

TUGAS AKHIR

**ANALISA KUALITAS PENGUKURAN HUB BOLT M20 x 77 mm
METODE GAUGE REPEATABILITY DAN REPRODUCIBILITY
Studi Kasus : PT. Garuda Metalindo Tbk.**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam
mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun oleh :

Nama : Apriyanto
NIM : 41612120040
Program Studi : Teknik Industri

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Apriyanto

N.I.M : 41612120040

Jurusan : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisa Sistem Pengukuran Hub Bolt M 20 x 77 mm Metode
(Gauge R&R) Repeatability dan Reproducibility. Studi Kasus:
PT. Garuda Metalindo Tbk.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, Maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,

(Apriyanto)

LEMBAR PENGESAHAN

“Analisa Sistem Pengukuran Hub Bolt M20x77mm Metode (*Gauge R&R*)

Reapetability dan Reproducibility.

Studi Kasus: PT. Garuda Metalindo Tbk.”

Disusun oleh :

Nama : Apriyanto

NIM : 41612120040

Program Studi : Teknik Industri

Pembimbing,

Atep Afia Hidayat,Ir.MP.

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT

ABSTRAK

PT. Garuda Metalindo merupakan suatu perusahaan manufaktur di bidang fastener yang produksinya adalah baut dan mur. Produk yang dihasilkan digunakan untuk komponen automotive, Furniture, elektronik dan konstruksi bangunan. Proses produksi di PT. Garuda Metalindo bersifat *mass production* sehingga kecenderungan produk mengalami variasi standard sangatlah besar. Penulisan tugas akhir ini dititik beratkan pada pengendalian kualitas pada system pengukuran produk Hub Bolt M20x77. Metoda MSA yang digunakan adalah GRR (gage repeatability dan reproducibility). GRR ini bertujuan untuk melihat persentase hasil variasi yang disebabkan oleh alat ukur dan operator, dan mengetahui sistem pengukuran layak atau tidak pada unit *quality control*. Berdasarkan hasil penelitian didapat pada perhitungan manual persentase EV(Variasi yang disebabkan alat ukur 17.32%), Dan AV (Variasi yang disebabkan operator 5.09%), GRR(Variasi yang disebabkan oleh operator dan alat ukur 18.05%), PV(Variasi antar part 98.36%, Dan NDC(jumlah kategori perbedaan atau variasi dari proses pengukuran sebesar 7). Berdasarkan pengolahan data bantuan *software* Minitab, EV (Sebesar 17.20%), AV (Sebesar 5.25%), GRR(Sebesar 17.99%), PV(98.37%) Dan NDC (Sebesar 7). Faktor terbesar yang mempengaruhi nilai GRR adalah *Reapeatability* atau *Equipment Variation*. Dilihat dari peresentase GRR serta NDC dinyatakan bahwa sistem pengukuran sudah baik dan dapat diterima untuk digunakan pada pengendalian kualitas unit *quality control*.

Kata Kunci : PT. GM, kualitas, ISO 9001, Peta kendali X-bar R-bar, MSA, GRR

ABSTRACT

PT. Garuda Metalindo is a manufacturing company in the field of fastener whose production is bolts and nuts. The resulting product is used for automotive components, Furniture, electronic and building construction. Production process at PT. Garuda Metalindo is mass production so that the tendency of the product to experience a variety of standards is very large. The writing of this thesis is focused on the quality control on product measurement system Hub Bolt M20x77. The MSA method used is GRR (gage repeatability and reproducibility). GRR aims to see the percentage of variation results caused by measuring instruments and operators, and to know the system of measurement is feasible or not in the quality control unit. Based on the results obtained in the calculation of manual percentage of EV (Variation caused by measuring 17.32%), and AV (Variation caused by operator 5.09%), GRR (Variation caused by operator and measuring instrument 18.05%), PV (Variation between part 98.36 %, And NDC (number of categories of difference or variation of the measurement process by 7) Based on data processing of Minitab software, EV (17.20%), AV (5.25%), GRR (17.99%), PV (98.37%) And NDC (Size 7) The biggest factor affecting the value of GRR is Reapeatability or Equipment Variation. Based on the percentage of GRR and NDC stated that the measurement system is good and acceptable for use on quality control unit quality control.

