assy</i> saat proses pengeleman	7	Pemasangan harus memutar 2x 1/2 lingkaran	7	196
			Lem harus keluar min 1 mm dari ID magnet dan OD <i>yoke</i>					

Tabel 5. 2 FMEA dari *Defect VCT* (Lanjutan)

Defect	Failure Mode	Failure Effect	Severity	Potential Causes	Occurance	Control	Detection	RPN
	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i> lama kering		4	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	7	Membuat display standar campuran warna lem	6	168
	Pengeleman <i>top plate</i> pada <i>chassis (chassis assy)</i> lama kering		4	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	7	Membuat display standar campuran warna lem	6	168
	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket lama kering	Hasil <i>assembly</i> komponen tidak sesuai spesifikasi	4	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	7	Membuat display standar campuran warna lem	6	168
	Pengeleman <i>cone, spider</i> dan <i>voice coil</i> lama kering		4	Komposisi lem AB tidak sesuai standart	7	Membuat display standar campuran warna lem	6	168
	Bentuk <i>yoke</i> dan <i>top plate</i> tidak bulat		4	<i>Top plate</i> dan <i>yoke</i> tidak disortir dengan teliti sebelum dibersihkan	5	Melakukan kalibrasi	7	140
	Tipe <i>center yoke</i> salah		4	Operator salah lihat tipe <i>center yoke</i>	7	Mengecek kesesuaian label pada <i>box</i> dengan <i>center yoke</i> yang digunakan	7	196
	Lem masuk dalam <i>voice coil</i>		Pergerakan <i>voice coil</i> terganggu	5	Pemahaman operator kurang	5	Ujung jarum harus menggunakan plastik	7

Berdasarkan analisa FMEA pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa nilai RPN tertinggi yang didapatkan adalah 196. Nilai RPN tertinggi menunjukkan akar penyebab paling kritis yang dapat menyebabkan adanya *defect*. Akar penyebab paling kritis ini nantinya digunakan sebagai acuan melakukan perbaikan. Adapun akar penyebab kritis dari *defect* VCT adalah sebagai berikut:

1. Pelepasan *voice coil gauge* tidak tegak lurus
2. Pemahaman operator masih kurang saat pemasangan *spider*
3. Operator tidak memutar magnet saat proses pengeleman
4. Operator tidak memutar *chassis assy* saat proses pengeleman
5. Operator salah lihat tipe *center yoke*

Masing-masing akar penyebab VCT dapat menyebabkan suatu *failure mode* dan menimbulkan *failure effect*. Oleh karena itu perlu dilakukan current control untuk meminimalisasi terjadinya failure. Adapun *failure mode*, *failure effect* maupun *current control* untuk *defect* VCT dapat dilihat pada Tabel 5.3 Nilai RPN 196 pada kelima akar penyebab *defect* VCT didapatkan dari pemberian rating 4 untuk *severity*, *occurance* dan *detection* masing-masing memiliki rating 7.

Berdasarkan Tabel 5.3, berikut akan dilakukan analisis lebih detail terhadap perolehan nilai RPN yang berasal dari *severity*, *occurance* dan *detection*:

- 1) Pelepasan *voice coil gauge* (VCG) tidak tegak lurus menyebabkan terjadinya *failure mode* berupa *voice coil* longgar.
 - *Severity*: *Rating* untuk *severity* sebesar 4 menunjukkan *failure* yang menimbulkan efek yang sangat rendah dan produk yang mengalami *failure* dapat *rework*. *Rating* yang diberikan sudah sesuai karena kerusakan *voice coil* (longgar) masih dapat dilakukan *rework*.
 - *Occurance*: Pemberian nilai *occurance* sebesar 7 menunjukkan probabilitas kegagalan yang tinggi terhadap suatu *failure*. *Rating* yang diberikan tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Berdasarkan kondisi eksisting pada *assembly line* 1, masih banyak operator yang belum menjalankan SOP dengan baik saat melakukan pekerjaannya. Hal ini menjadi pemicu terjadinya *failure* pada *voice coil*. SOP pelepasan yang benar adalah operator harus memutar VCG terlebih dahulu. Saat operator kurang memahami SOP dengan baik, maka kemungkinan besar yang dapat

terjadi adalah operator tidak memutar VCG saat pencabutan. Oleh karena itu, probabilitas untuk *failure* ini akan semakin tinggi.

- *Detection*: Pemberian *rating detection* sebesar 7 menunjukkan probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan sebelum dampak dari efek terjadi. Hal ini berarti bahwa metode atau *control* yang dilakukan memiliki probabilitas sangat rendah untuk mampu mendeteksi tingkat kegagalan yang terjadi. Adapun kontrol yang dapat dilakukan adalah memastikan bahwa operator memutar VCG saat proses pencabutan. Dimana kontrol tersebut sangat sulit untuk dilakukan berhubungan dengan *manpower* atau operator. Selain itu, pada *assembly line 1* belum dilakukan pengawasan terhadap kinerja operator, sehingga sangat kecil kemungkinan *control* tersebut dapat dilakukan dengan baik.
- 2) Operator kurang memahami cara pemasangan *spider* dengan benar, sehingga menyebabkan terjadinya *failure mode* berupa pemasangan *spider* tidak *center* pada *chassis*.
- *Severity*: *Rating* untuk *severity* sebesar 4 menunjukkan *failure* yang menimbulkan efek yang sangat rendah dan produk yang mengalami *failure* dapat *rework*. *Rating* yang diberikan sudah sesuai karena kerusakan *spider* yang tidak *center* pada *chassis* masih dapat *rework* yaitu dengan melakukan pemasangan ulang.
 - *Occurance*: Pemberian nilai *occurance* sebesar 7 menunjukkan probabilitas kegagalan yang tinggi terhadap suatu *failure*. *Rating* yang diberikan tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Berdasarkan kondisi eksisting pada *assembly line 1*, pemahaman operator yang bertugas memasang *spider* pada *chassis* masih kurang. Hal ini dapat dilihat dari kecepatan dan ketepatan operator saat pemasangan *spider* yang belum dapat dilakukan dengan cepat dan benar.
 - *Detection*: Pemberian *rating detection* sebesar 7 menunjukkan probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan sebelum dampak dari efek terjadi. Hal ini berarti bahwa metode atau *control* yang dilakukan memiliki probabilitas sangat rendah untuk mampu mendeteksi tingkat

kegagalan yang terjadi. Adapun kontrol yang dilakukan adalah pemasangan *voice coil* pada spider harus diputar 90°. Konveyor yang berjalan cepat menyebabkan operator menjadi panik dan terburu-buru saat pemasangan *voice coil* dan *spider* pada *chassis*. Maka yang akan terjadi adalah operator tidak terlalu memfokuskan pada pemutaran *voice coil* 90° pada *spider*. Hal ini menjadi salah satu faktor tingkat kesulitan yang tinggi untuk melakukan kontrol dengan baik.

3) Operator tidak memutar magnet saat pengeleman magnet dan *yoke* menyebabkan terjadinya *failure mode* berupa pengeleman magnet dan *yoke* tidak rata

- *Severity: Rating* untuk *severity* sebesar 4 menunjukkan *failure* yang menimbulkan efek yang sangat rendah dan produk yang mengalami *failure* dapat *rework*. *Rating* yang diberikan sudah sesuai karena masih dapat dilakukan *rework* dengan melakukan pengeleman ulang.
- *Occurance*: Pemberian nilai *occurance* sebesar 7 menunjukkan probabilitas kegagalan yang tinggi terhadap suatu *failure*. *Rating* yang diberikan tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Berdasarkan kondisi eksisting pada *assembly line* 1, operator tidak memutar magnet saat pengeleman magnet dan *yoke*. Hal ini terjadi karena operator belum menjalankan SOP dengan baik saat melakukan pekerjaannya. Selain itu, pada *assembly line* 1 belum dilakukan pengawasan terhadap kinerja operator. Hal ini menyebabkan tingginya probabilitas terjadinya kegagalan.
- *Detection*: Pemberian *rating detection* sebesar 7 menunjukkan probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan sebelum dampak dari efek terjadi. Hal ini berarti bahwa metode atau *control* yang dilakukan memiliki probabilitas sangat rendah untuk mampu mendeteksi tingkat kegagalan yang terjadi. Adapun kontrol yang dilakukan adalah memutar magnet dengan *yoke* 2x lingkaran. Hal ini dilakukan agar lem dapat keluar merata sesuai standar yaitu minimal 1 mm dari ID magnet dan 1 mm dari OD magnet. Pelaksanaan kontrol ini membutuhkan kerjasama dengan

operator, yakni memberikan himbauan agar operator selalu memperhatikan SOP saat melakukan proses pengeleman. Saat operator tidak menjalankan SOP dengan baik dan benar maka kontrol ini akan sulit untuk dilakukan.