Keywords: PT. GM, quality, ISO 9001, Map control X-bar R-bar, MSA, GRR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt, karena atas berkat dan rahmat-Nya, Skripsi ini dapat diselesaikan pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana (S1) Teknik Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Mercu Buana.

Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang banyak memberikan bantuan dan bimbingan, baik selama masa kuliah :

1. Seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan dan kasih sayangnya serta dukungan moril maupun spiritual yang luar biasa dan tak ternilai.
2. Bpk Atep Afia Hidayat, Sebagai dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan, nasehat dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
3. Ibu Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT, Selaku Kaprodi Teknik Industri.
4. Dosen penguji pada seminar I dan seminar II, atas masukan, arahan, dan kritik yang diberikan.
5. Seluruh dosen pengajar Teknik Industri yang telah mengajarkan berbagai ilmu kepada penulis.
6. Seluruh staff administrasi TU Teknik Industri Universitas Mercubuana yang memberikan seluruh informasi administrasi selama masa kuliah.

7. Seluruh staf dan karyawan PT. Garuda Metalindo Tbk, yang dengan senang hati membantu penulis memberikan informasi dan mengizinkan penulis melakukan penelitian di Tempat.
8. Kepada orang yang saya sayang dan memberi dukungan (Lutfi Wardah), Seluruh teman-teman Teknik Industri FTI22 yang telah memberikan kerjasama dan dukungan selama kuliah serta kebersamaan yang tidak pernah akan terlupakan.
9. Seluruh teman-teman dan sahabat yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk terus menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis sehingga dapat terselesaikannya penulisan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penulisan tugas akhir ini. Baik dari segi pengetahuan, tata cara penulisan, maupun isinya karena keterbatasan penulis yang masih dalam tahap belajar. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan dapat member perbaiki di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberi perbaikan di masa yang akan datang dan dapat bermanfaat bagi semua pihak. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Jakarta, Maret 2017

Penulis,
Apriyanto

DAFTAR ISI

<i>Halaman Judul</i>	i
Halaman Pernyataan.....	ii
Halaman Pengesahan	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Kualitas	8
2.2 Konsep Kualitas	12
2.3 Tujuan Pengendalian Kualitas	13
2.4 Dimensi Kualitas.....	13
2.5 <i>Statistic Proses Control (SPC)</i>	14
2.6 Peta Kendali	16

2.7 Jenis-Jenis Peta Kendali.....	18
2.8 Peta Kendali Yang Digunakan.....	25
2.9 Pengertian Pengukuran	28
2.10 Definisi <i>Measurment System Analysis (MSA)</i>	30
2.11 Penelitian Terdahulu	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian.....	44
3.2 Identifikasi Data.....	45
3.3 Pengambilan Data Pengukuran	46
3.4 Pengolahan Data	46
3.5 Analisa Data.....	46
3.6 Pengumpulan Data	47
3.7 Pengolahan Data	47

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data	48
4.1.1 Gambaran Perusahaan.....	48
4.1.2 Sejarah Perusahaan.....	48
4.1.3 Lokasi	49
4.1.4 Visi dan Misi Perusahaan.....	50
4.1.5 Hasil Produksi	51
4.2 Pengumpulan Data Produk NG.....	52
4.3 Pengumpulan Data Pengukuran Produk	55
4.4 Pengolahan Data	58
4.4.1 Pengolahan Data MSA Secara Manual	58

4.4.2 Perhitunga Software Minitab	66
BAB V ANALISA DAN HASIL	
5.1 Pembahasan.....	68
5.2 Perhitungan Manual	69
5.3 Menggunakan <i>software Minitab 16</i>	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1.1 Data Tidak Konsisten NG (<i>Not Good</i>).....	3
Tabel 2.1 Jurnal Penelitian Terdahulu.....	41
Tabel 4.1 Data produk NG Juli – Desember 2016.....	52
Tabel 4.2 Tabel perhitungan diagram pareto	53
Tabel 4.3 kriteria dan jumlah NG produk Hub Bolt M20x77mm bulan juli - desember 2016	54
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Diameter Body Produk	58
Tabel 4.5 Perhitungan Rata-Rata dan Range	59
Tabel 5.1 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan <i>Software</i>	77