4) Operator tidak memutar *chassis assy* saat pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy* menyebabkan terjadinya *failure mode* berupa pengeleman magnet dan *yoke* tidak rata

- *Severity: Rating* untuk *severity* sebesar 4 menunjukkan *failure* yang menimbulkan efek yang sangat rendah dan produk yang mengalami *failure* dapat *rework*. *Rating* yang diberikan sudah sesuai karena masih dapat dilakukan *rework* dengan melakukan pengeleman ulang.
- *Occurance*: Pemberian nilai *occurance* sebesar 7 menunjukkan probabilitas kegagalan yang tinggi terhadap suatu *failure*. *Rating* yang diberikan tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Berdasarkan kondisi eksisting pada *assembly line* 1, operator tidak memutar *chassis assy* saat pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy*. Hal ini terjadi karena operator belum menjalankan SOP dengan baik saat melakukan pekerjaannya. Selain itu, pada *assembly line* 1 belum dilakukan pengawasan terhadap kinerja operator. Hal ini menyebabkan tingginya probabilitas terjadinya kegagalan.
- *Detection*: Pemberian *rating detection* sebesar 7 menunjukkan probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan sebelum dampak dari efek terjadi. Hal ini berarti bahwa metode atau *control* yang dilakukan memiliki probabilitas sangat rendah untuk mampu mendeteksi tingkat kegagalan yang terjadi. Adapun kontrol yang dilakukan saat pemasangan adalah sebanyak 2x 1/2 lingkaran. Hal ini dilakukan agar lem dapat keluar merata sesuai standar yaitu minimal 1 mm dari ID magnet dan 1 mm dari OD magnet. Pelaksanaan kontrol ini membutuhkan kerjasama dengan operator, yakni memberikan himbauan agar operator selalu memperhatikan SOP saat melakukan proses pengeleman. Saat operator

tidak menjalankan SOP dengan baik dan benar maka kontrol ini akan sulit untuk dilakukan

5) Operator salah lihat tipe *center yoke* menyebabkan terjadinya *failure mode* berupa terjadinya kesalahan pada tipe *center yoke*

- *Severity: Rating* untuk *severity* sebesar 4 menunjukkan *failure* yang menimbulkan efek yang sangat rendah dan produk yang mengalami *failure* dapat *dirework*.
- *Occurance*: Pemberian nilai *occurance* sebesar 7 menunjukkan probabilitas kegagalan yang tinggi terhadap suatu *failure*. *Rating* yang diberikan tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang ada. Berdasarkan kondisi eksisting pada *assembly line* 1, operator kurang teliti saat pengambilan *center yoke*, sehingga terjadi kesalahan tipe *center yoke*.
- *Detection*: Pemberian *rating detection* sebesar 7 menunjukkan probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan sebelum dampak dari efek terjadi. Hal ini berarti bahwa metode atau *control* yang dilakukan memiliki probabilitas sangat rendah untuk mampu mendeteksi tingkat kegagalan yang terjadi. Adapun kontrol yang dilakukan saat pengambilan *center yoke* adalah mengecek kesesuaian label pada *box* dengan *center yoke* yang digunakan. Pelaksanaan kontrol ini cukup sederhana dan mudah untuk dilakukan. Namun terkadang operator tidak melakukan dengan baik karena beberapa hal, misalnya terburu-buru atau lupa. Selain itu, penyebab lain yang sulit dihindari adalah operator tidak fokus (salah baca keterangan tipe) saat mengambil *center yoke* dari *box*

5.4 Rekomendasi Perbaikan

Pada analisis sebelumnya, telah didapatkan *Risk Priority Number (RPN)* dari masing-masing akar penyebab. Semakin tinggi nilai RPN, menunjukkan semakin tinggi pula resiko yang ditimbulkan. Nilai RPN tertinggi akan menjadi perhatian utama untuk dilakukan perbaikan. Berdasarkan hasil analisis FMEA, terdapat beberapa alternatif perbaikan yang dapat dilakukan, diantaranya sebagai berikut:

1. Pengadaan *upgrading* secara berkala, penerapan sistem *reward* dan *punishment* serta pengawasan terhadap kinerja operator

Pada kondisi eksisting, perusahaan sudah melaksanakan *on the job training* kepada setiap pekerja atau operator baru untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan melakukan pekerjaan sesuai standar yang ada. Adapun standar yang dimaksud adalah Standar Operasional Prosedur (SOP). Perusahaan *Speaker Amatan* sudah memiliki SOP yang baik dan sistematis, serta mudah dimengerti. SOP merupakan suatu panduan yang berisi tentang prosedur atau tata cara melakukan suatu pekerjaan dari awal hingga akhir dengan baik dan benar. Adapun tujuan penyusunan SOP pada perusahaan adalah untuk memberikan standar kepada pekerja atau operator untuk mencapai suatu kualitas tertentu yang harus dipenuhi saat melakukan pekerjaan. Selain itu, adanya SOP tersebut dapat menjadikan operator lebih mudah dan tertib selama bekerja.

Namun dalam penerapan SOP tersebut tidak mudah untuk dilakukan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, terutama *mindset* dari tiap individu yang belum mengetahui pentingnya melakukan pekerjaan sesuai dengan SOP. Selain itu, jenis pekerjaan juga berpengaruh terhadap kepatuhan operator dalam melaksanakan SOP dengan baik. Misalnya jenis pekerjaan yang berulang (*repetitive*) cenderung membuat operator cepat bosan dan jenuh dalam bekerja, sehingga akan menyebabkan terjadinya *human error*. Akibatnya, saat operator mengalami *human error* maka operator tidak menjalankan pekerjaan dengan baik sesuai SOP yang ada.

Pada kondisi eksisting perusahaan, *Assembly process* yang dilakukan pada Perusahaan *Speaker* adalah jenis pekerjaan yang berulang (*repetitive work*). Berdasarkan analisa RPN yang dilakukan pada analisa FMEA, *defect VCT* secara garis besar disebabkan oleh *potential cause* berupa pemasangan komponen oleh operator yang tidak sesuai spesifikasi. Adapun *potential cause* dari *defect VCT* yang disebabkan oleh kesalahan operator dalam pemasangan adalah pelepasan VCG tidak dilakukan secara tegak lurus, magnet tidak diputar saat pengeleman magnet dan *yoke* dan *chassis assy* tidak diputar saat pengeleman *magnet assy* dan *chassis assy*.

Berdasarkan akar penyebab tersebut, maka rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mereduksi *defect* VCT adalah mengadakan suatu *upgrading* secara berkala. Pelaksanaan *upgrading* dapat dilakukan selama 4 bulan sekali. Adapun bentuk *upgrading* yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

a) *Upgrading 1*

Upgrading 1 bertujuan untuk menumbuhkan kesadaran pekerja mengenai kondisi perusahaan. Pelaksanaan *upgrading* pertama ini dimulai dengan pemaparan kondisi perusahaan saat ini, dan dilanjutkan dengan pemaparan pencapaian *Assembly Line 1* selama 2 tahun terakhir dalam pemenuhan *demand customer* maupun persentase kontribusi (peran) operator dalam menyumbangkan profit bagi perusahaan. Selain itu, dilakukan pemaparan produk *defect* yang dihasilkan serta besar kerugian yang dikeluarkan Perusahaan untuk melakukan *rework* akibat terjadinya *defect* pada *Assembly Line 1*. Dalam *upgrading* juga dilakukan *sharring session* untuk membahas faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *defect product*. Adapun *output* dari pelaksanaan *upgrading* ini adalah untuk menciptakan kesadaran operator akan pentingnya mengerjakan pekerjaan sesuai dengan SOP dan sebagai apresiasi kepada operator atas kerja kerasnya yang sudah memberikan kontribusi yang besar terhadap profit yang didapatkan Perusahaan.

b) *Upgrading 2*

Dilakukan dalam bentuk *personal training* untuk meningkatkan kedisiplinan operator akan kepatuhan SOP. Adapun pelaksanaan *personal training* tersebut dapat dilakukan dengan *review* pekerjaan yang sesuai dengan SOP. Pelaksanaan *personal training* ini dilakukan oleh kepala produksi diikuti dengan pelaksanaan langsung oleh operator.

c) *Upgrading 3*

Upgrading 3 ini dapat dilakukan setiap akhir tahun bertujuan untuk mengembalikan semangat operator, meningkatkan rasa tanggung jawab bersama, dan melatih kekompakan antar operator. *Upgrading* ini dapat dilakukan dalam bentuk *outbond* yang berisi *game-game* secara

berkelompok. Adapun *Output* dari *outbond* yang dilakukan yaitu menumbuhkan *mindset* setiap individu untuk senantiasa saling mengingatkan satu sama lain dan menumbuhkan rasa tanggung jawab bersama guna mencapai kinerja yang lebih bagus.

Pelaksanaan *upgrading* sebaiknya dilakukan secara rutin namun dengan porsi yang sesuai kebutuhan. Terutama pelaksanaan *upgrading* 1, sangat penting dilakukan pemaparan *track record* secara kontinyu agar operator selalu mengetahui perkembangan perusahaan apakah mengalami peningkatan atau penurunan. Selain pelaksanaan *upgrading*, dapat dilakukan penerapan sistem *reward* dan *punishment* untuk meningkatkan semangat kerja operator. Salah satu bentuk *reward* yang diberikan adalah berupa pemberian insentif atau bonus kepada operator yang memiliki kinerja bagus dan menguntungkan perusahaan. Sedangkan *punishment* akan diberikan kepada operator yang melakukan kesalahan dan kerugian perusahaan.

Pemberian insentif atau bonus sebagai *reward* mampu menumbuhkan motivasi pekerja untuk meningkatkan performansinya dalam melaksanakan tugasnya. Dalam hal ini dapat diartikan bahwa operator dimotivasi oleh uang untuk melaksanakan pekerjaan dengan semaksimal mungkin. Menurut Wignjosoebroto (2006), kebijaksanaan dalam pemberian insentif yang efektif adalah diberikan sekurang-kurangnya 20% dari gaji pokok. Pemberian insentif tersebut dapat dibayarkan setiap minggu atau setiap bulan. Jika diasumsikan bahwa gaji pokok operator *assembly speaker* adalah Rp. 4.000.000, 00. Maka besarnya insentif yang diberikan sebagai *reward* adalah sebesar Rp. 800.000, 00, sehingga bagi operator yang mendapatkan *reward* akan menerima upah sebesar Rp. 4.800.000, 00 dalam satu bulan.

Reward berupa pemberian insentif hanya diberikan kepada operator-operator yang berprestasi. Sementara waktu, awal penerapan sistem *reward* ini diberikan untuk operator yang bekerja dengan baik sesuai SOP sebagai bentuk inisiasi adanya sistem penghargaan yang dapat membangkitkan semangat kerja operator. Setelah sistem ini berjalan dengan baik dalam jangka waktu tertentu, maka perlu dilakukan perubahan syarat untuk mendapatkan *reward*.

Misalnya *reward* hanya diberikan saat operator melakukan kesalahan yang menyebabkan produk *defect* maksimal 1% dalam satu bulan.

Kemudian, sistem *punishment* akan diberikan kepada operator yang melakukan kesalahan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Saat operator melakukan satu kali kesalahan pertama, maka operator akan diberi Surat Peringatan (SP) sebagai bentuk *warning* agar tidak melakukan kesalahan-kesalahan selanjutnya. Apabila operator masih mengulang kesalahan yang sama maka perlu dilakukan tindakan lebih lanjut berupa pemberian sanksi kepada operator yang bersangkutan.

Selain itu, perusahaan sebaiknya melakukan pengawasan atau kontroling secara langsung terhadap kinerja operator. Hasil penilaian yang telah didapatkan ini nantinya yang akan menjadi bahan pertimbangan untuk pemberian *reward* dan *punishment* kepada operator. Adanya pengawasan secara langsung pada *Assembly Line* dapat membuat operator merasa takut dan tertib saat bekerja karena merasa sedang diawasi.

2. Melakukan persiapan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum *assembly process* dimulai

Pada *Assembly line 1*, terdapat beberapa jenis dan tipe *speaker* yang di *assembly*. Dalam satu hari produksi, *Assembly line 1* bisa melakukan proses *assembly* berkali-kali sesuai *demand* yang diminta konsumen. Hal ini tentunya membutuhkan beberapa persiapan, misalnya persiapan komponen dan perlengkapan setiap kali pergantian tipe *speaker* yang akan di *assembly*. Persiapan segala kebutuhan ini digunakan sebagai tindakan *preventive maintenance* untuk mencegah terjadinya produk *defect*.

Adapun beberapa persiapan yang perlu dilakukan sebelum proses *assembly* dimulai adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan seluruh komponen *speaker* dengan baik dan teliti sebelum proses *assembly* dimulai sesuai tipe *speaker* yang akan dirakit. Adapun beberapa komponen utama *speaker* yang harus dipersiapkan dengan baik adalah:
 - a) Magnet dan *yoke*

Dipersiapkan jenis dan tipe magnet dan *yoke* yang akan digunakan sesuai tipe *speaker* yang akan diassembly. Selain itu, dilakukan penyortiran guna untuk memisahkan saat terdapat magnet maupun *yoke* yang tidak sesuai standar.

b) *Voice coil*

Melakukan pengambilan hasil lilitan *voice coil* dari *Voice coil line* sesuai dengan ukuran atau tipe *speaker*. Selain itu, melakukan pemasangan *voice coil* pada VCG sebelum *assembly process* dimulai agar saat *assembly* sudah berjalan, operator tidak buru-buru memasang *voice coil* pada VCG saat proses sudah berlangsung. Kemudian meletakkan *voice coil* yang telah terpasang VCG tersebut ke suatu wadah dan didekatkan dengan stasiun kerja pemasangan *voice coil*.

c) *Spider* dan *conepaper*

Mempersiapkan *spider* dan *conepaper* dengan cara mengambil dari kotak. Selanjutnya meletakkan *spider* dan *conepaper* ke suatu multiplek dan ditempatkan di dekat stasiun kerja untuk pemasangan *spider* dan *conepaper*.

d) *Chassis*

Mempersiapkan *chassis* dengan cara meletakkan *chassis* pada multiplek dan mendekati multiplek di sebelah stasiun kerja pengelingan *chassis*.

e) *Top plate*

Mempersiapkan *top plate* sesuai dengan tipe *speaker* yang akan diassembly. Kemudian dilakukan penyortiran untuk memisahkan *top plate* yang tidak sesuai standar atau spesifikasi dan meletakkan ke dekat stasiun kerja pembersihan *top plate*.

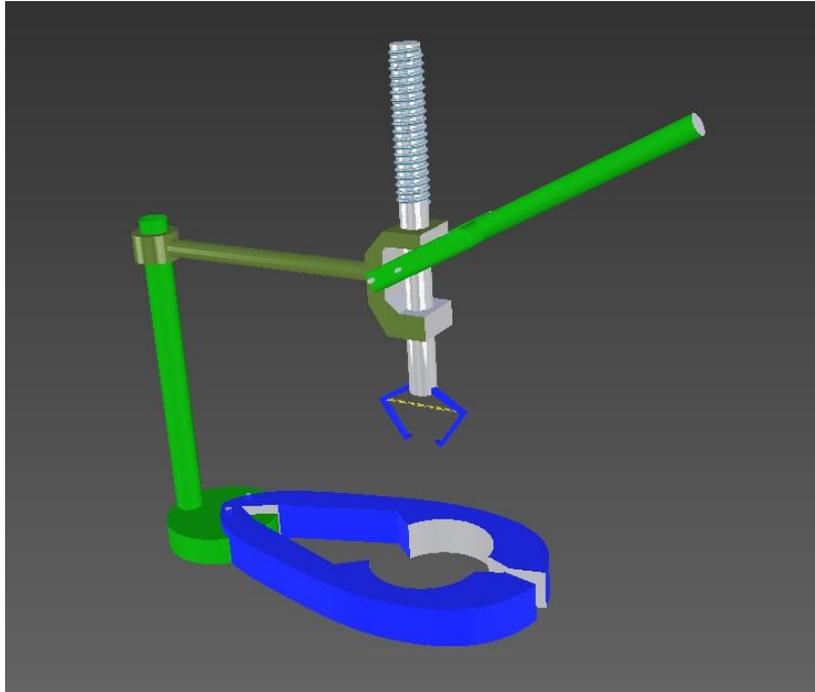
- 2) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pembersihan magnet, *yoke* maupun *top plate* seperti air, kanebo dan sikat serta kain pembersih lainnya.