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1.1 Diagram produk NG	4
Gambar 2.1 Dua Perspektif Kualitas.....	12
Gambar 2.2 Peta Kendali	17
Gambar 2.3 Jenis Peta Kendali	18
Gambar 2.4 Sudut pembacaan pada jangka sorong	29
Gambar 2.5 Bias.....	32
Gambar 2.6 Reapeatability.....	33
Gambar 2.7 Form pengisian data MSA	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	44
Gambar 3.2 Diagram Alir metodologi Penelitian (Lanjutan)	45
Gambar 4.1 Diagram pereto Produk NG Periode bulan Juli – Desember 2016	54
Gambar 4.2 Diagram Pareto kategori NG produk Hub Bolt M20x77mm Periode Bulan Juli – Desember 2016.....	55
Gambar 4.3 Ilustrasi Pengukuran Diameter Body Hub Bolt M20x77 Mm	56
Gambar 4.4 Digimatic Micrometer (Micrometer Digital)	56
Gambar 4.5 Grafik R.....	62
Gambar 4.6 Grafik X-Bar	62
Gambar 4.7 Hasil Perhitungan MSA Minitab.....	66
Gambar 4.8 Grafik Hasil Perhitungan MSA Minitab	67
Gambar 5.1 Hasil Perhitungan MSA Minitab.....	73
Gambar 5.2 Grafik X-bar dan R Hasil Perhitungan MSA Minitab.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia usaha saat ini berjalan dengan sangat cepat dan setiap perusahaan dihadapkan pada persaingan yang sangat ketat. Persaingan bukan hanya pada seberapa tingkat produktivitas perusahaan dan seberapa rendahnya tingkat harga produk, namun lebih pada kualitas produk yang dihasilkan, karena hanya dengan produk yang berkualitas yang dapat diterima oleh pelanggan dan akan memenangkan persaingan kualitas dan mempertahankannya di pasar. Oleh karena itu peran pengendalian kualitas dalam suatu industri sangat diperlukan untuk menunjang sasaran yang ingin di capai oleh manajemen dalam menghasilkan produk yang berkualitas. Pengendalian kualitas yang baik bukan hanya pada pengecekan kualitas hasil akhir dari produk, tetapi pada keseluruhan proses dalam memproduksi barang tersebut. Pengendalain kualitas sendiri lebih menekankan pada pengawasan dan pengecekan pada proses produksi, sehingga dengan terkendalinya proses produksi maka dapat diharapkan menghasilkan suatu produk yang baik dan sesuai spesifikasi yang diinginkan (Pyzdek, 2003).

PT. Garuda Metalindo merupakan suatu perusahaan manufaktur di bidang *fastener* yang produksinya adalah baut dan mur. Baut dan mur yang dihasilkan

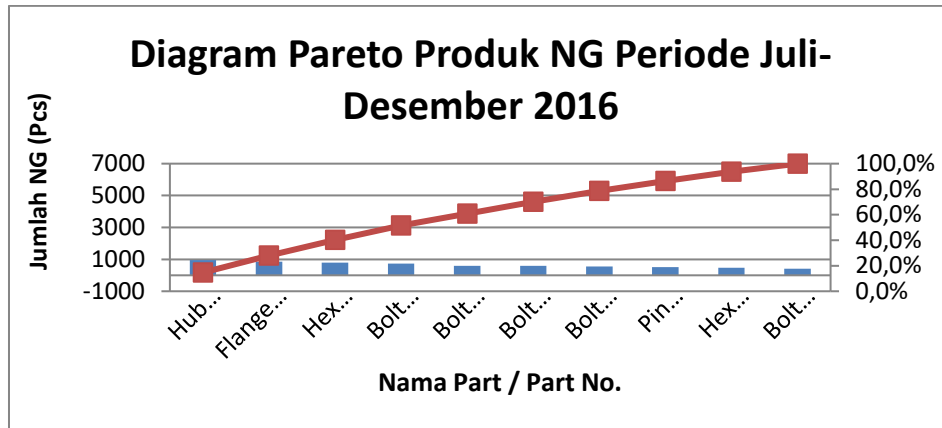
digunakan untuk komponen automotive, *Furniture*, elektronik dan konstruksi bangunan. Spesifikasi baut dan mur yang diproduksi adalah baut dan mur dengan ukuran 2 mm sampai dengan 30 mm.(GM. 2017)

Proses produksi di PT. Garuda Metalindo bersifat *mass production* sehingga kecenderungan produk mengalami variasi standard sangatlah besar. Seberapa besar variasi standard tergantung dari beberapa faktor,yaitu: flow proses produk, metode, manusia, mesin, material, alat, lingkungan, dan lain-lain. Untuk mendukung faktor variasi tersebut di gunakanlah data pengukuran. Mayoritas produk dikerjakan dengan proses *Forming*. Sehingga produk yang dihasilkan sangat tergantung terhadap dies atau cetakan. Karena tuntutan kualitas yang sangat menentukan eksistensi produk maka variasi standard terhadap produk yang dihasilkan harus di tekan seminimal mungkin.(GM.2017).