- 3) Menyiapkan *Voice Coil Gauge* (VCG) sesuai dengan ukuran *voice coil* yang telah dililit oleh *voice coil line*. Selanjutnya melakukan pemasangan *voice coil* ke VCG
 - 4) Menyiapkan *center yoke* sesuai dengan tipe *speaker* dengan baik dan teliti pada saat membaca tulisan pada *box* untuk menghindari kesalahan tipe *center yoke*
3. Menggunakan alat pencabut *Voice Coil Gauge* (VCG)

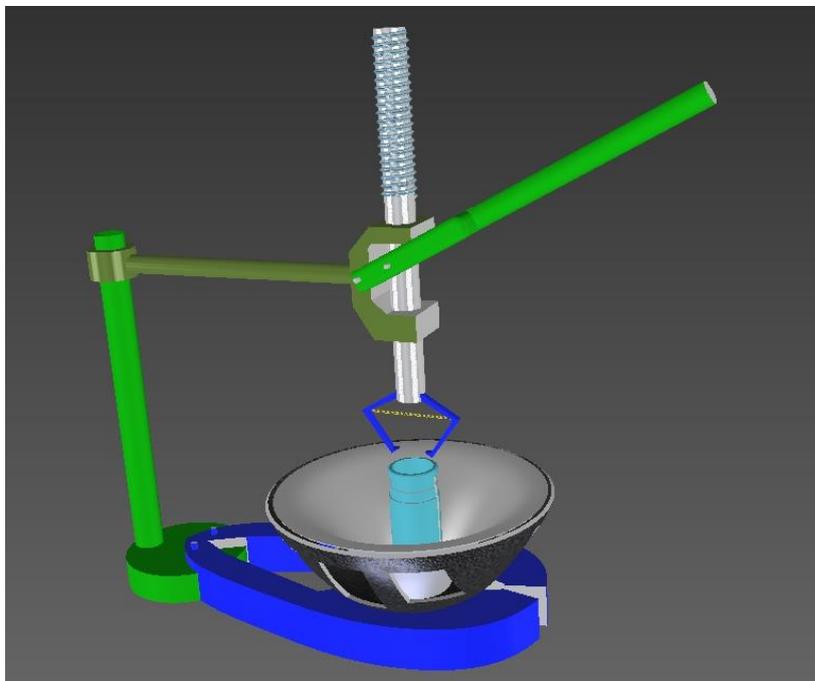
Pada kondisi eksisting perusahaan *speaker*, proses pencabutan VCG dilakukan dengan tangan operator secara manual. Pencabutan VCG dari *voice coil* yang tidak tepat atau tidak tegak tegak lurus dapat menyebabkan kerusakan pada lilitan *voice coil*. Kerusakan yang terjadi yaitu *voice coil* menjadi longgar. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan yang diberikan adalah membuat suatu alat yang dapat mencabut VCG. Alat pencabut VCG yang diusulkan terinspirasi dari alat press tutup botol seperti pada Gambar 5.22. Dimana prinsip kerjanya sama, namun terdapat modifikasi pada bagian penjepit VCG dan adanya penambahan penjepit *chassis* seperti pada Gambar 5.23. Penambahan penjepit *chassis* berfungsi untuk menjepit *chassis* saat pencabutan VCG agar *chassis* tidak goyang.



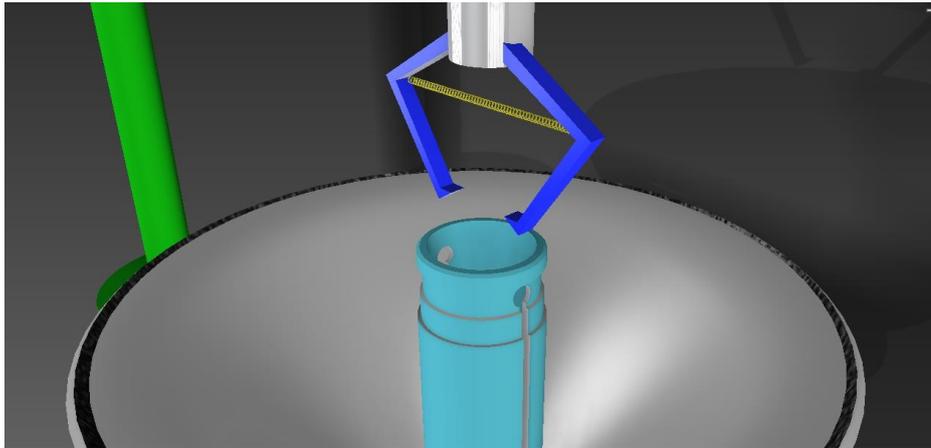
Gambar 5. 22 Alat Press Tutup Botol



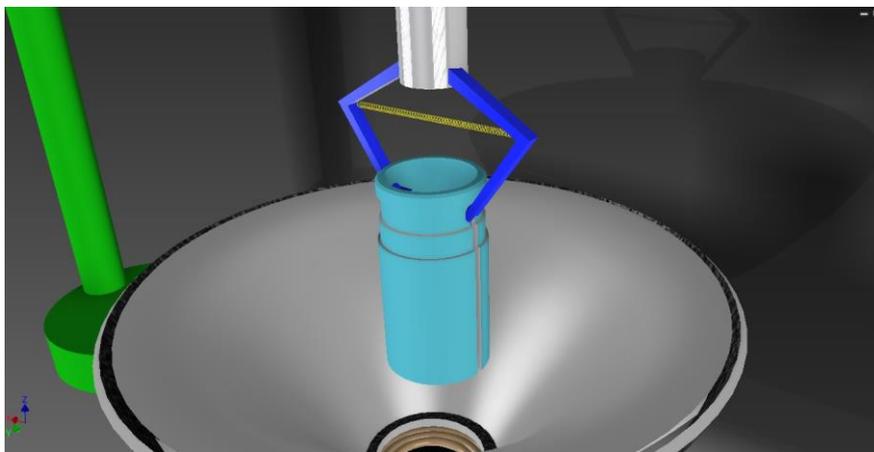
Gambar 5. 23 Alat Pencabut VCG



Gambar 5. 24 Penggunaan Alat Pencabut VCG



Gambar 5. 25 Detail Gambar Penjepit VCG



Gambar 5. 26 Detail Gambar Proses Penjepitan VCG

Pengoperasian alat pencabut VCG dilakukan oleh operator dalam posisi duduk pada sebuah kursi yang disesuaikan dengan dimensi antropometri tubuh operator agar operator dalam keadaan yang ergonomis. Pertama, dilakukan perancangan dimensi kursi dan meja sesuai dimensi tubuh operator. Maka selanjutnya dilakukan perancangan dimensi alat pencabut VCG yang sesuai dengan dimensi antropometri manusia atau operator. Menurut Wignjosoebroto (2006), antropometri adalah studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkaran tubuh, panjang tungkai dan sebagainya. Antropometri digunakan untuk berbagai keperluan, seperti perancangan stasiun kerja, fasilitas kerja, dan desain produk agar diperoleh ukuran-ukuran yang sesuai dan layak dengan

dimensi anggota tubuh manusia yang akan menggunakannya. Adapun dimensi antropometri tubuh manusia dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia

Dimensi	Keterangan	Definisi
D1	Tinggi tubuh	Jarak vertikal dari lantai ke bagian paling atas kepala.
D2	Tinggi mata	Jarak vertikal dari lantai ke bagian luar sudut mata kanan
D3	Tinggi bahu	Jarak vertikal dari lantai ke bagian atas bahu kanan (<i>acromion</i>) atau ujung tulang bahu kanan
D4	Tinggi siku	Jarak vertikal dari lantai ke titik terbawah di sudut siku bagian kanan
D5	Tinggi pinggul	Jarak vertikal dari lantai ke bagian pinggul kanan.
D6	Tinggi tulang ruas	Jarak vertikal dari lantai ke bagian tulang ruas/buku jari tangan kanan (<i>metacarpals</i>)
D7	Tinggi ujung jari	Jarak vertikal dari lantai ke ujung jari tengah tangan kanan (<i>dactylon</i>)
D8	Tinggi dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian paling atas kepala.
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian luar sudut mata kanan.
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian atas bahu kanan.
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian bawah lengan bawah tangan kanan.
D12	Tebal paha	Jarak vertikal dari alas duduk ke bagian paling atas dari paha kanan.
D13	Panjang lutut	Jarak horizontal dari bagian belakang pantat (pinggul) ke bagian depan lutut kaki kanan.

Tabel 5. 4 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia (Lanjutan)

Dimensi	Keterangan	Definisi
D14	Panjang popliteal	Jarak horizontal dari bagian belakang pantat (pinggul) ke bagian belakang lutut kanan.
D15	Tinggi lutut	Jarak vertikal dari lantai ke tempurung lutut kanan.
D16	Tinggi popliteal	Jarak vertikal dari lantai ke sudut popliteal yang terletak di bawah paha, tepat di bagian belakang lutut kaki kanan.
D17	Lebar sisi bahu	Jarak horizontal antara sisi paling luar bahu kiri dan sisi paling luar bahu kanan.
D18	Lebar bahu bagian atas	Jarak horizontal antara bahu atas kanan dan bahu atas kiri.
D19	Lebar pinggul	Jarak horizontal antara sisi luar pinggul kiri dan sisi luar pinggul kanan.
D20	Tebal dada	Jarak horizontal dari bagian belakang tubuh ke bagian dada untuk subyek laki-laki atau ke bagian buah dada untuk subyek wanita.
D21	Tebal perut	Jarak horizontal dari bagian belakang tubuh ke bagian yang paling menonjol di bagian perut.
D22	Panjang lengan atas	Jarak vertikal dari bagian bawah lengan bawah kanan ke bagian atas bahu kanan.
D23	Panjang lengan bawah	Jarak horizontal dari lengan bawah diukur dari bagian belakang siku kanan ke bagian ujung dari jari tengah.
D24	Panjang rentang tangan ke depan	Jarak dari bagian atas bahu kanan (<i>acromion</i>) ke ujung jari tengah tangan kanan dengan siku dan pergelangan tangan kanan lurus.
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	Jarak dari bagian atas bahu kanan (<i>acromion</i>) ke pusat batang silinder yang digenggam oleh tangan kanan, dengan siku dan pergelangan tangan lurus

Tabel 5. 3 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia (Lanjutan)

Dimensi	Keterangan	Definisi
D26	Panjang kepala	Jarak horizontal dari bagian paling depan dahi (bagian tengah antara dua alis) ke bagian tengah kepala.
D27	Lebar kepala	Jarak horizontal dari sisi kepala bagian kiri ke sisi kepala bagian kanan, tepat di atas telinga.
D28	Panjang tangan	Jarak dari lipatan pergelangan tangan ke ujung jari tengah tangan kanan dengan posisi tangan dan seluruh jari lurus dan terbuka.
D29	Lebar tangan	Jarak antara kedua sisi luar empat buku jari tangan kanan yang diposisikan lurus dan rapat.
D30	Panjang kaki	Jarak horizontal dari bagian belakang kaki (tumit) ke bagian paling ujung dari jari kanan.
D31	Lebar kaki	Jarak antara kedua sisi paling luar kaki.
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	Jarak maksimum ujung jari tengah tangan kanan ke ujung jari tengah tangan kiri.
D33	Panjang rentangan siku	Jarak yang diukur dari ujung siku tangan kanan ke ujung siku tangan kiri.
D34	Tinggi genggam tangan ke atas dalam posisi berdiri	Jarak vertikal dari lantai ke pusat batang silinder (<i>centre of a cylindrical rod</i>) yang digenggam oleh telapak tangan kanan.
D35	Tinggi genggam ke atas dalam posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk ke pusat batang silinder.

Tabel 5. 3 Dimensi Antropometri Tubuh Manusia (Lanjutan)

Dimensi	Keterangan	Definisi
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	Jarak yang diukur dari bagian belakang bahu kanan (tulang belikat) ke pusat batang silinder yang digenggam oleh telapak tangan kanan.

Sumber: Wignjosoebroto, 2006

Operator yang bekerja pada *Assembly Line* rata-rata memiliki tinggi dan ukuran tubuh yang sama antar operator satu dengan operator yang lainnya. Oleh karena itu, kursi yang disediakan untuk operator didasarkan pada ukuran antropometri tubuh dengan persentil 50-th. Tabel 5.4 merupakan data antropometri Indonesia yang dapat digunakan sebagai acuan membuat ukuran kursi ergonomis dengan penggunaan persentil.

Tabel 5. 5 Data Antropometri Indonesia

Dimensi	Keterangan	5 th	50 th	95 th	SD
D1	Tinggi tubuh	117.54	152.58	187.63	21.3
D2	Tinggi mata	108.24	142.22	176.2	20.66
D3	Tinggi bahu	96.6	126.79	156.99	18.36
D4	Tinggi siku	73.13	95.65	118.17	13.69
D5	Tinggi pinggul	55.33	87.3	119.27	19.43
D6	Tinggi tulang ruas	48.58	66.51	84.44	10.9
D7	Tinggi ujung jari	40.56	60.39	80.21	12.05
D8	Tinggi dalam posisi duduk	60.93	78.1	95.28	10.44
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	51.11	67.89	84.68	10.2
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	37.75	54.89	72.03	10.42
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	10.84	24.65	38.47	8.4
D12	Tebal paha	3.75	14.7	25.65	6.66

Tabel 5. 4 Data Antropometri Indonesia (Lanjutan)

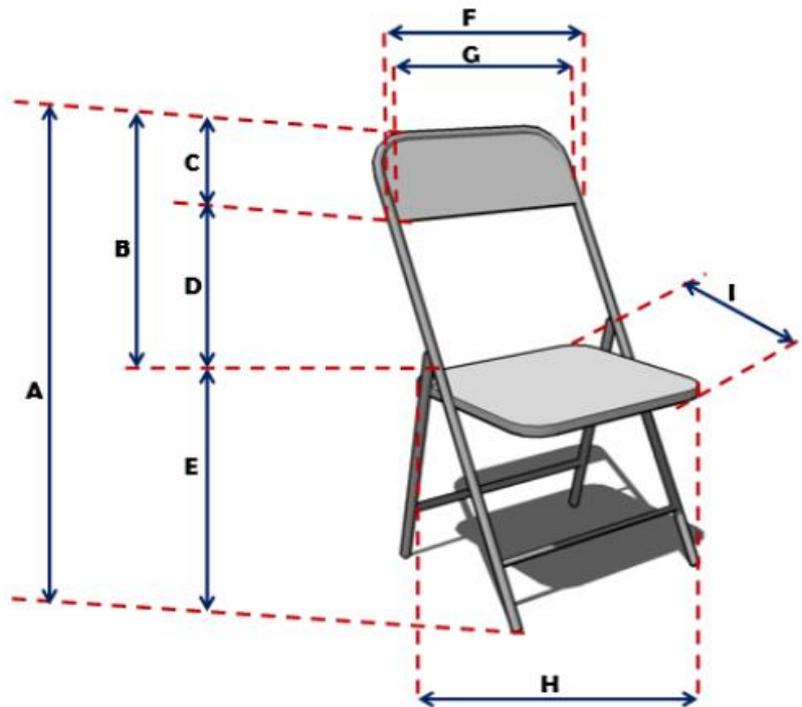
Dimensi	Keterangan	5 th	50 th	95 th	SD
D13	Panjang lutut	37.72	49.9	62.08	7.41
D14	Panjang popliteal	30.1	39.88	49.65	5.94
D15	Tinggi lutut	36.16	48.12	60.08	7.27
D16	Tinggi popliteal	31.03	40.07	49.1	5.49
D17	Lebar sisi bahu	26.35	38.75	51.16	7.54
D18	Lebar bahu bagian atas	15.44	31.32	47.19	9.65
D19	Lebar pinggul	21.65	32.32	43	6.49
D20	Tebal dada	9.73	19.22	28.71	5.77
D21	Tebal perut	11.02	20.58	30.14	5.81
D22	Panjang lengan atas	21.85	32.04	42.23	6.2
D23	Panjang lengan bawah	26.66	40.53	54.4	8.43
D24	Panjang rentang tangan ke depan	48.36	66.18	84	10.83
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	43.75	56.72	69.7	7.89
D26	Panjang kepala	10.77	17.91	25.05	4.34
D27	Lebar kepala	12.47	16.05	19.64	2.18
D28	Panjang tangan	11.64	17.05	22.47	3.29
D29	Lebar tangan	3.69	9.43	15.17	3.49
D30	Panjang kaki	14.59	22.73	30.87	4.95
D31	Lebar kaki	6.29	9.14	11.98	1.73
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	111.41	152.71	194	25.1
D33	Panjang rentangan siku	57.17	79.88	102.59	13.81
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri	138.32	185.76	233.2	28.84

Tabel 5. 4 Data Antropometri Indonesia (Lanjutan)

Dimensi	Keterangan	5 th	50 th	95 th	SD
D35	Tinggi genggam ke atas dalam posisi duduk	80.24	113.42	146.61	20.17
D36	Panjang genggam tangan ke depan	45.52	64.51	83.5	11.54

Sumber: Antropometri Indonesia, 2018

Berdasarkan data antropometri Indonesia, terdapat desain rancangan kursi ergonomis yang disesuaikan dengan dimensi persentil 50-th dapat dilihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5. 27 Ukuran Kursi Ergonomis Antropometri Indonesia (2018)