Tabel 1.1 Data tidak konsisten Juli-Desember 2016(*Not good*)

No	Nama part/Part No.	Jumlah produksi (Pcs)	Jumlah NG (Pcs)	Percentage	Percentage Kumulatif
1	Hub Bolt M20x77 / SZ940-26074	941677	950	14.7%	14.7%
2	Flange Bolt Sh M6x60 / 9502L-06060	885651	857	13.2%	27.9%
3	Hex Bolt Spc M6x10 / 92101-06010-AO	874247	804	12.4%	40.3%
4	Bolt Sealing M14x11.5 / 90081-135-0000	806542	725	11.2%	51.5%
5	Bolt Break Disc M8x24 / 90105	775954	604	9.3%	60.8%
6	Bolt Knock M5x12 / 90083-BG-9110	771498	596	9.2%	70.0%
7	Bolt Socket Hexa M8x18 / 90010-KMI-0000	752451	562	8.7%	78.7%
8	Pin Guid Roller M8x20.5 / 14615-035-0000	689454	506	7.8%	86.5%
9	Hex Bolt ITH M5x16 91031-05016-OA	659451	467	7.2%	93.7%
10	Bolt Socket Torx M6x16 / 90085-7810	62451	406	6.3%	100.0%
			6477		

Sumber: QC PT. Garuda Metalindo,2016.



Gambar 1.1 Diagram produk NG Juli-Desember 2016

Untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan spesifikasi pelanggan, perlu dilakukan pengendalian kualitas (*quality control*) atas aktifitas proses produksi yang berjalan. Dengan demikian produk yang di jadikan objek penelitian adalah Hub bolt M20x77mm. Karena dengan terkendalinya kualitas maka perusahaan dapat menghemat biaya produk yang cacat, meningkatkan reputasi perusahaan dan pangsa pasar, pertanggung jawaban terhadap produk, dan untuk memasuki perekonomian global. Tujuan pengendalian kualitas adalah agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standard dan harapan pelanggan. Salah satu hal yang sangat penting dalam penegndalian kualitas adalah sistem pengukuran. Perusahaan tahu bahwa setiap pengukuran tidak mungkin mendapatkan data atau hasil yang sama, sehingga perusahaan harus mempunyai suatu pengakuan bahwa produk yang dihasilkan oleh perusahaannya mempunyai mutu yang baik. (Pyzdek, 2003).

Pengakuan yang harus di dapat dari suatu perusahaan adalah ISO 9001-2008, merupakan standard sistem manajemen mutu yang telah mendapat pengakuan dari banyak negara di dunia seperti: semua negara uni Eropa, Amerika, Jepang, Australia, ASEAN, dan di lebih 100 negara. ISO 9001-2008 ini

menjelaskan tentang sistem manajemen mutu di mana pada suatu produksi diperlukan sistem yang baik dan bagus yang akan menunjang produk yang dihasilkan menjadi baik dan memenuhi permintaan dari konsumen Sehingga setiap perusahaan harus senantiasa memperbaiki sistem yang ada di dalamnya secara terus menerus. Pembahasan di dalam ISO 9001-2008 salah satu nya yaitu mengenai pengukuran, Perusahaan telah mengetahui sulit sekali untuk mendapatkan produk yang sama persis antara satu dengan yang lain, maka dari itu pengukuran sangatlah penting . Data hasil pengukuran akan menjadi informasi bagi perusahaan pada bagian produksi dan kemudian akan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan dalam kegiatan produksi (Yuri dan Nurcahyo,2013).