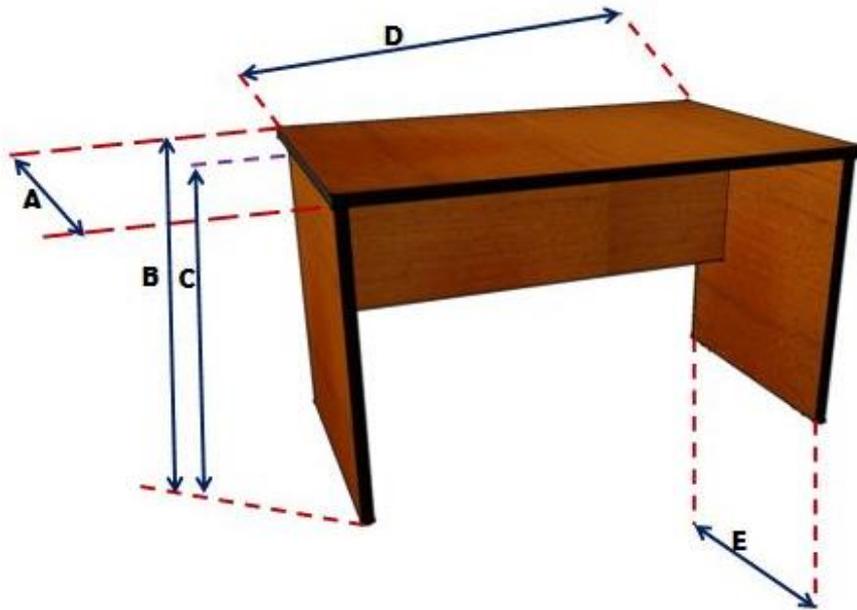
Adapun dimensi kursi ergonomis berdasarkan Gambar 5.27 dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 6 Dimensi Kursi Ergonomis Persentil 50-th

Simbol	Bagian Kursi	Simbol Dimensi	Nilai 50-th	Ukuran Allowance
A	Tinggi kursi dari lantai	D10	98.96 cm	4 cm
		D16		
B	Tinggi bahu dari alas duduk pada lantai	D10	54.89 cm	-
C	Tinggi sisi bahu sampai bagian atas dari sandaran tangan pada kursi	D22	32.04 cm	-
D	Tinggi bagian atas dari sandaran tangan hingga alas duduk pada kursi	D11	24.65 cm	-
E	Tinggi alas duduk kursi dari lantai	D16	44.07 cm	4 cm
F	Lebar sisi bahu pada kursi	D17	48.75 cm	10 cm
G	Lebar bahu bagian atas pada kursi	D18	41.32 cm	10 cm
H	Lebar alas duduk pada kursi	D19	42.32 cm	10 cm
I	Panjang alas duduk pada kusi	D14	41.38 cm	32 cm

Sumber: Antropometri Indonesia, 2018

Seperti perancangan kursi, perancangan meja ergonomis untuk meletakkan alat pencabut VCG juga disesuaikan dengan antropometri persentil 50-th. Berdasarkan data antropometri Indonesia, meja ergonomis untuk persentil 50-th dapat dilihat pada Gambar 5.28.



Gambar 5. 28 Ukuran Meja Ergonomis
Antropometri Indonesia (2018)

Adapun nilai dimensi meja ergonomi berdasarkan Gambar 5.28 diatas dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 7 Dimensi Meja Ergonomis Persentil 50-th

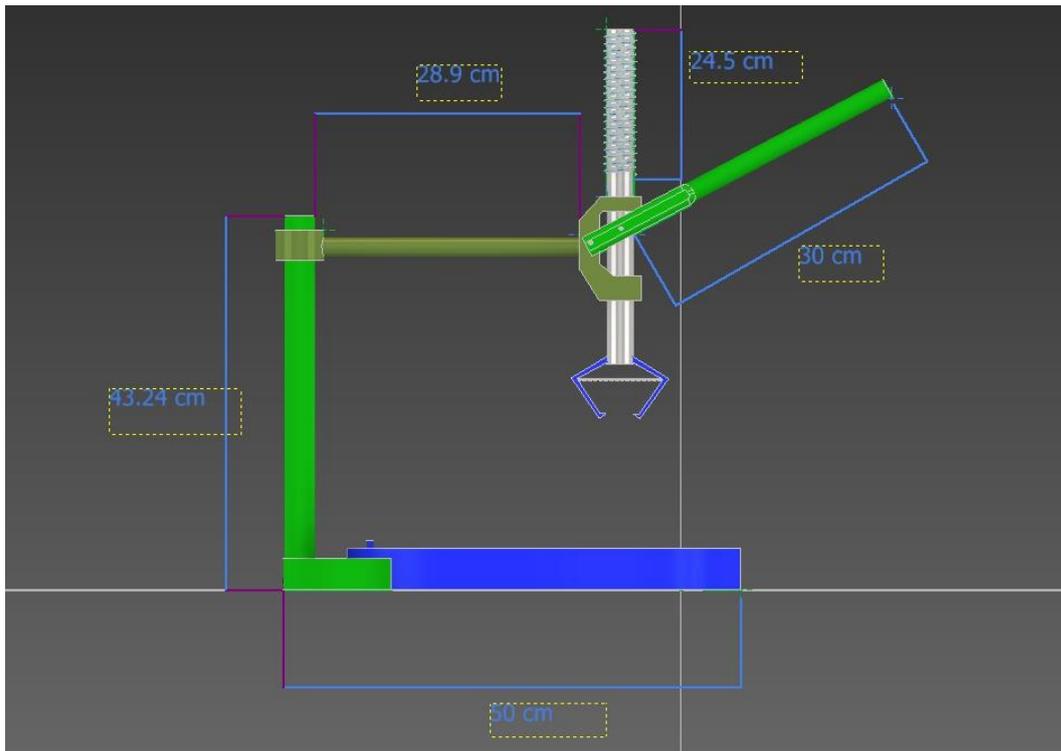
Simbol	Bagian Kursi	Simbol Dimensi	Nilai 50-th	Ukuran Allowance
A	Lebar alas meja bagian luar	D24	66.18 cm	-
B	Tinggi meja bagian luar dari lantai	D11	68.72 cm	4 cm
		D16		
C	Tinggi meja bagian dalam dari lantai	D12	58.77 cm	4 cm
		D16		
D	Panjang meja	D32	152.71 cm	-
E	Lebar meja	D13	102.02 cm	4 cm
		D15		

Sumber: Antropometri Indonesia, 2018

Selanjutnya alat pencabut VCG yang diusulkan dirancang menyesuaikan dimensi operator saat duduk pada kursi dalam posisi alat pencabut VCG tersebut diletakkan diatas meja. Untuk menciptakan stasiun kerja yang ergonomis, alat pencabut VCG diletakkan pada jarak 66.18 cm dari tubuh operator sesuai dengan panjang rentang tangan maksimal operator ke depan sesuai dimensi D24. Selanjutnya tinggi alat pencabut VCG disesuaikan dengan tinggi mata operator dalam posisi duduk (D9) dan tinggi alas duduk kursi dari lantai (Simbol E, pada Tabel 5.8). Dimana nilai dimensi D9 adalah 67.89 cm dan simbol E (Tabel 5.9) adalah 44.07 cm. Selain itu, tinggi alat juga disesuaikan dengan tinggi meja bagian luar dari lantai (Simbol B, Tabel 5.9) yaitu 68.72 cm. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, maka didapatkan tinggi alat pencabut VCG yang ergonomis adalah 43.24 cm. Berikut merupakan perhitungan tinggi alat pencabut VCG.

$$\begin{aligned}\text{Tinggi alat VCG} &= D9 + D16 - \text{Simbol B (Pada Tabel 5.9)} \\ &= 67.89 + 44.07 - 68.72 \\ &= 43.24 \text{ cm}\end{aligned}$$

Selanjutnya, dimensi penjepit *chassis* didesain dengan ukuran yang dapat digunakan untuk menjepit semua ukuran *chassis*. Ukuran *chassis* terbesar yang digunakan berdiameter kurang lebih 37,2 cm. Oleh karena itu penjepit *chassis* dibuat 50 cm agar dapat menjepit *chassis* hingga diameter 37,2 cm dan selebihnya digunakan sebagai *allowance* agar *chassis* tetap aman dan tidak terbentur. Adapun dimensi alat pencabut VCG dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 5.29.



Gambar 5. 29 Dimensi Alat Pencabut VCG

5.5 Estimasi Penerapan Rekomendasi Perbaikan

Pada sub bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai rekomendasi perbaikan yang diusulkan. Adapun rekomendasi perbaikan yang diusulkan ada 3, yaitu:

1. Pengadaan *upgrading* secara berkala, penerapan sistem *reward* dan *punishment* serta pengawasan terhadap kinerja operator.
2. Melakukan persiapan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum *assembly process* dimulai.
3. Menggunakan alat pencabut VCG.

Sebelum menerapkan rekomendasi perbaikan, sebelumnya dilakukan analisis mengenai kelebihan dan kekurangan dari masing-masing rekomendasi perbaikan apabila diterapkan. Hal ini bertujuan untuk memberikan gambaran kepada perusahaan mengenai konsekuensi dari masing-masing usulan perbaikan apabila dilakukan, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan perusahaan untuk memilih alternatif yang akan diterapkan. Adapun beberapa alternatif perbaikan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Alternatif 1 (Rekomendasi 1)

Penerapan rekomendasi perbaikan 1 diperkirakan dapat menurunkan *defect* VCT dalam jumlah yang kecil, yaitu 3%. Hal ini dikarenakan pelaksanaan *upgrading*, sistem *reward punishment* maupun pengawasan kinerja operator hanya sebagai pendukung dalam upaya meningkatkan motivasi dan membentuk *mindset* operator mengenai pentingnya bekerja sesuai SOP. Oleh karena itu, dengan penerapan rekomendasi tersebut tidak secara langsung dapat mereduksi terjadinya *defect* dalam jumlah yang pasti.

2. Alternatif 2 (Rekomendasi 2)

Terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh kesalahan komponen dan perlengkapan rata-rata sebesar 5%. Dengan dilakukannya persiapan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum proses *assembly* dimulai dapat menghilangkan *defect* VCT yang disebabkan oleh kesalahan tipe/jenis komponen yang digunakan. Maka penerapan alternatif 2 ini diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 5%.

3. Alternatif 3 (Rekomendasi 3)

Terjadinya *defect* VCT yang disebabkan karena *voice coil* longgar akibat pencabutan VCG yang tegak lurus rata-rata sebesar 8%. Dengan diterapkannya rekomendasi 3 yaitu menggunakan alat untuk mencabut VCG dapat menghilangkan *defect* VCT yang disebabkan oleh pencabutan VCG tidak lurus. Maka penerapan alternatif 3 ini diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 8%.

4. Alternatif 4 (Rekomendasi 1,2)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh kesalahan jenis/tipe komponen rata-rata sebesar 5%. Oleh karena itu, dilakukannya *preventive maintenance* dengan persiapan atau pengecekan komponen sebelum proses dimulai dapat menghilangkan *defect* sebesar 5%. Kemudian, dengan dilakukannya *upgrading*, sistem *reward and punishment* maupun pengawasan kinerja untuk meningkatkan motivasi operator diperkirakan dapat menurunkan *defect* sekitar 3%. Maka dengan menerapkan alternatif dari kombinasi rekomendasi 1 dan 2 ini dapat menurunkan *defect* sebesar 8%.

5. Alternatif 5 (Rekomendasi 1,3)

Terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh pencabutan VCG tidak tegak lurus rata-rata sebesar 8%. Oleh karena itu, dengan menggunakan alat untuk mencabut VCG dapat menghilangkan *defect* akibat ketidakseuaian pencabutan VCG yaitu sebesar 8%. Selain itu, diadakannya *upgrading*, sistem *reward and punishment* maupun pengawasan kinerja untuk meningkatkan motivasi operator diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 3%. Maka dengan menerapkan alternatif dari kombinasi rekomendasi 1 dan 3 ini dapat menurunkan *defect* sebesar 11%.

6. Alternatif 6 (Rekomendasi 2,3)

Terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh kesalahan tipe/jenis komponen rata-rata sebesar 5%. Maka saat dilakukan persiapan dan pengecekan komponen sebelum proses dimulai dapat menghilangkan *defect* sebesar 5%. Kemudian terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh *voice coil* longgar akibat pencabutan VCG tidak tegak lurus rata-rata sebesar 8%. Maka dengan diterapkannya rekomendasi untuk menggunakan alat pencabut VCG, diperkirakan dapat menurunkan *defect* sebesar 8%, sehingga penerapan alternatif perbaikan dari kombinasi rekomendasi 2 dan 3 dapat menurunkan *defect* sebesar 13%.

7. Alternatif 7 (Rekomendasi 1,2,3)

Terjadinya *defect* VCT yang disebabkan oleh kesalahan tipe/jenis komponen rata-rata sebesar 5%. Kemudian *defect* VCT yang disebabkan oleh *voice coil* longgar akibat pencabutan VCG tidak tegak lurus rata-rata sebesar 8%. Dengan adanya *upgrading* secara berkala dapat menurunkan *defect* sebesar 3%. Maka dengan penerapan rekomendasi 1, 2 dan 3 secara bersamaan diperkirakan dapat menurunkan *defect* sekitar 20%. Penerapan ketiga rekomendasi secara bersamaan dapat memungkinkan terjadinya perbaikan yang lebih optimal karena antara rekomendasi satu dengan yang lainnya dapat saling melengkapi dan mendukung satu sama lain.

Saat komponen dan perlengkapan disiapkan dengan baik sebelum proses *assembly* dimulai serta penggunaan alat pencabut VCG saat proses *assembly* berjalan, maka akan semakin memudahkan operator untuk melakukan

assembly dengan baik, tertib dan sesuai SOP. Pada kondisi ini motivasi operator cenderung mengalami peningkatan yang lebih tinggi untuk bekerja menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Hal inilah yang memicu terjadinya penurunan *defect* yang lebih besar ketika melakukan rekomendasi 1,2, dan 3 secara bersamaan.

Setelah dilakukannya analisa estimasi penurunan *defect*, dapat diketahui bahwa perkiraan penurunan *defect* tertinggi adalah sebesar 20%. Dimana *defect* dapat direduksi sebesar 20% apabila ketiga rekomendasi perbaikan yang diusulkan tersebut diterapkan oleh perusahaan. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, rata-rata *defect* VCT per bulan adalah 537, 1. Saat terjadi penurunan *defect* 20%, maka total *defect* per bulan berkurang sebesar 107, 42, sehingga dapat mengurangi *rework cost* sebesar Rp. 1.700.817, 00 per bulan. Namun perkiraan penurunan *defect* tertinggi tersebut belum tentu menjadi solusi terbaik untuk dilakukan karena belum mempertimbangkan perbandingan antara keuntungan yang diperoleh dengan pengeluaran biaya yang dikeluarkan untuk penerapan rekomendasi perbaikan tersebut.

Tabel 5. 8 Kombinasi Alternatif Perbaikan

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
1	Pengadaan <i>upgrading</i> secara berkala, penerapan sistem <i>reward</i> dan <i>punishment</i> serta pengawasan terhadap kinerja operator	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adanya informasi secara kontinyu kepada operator mengenai kondisi perusahaan • Membentuk <i>mindset</i> operator mengenai pentingnya bekerja sesuai SOP • Semangat operator meningkat lebih tinggi dengan adanya <i>reward and punishment</i> • Operator menjadi lebih tertib dan bekerja sesuai SOP saat dilakukan pengawasan kinerja <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan biaya lebih untuk memberikan <i>reward</i> berupa insentif kepada operator 	3%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
2	Melakukan persiapan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum <i>assembly process</i> dimulai	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi resiko adanya kesalahan jenis atau tipe komponen yang digunakan • Seluruh perlengkapan pendukung sudah tersedia dengan baik • Waktu proses <i>assembly</i> menjadi lebih pendek <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan waktu tambahan untuk pengecekan setiap kali proses <i>assembly</i> akan dimulai maupun saat pergantian tipe <i>speaker</i> yang akan di<i>assembly</i>. 	5%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
	Menggunakan alat pencabut <i>Voice Coil Gauge (VCG)</i>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi resiko <i>voice coil</i> longgar akibat pencabutan VCG yang salah/tidak tegak lurus <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan biaya investasi untuk alat pencabut VCG 	8%
1,2	Pengadaan <i>upgrading</i> secara berkala, pengecekan komponen dan perlengkapan serta pengawasan kinerja operator serta penerapan <i>reward and punishment</i>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindset operator terbentuk secara perlahan dan kontinyu untuk bekerja dengan baik dan tertib sesuai SOP dengan adanya <i>upgrading</i> secara berkala • Mengurangi resiko adanya kesalahan jenis atau tipe komponen yang digunakan 	8%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Motivasi operator meningkat lebih tinggi dengan adanya pengawasan kinerja, terutama adanya dengan penerapan <i>reward and punishment</i> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saat dilakukan <i>upgrading</i>, proses <i>assembly</i> dihentikan sementara • Membutuhkan waktu tambahan untuk persiapan komponen/perlengkapan sebelum proses dimulai <p>Membutuhkan biaya lebih untuk memberikan <i>reward</i> berupa insentif kepada operator</p>	
1,3	Pengadaan <i>upgrading</i> secara berkala, penggunaan alat pencabut VCG dan pengawasan kinerja serta penerapan <i>reward</i>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindset operator terbentuk secara perlahan dan kontinyu untuk bekerja dengan baik dan tertib sesuai SOP dengan adanya <i>upgrading</i> secara 	11%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
	<i>punishment</i>	<p>berkala</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motivasi operator meningkat lebih tinggi dengan adanya pengawasan kinerja, terutama adanya dengan penerapan <i>reward and punishment</i> • Mengurangi resiko <i>voice coil</i> longgar akibat pencabutan VCG yang salah/tidak tegak lurus <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saat dilakukan <i>upgrading</i>, proses <i>assembly</i> dihentikan sementara <p>Membutuhkan biaya lebih tinggi untuk investasi alat pencabut VCG serta untuk pemberian insentif kepada operator</p>	