Ilmu yang membahas tentang sistem pengukuran adalah *measurement system analysis*. *measurement system analysis* (MSA) adalah suatu studi analitik tentang pengaruh suatu system terhadap system pengukuran. MSA merupakan kesatuan dari prosedur, peralatan, operator yang di gunakan untuk menentukan angka yang menggambarkan suatu sifat tertentu pada suatu benda atau produk untuk melihat hasil pengukuran yang benar-benar akurat, presisi, dan dapat dipertanggung jawabkan. . Tujuan dari *measurement system analysis* ini adalah mengusahakan agar variasi pengukuran menjadi seminimal mungkin. Kesalahan pada sistem pengukuran dapat di kelompokkan menjadi 2 kategori, yaitu keakuratan (*Accuracy*) dan ketepatan (*precision*). (Pyzdek,2003).

ISO 9001-2008 dengan system pengukuran mempunyai keterkaitan atau hubungan yang tidak bisa di pisahkan. ISO 9001-2008 merupakan system manajemen mutu mengenai pengendalian kualitas secara terintegrasi pada proses produksi secara general, Sedangkan system pengukuran merupakan kesatuan

metode, Alat dan pelaksana atau orang dalam melakukan pengukuran, dengan kata lain system pengukuran merupakan bagian dari system manajemen mutu. Berdasarkan uraian dan alasan tersebut, maka akan dilakukan penelitian hasil pengukuran operator di PT. Garuda Metalindo. Penelitian lebih menitik beratkan pada kesalahan MSA pada kategori *precision* dikarenakan untuk melihat seberapa jauh variasi yang di akibatkan oleh sistem . Dalam penelitian ini digunakan *tools gage repeatability* yang artinya variasi dalam pengukuran yang di dapat dari satu alat pengukuran ketika di gunakan beberapa kali oleh satu orang pada produk yang sama, dan *reproducibility* yang artinya variasi pada rata-rata yang dilakukan oleh orang yang berbeda dengan alat ukur yang sama pada part yang sama, *tools* ini merupakan salah satu alat utama yang di gunakan untuk mengukur tingkat keabsahan dan tingkat keandalan dari suatu sistem pengukuran yang akan digunakan (Pyzdek,2003).

1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah pengendalian kualitas pengukuran di unit *quality control* PT. Garuda Metalindo sudah dilaksanakan dengan baik?
2. Seberapa besar nilai variasi produk yang di hasilkan ketika di ukur menggunakan tols *Repeatability* dan *Reproducibility* pada keseluruhan proses di PT. Garuda Metalindo dengan trial 2 *Appraiser*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui dan menerapkan pengendalian kualitas pengukuran di unit *quality control* pada PT. Garuda Metalindo.
2. Mengetahui berapa persen besar hasil variasi produk yang dihasilkan pada keseluruhan proses menggunakan tools *Repeatability* dan *Reproducibility* dengan trial 2 *Appraiser*.

1.4 Batasan Masalah

Analisa kualitas pengukuran terhadap diameter produk *Hub Bolt* M20 x 77 mm menggunakan *metode gauge repeatability* dan *reproducibility*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan kerja praktek ini terbagi dan di susun dalam beberapa bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pembukaan isi keseluruhan laporan kerja praktek yang menguraikan latar belakang penulisan, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penulisan, dan sistematika penulisan laporan kerja praktek.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang konsep dasar yang ada pada ruang lingkup dan teori yang berkaitan dengan pengendalian kualitas dan *measurement system analysis* (analisa sistem pengukuran) serta peralatan pendukung yang membantu penulis untuk menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menerangkan mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis selama proses penelitian, mulai dari tahap studi pendahuluan sampai dengan penulisan laporan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini merupakan inti dari suatu proses penelitian. Adapun hal-hal yang di sajikan dalam bab ini adalah mengenai data yang diperlukan dalam penelitian, cara pengambilan data, cara pengolahan, (statistik yang digunakan) sehingga dapat di interprestasikan menjadi hasil penelitian.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, berisi pembahasan serta hasil analisa yang didapatkan dari proses perhitungan dan pengolahan data.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dari hasil analisa, dan saran-saran yang di anggap perlu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kualitas

Kualitas memiliki makna yang berlainan bagi setiap orang dan tergantung pada konsepnya. Kualitas sendiri memiliki banyak kriteria yang berubah secara terus menerus. Orang yang berbeda akan menilai dengan kriteria yang berlainan pula (Tjiptono, F. Anastasia D. 2003).