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
2,3	<p>Persiapan komponen dan perlengkapan serta menggunakan alat pencabut VCG</p>	<p>Kelebihan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi resiko adanya kesalahan jenis atau tipe komponen yang digunakan • Mengurangi resiko <i>voice coil</i> longgar akibat pencabutan VCG yang salah/tidak tegak lurus <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan waktu tambahan untuk persiapan komponen/perlengkapan sebelum proses dimulai • Membutuhkan biaya investasi untuk alat pencabut VCG 	13%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
1,2,3	<p>Pengadaan <i>upgrading</i> secara berkala, melakukan persiapan komponen dan perlengkapan sebelum proses dimulai, menggunakan alat pencabut VCG serta melakukan pengawasan kinerja operator, kemudian menerapkan <i>reward and punishment</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi resiko kesalahan tipe/jenis komponen • Mengurangi resiko <i>voice coil</i> longgar akibat kesalahan mencabut VCG • Operator bekerja lebih baik dan tertib sesuai SOP, sehingga mengurangi kesalahan pemasangan maupun pengeleman komponen saat proses <i>assembly</i> berjalan • Motivasi operator meningkat lebih tinggi dengan adanya pengawasan kinerja, terutama adanya dengan penerapan <i>reward and punishment</i> • Adanya <i>upgrading</i> dapat memberikan informasi secara kontinyu kepada operator mengenai kondisi terkini perusahaan, membentuk <i>mindset</i> operator agar selalu bekerja sesuai SOP untuk 	20%

Tabel 5. 7 Kombinasi Alternatif Perbaikan (Lanjutan)

Kombinasi Usulan Perbaikan	Usulan Perbaikan	Dampak/Konsekuensi	Estimasi Penurunan <i>defect</i>
		<p>mengurangi terjadinya <i>defect</i> dan kerugian, sehingga keuntungan Perusahaan meningkat</p> <p>Kekurangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saat dilakukan <i>upgrading</i>, proses <i>assembly</i> dihentikan/tidak ada operasi berjalan • Membutuhkan waktu tambahan untuk persiapan komponen dan perlengkapan <p>Membutuhkan biaya lebih tinggi untuk investasi alat pencabut VCG serta untuk pemberian insentif kepada operator</p>	

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian Tugas Akhir. Kesimpulan yang diberikan akan menjawab tujuan dari penelitian ini dilakukan. Sedangkan saran diberikan sebagai masukan atau rekomendasi perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai RPN tertinggi pada FMEA, akar penyebab dari *defect Voice Coil Touch* (VCT) adalah pelepasan *voice coil gauge* tidak tegak lurus, operator tidak memutar magnet saat pengeleman magnet dengan *yoke* dan operator tidak memutar *chassis assy* saat pengeleman *chassis assy* dengan *magnet assy* serta operator salah lihat tipe *center yoke* saat mengambil *center yoke*. Secara garis besar, *defect* VCT disebabkan oleh pemasangan komponen-komponen *speaker* saat perakitan tidak memenuhi spesifikasi.
2. Terdapat tiga rekomendasi perbaikan yang diusulkan untuk mereduksi *defect* VCT pada *speaker*. Rekomendasi pertama yaitu Pengadaan *upgrading* sebanyak 3 kali dalam setahun (4 bulan sekali) dan penerapan sistem *reward and punishment* serta pengawasan kinerja operator. Pelaksanaan *upgrading* 1 menekankan pada pembentukan *mindset* operator tentang kondisi terkini dari perusahaan. *Upgrading* 2 dilakukan *personal training* untuk meningkatkan kedisiplinan operator akan kepatuhan SOP. Sedangkan *Upgrading* 3 dilakukan dalam bentuk *outbond* untuk meningkatkan rasa tanggung jawab bersama dan melatih kekompakan antar operator. Adapun rekomendasi kedua adalah melakukan persiapan komponen dan perlengkapan dengan baik sebelum *assembly process* dimulai. Rekomendasi ketiga adalah menggunakan alat pencabut VCG.

6.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk melakukan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian sebaiknya tidak hanya dilakukan dalam kurun waktu satu bulan agar dapat mendalami permasalahan perusahaan
2. Penelitian sebaiknya dilakukan hingga tahap implementasi rekomendasi perbaikan yang diusulkan agar bisa mengetahui peningkatan performansi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson , B., Fagerhaug, T. & Belts, M., 2010. *Root Cause Analysis and Improvement in Healthcare Sector*. United States of America: ASQ Quality Press.
- Barsalou, M. A., 2015. *Root Cause Analysis-A step By Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time*. Boca Raton: CRC Press.
- Borwick, J., 2001. *Loudspeaker and Handphone Handbook*. 3th ed. Butterworth-Heinemann: Focal Press.
- Burhoe, W., 1978. *Loudspeaker Handbook and Lexicon*.
- Eargle, J. M., 1997. *Loudspeaker Handbook*. 1St ed. British: Springer-Science+Business Media, B.V.
- Healy, G., 1996. *The Audiophile Loudspeaker*. 1st ed. Boston: Boston Post Publishing Company.
- Lee, M. Y. & Kim, H. J., 2014. Heat Transfer Characteristics of a Speaker Using Nano-Sized Ferrofluid. *Entropy*, 16(11), pp. 5891-5900.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J. & Beauregard, M. R., 2009. *The Basics of FMEA*. 2nd ed. New York: CRC Press.
- Mobley, R. K., 1999. *Root Cause Failure Analysis*. New Delhi: Butterworth-Heinemann.
- Montgomery, D. C., 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Pradipta , R. A. & Supriyanto, H., 2012. *Penerapan Metode DMAI dan FMEA Untuk Peningkatan Kualitas Cement Retsrder (Gypsum Granulated) di Unit III Pabrik Cement Retarder PT. Petrokimia Gresik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pyzdek, T., 2003. *The Six Sigma Project Planner-A Step by Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC*. United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Vorley, G., 2008. *Mini Guide to Root Cause Analysis*. Guilford Surrey United Kingdom: Quality Management & Training Ltd.

- Wignjosoebroto, S., 2006. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*. 4th ed. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yang, K. & El-Haik, B., 2003. *Design for Six Sigma A Roadmap for Product Development*. United States of America: Mc Graw Hill.

BIOGRAFI PENULIS



Meilia Dwi Suryani lahir di Lamongan pada tanggal 25 Mei 1996. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis memulai belajar di SDN Kedungrejo II, SMPN 1 Babat, SMAN 2 Lamongan hingga ke jenjang sarjana di Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Badan Eksekutif Mahasiswa tingkat Fakultas. Penulis aktif menjadi staff Sosial Masyarakat BEM FTI ITS pada Periode 2016/2017 dan menjadi Kepala Biro Lingkar FTI BEM FTI ITS pada Periode 2017/2018.

Penulis pernah mengikuti berbagai pelatihan diantaranya adalah LKMM Pra-TD (2015), LKMW TD (2015), PKTI (2015), Leadership & Organizing Training 1 (2016), Sosdev Community School (2016), Sosial Improvement Training (2016), Peti Jurnalis (2016) dan Leadership & Organizing Training 2 (2017). Penulis aktif dalam kepanitiaan berbagai *event*, terutama pada *event* terbesar BEM FTI ITS yaitu *Red Euforia Month (REM) 7*. Pada Tahun 2017 penulis pernah menjadi Koordinator Kesekretariatan pada Pelatihan Usaha Rakyat (Pelatsar) yang diadakan di Kampung Mitra Fakultas Teknologi Industri (FTI). Selain itu, penulis juga pernah menjadi Bendahara Sosdev Community School (SCS) 2017 yang merupakan pelatihan tentang Sosial Masyarakat se-FTI. Penulis dapat dihubungi melalui *email* meiliadwi25@gmail.com