Kata *quality* sendiri diartikan sebagai pemikiran yang dinamis oleh Edwar Sallis. Nilai moral dan emosional yang terkandung dalam kata kualitas menjadikan sulit didefinisikan secara akurat (Yuri dan Nurcahyo, 2013). Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam banyak produk dan jasa (Montgomery, 1998). Menurut Deming seperti yang dikutip Ariani (2004), kualitas harus bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan sekarang dan dimasa mendatang. Menurut Juran seperti yang dikutip Ariani (2004), kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.

Menurut Juran seperti yang dikutip Nasution (2004), kualitas produk adalah kecocokan penggunaan produk (*fitness for use*) untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan.

Kecocokan penggunaan itu didasarkan pada lima ciri utama berikut :

1. Teknologi, yaitu kekuatan atau daya tahan.

2. Psikologis, yaitu citra rasa atau status.
3. Waktu, yaitu kehandalan.
4. Kontraktual, yaitu adanya jaminan.
5. Etika, yaitu sopan santun, ramah atau jujur.

Kecocokan penggunaan suatu produk adalah apabila produk mempunyai daya tahan penggunaan yang lama, meningkatkan citra atau status konsumen yang memakainya, tidak mudah rusak, adanya jaminan kualitas (*quality assurance*), dan sesuai etika bila digunakan. Khusus untuk jasa diperlukan pelayanan yang ramah, sopan, serta jujur sehingga dapat menyenangkan atau memuaskan pelanggan. Kecocokan penggunaan produk seperti dikemukakan di atas memiliki dua aspek utama, yaitu ciri-ciri produk memiliki tuntutan pelanggan dan tidak memiliki kelemahan.

1. Ciri-ciri produk yang memenuhi permintaan pelanggan.

Ciri-ciri produk yang berkualitas tinggi adalah apabila memiliki ciri-ciri yang khusus atau istimewa berbeda dengan produk pesaing dan dapat memiliki harapan atau tuntutan sehingga dapat memuaskan pelanggan. Kualitas yang lebih tinggi memungkinkan perusahaan meningkatkan kepuasan pelanggan, membuat produk laku terjual, dapat bersaing, meningkatkan pangsa pasar, sehingga dapat dijual dengan harga yang lebih tinggi.

2. Bebas dari kelemahan.

Suatu produk dikatakan berkualitas tinggi apabila didalam produk tidak terdapat kelemahan, tidak ada cacat sedikitpun. Kualitas yang tinggi menyebabkan perusahaan dapat mengurangi tingkat kesalahan,

mengurangi pekerjaan kembali dan pemborosan, mengurangi pembayaran biaya garansi, mengurangi ketidakpuasan pelanggan, mengurangi inspeksi dan pengujian, meningkatkan hasil, meningkatkan utilisasi kapasitas produk, serta memperbaiki kinerja penyampaian produk atau jasa kepada pelanggan.

Feigenbaum seperti yang dikutip Yuri dan Nurcahyo (2013), menyebut kualitas dalam bukunya, *Total Quality Control*, sebagai *The Total Composite, and maintenance through which the produk and service in use will meet the expectation of customer*.

Garvin seperti yang dikutip Yuri dan Nurcahyo (2013), menyebutkan ada lima pendekatan yang dapat digunakan untuk mendefinisikan kualitas.

1. Pendekatan Transeden

Kualitas didefinisikan sebagai pencapaian atau untuk standard tertinggi pemuasan kebutuhan terhadap konsumen.

2. Pendekatan berdasarkan produk

Pendekatan ini adalah pendekatan kuantitatif yang menggunakan karakteristik-karakteristik yang dapat di hitung dan terukur. Kualitas didefinisikan menjadi satu angka, dimana semakin mendekati ukuran yang telah disepakati maka kualitasnya terbaik.

3. Pendekatan berdasarkan konsumen

Kualitas didefinisikan menjadi *fitness for use*. Kualitas dinilai baik apabila memenuhi kebutuhan pemakaiannya.

4. Pendekatan Manufaktur

Pendekatan ini berhubungan dengan pemenuhan design atau spesifikasi. Kualitas dianggap bebas dari kesalahan (*error*). Dalam hal ini, kesalahan adalah ketidaksesuaian terhadap peraturan design atau spesifikasi.

5. Pendekatan Nilai

Pendekatan ini menggunakan biaya dan harga sebagai parameternya. Kualitas yang baik adalah bila memenuhi biaya yang telah disepakati atau telah ditetapkan.

Definisi kualitas menurut ISO 9001:2000 seperti yang dikutip Yuri dan Nurcahyo (2013) adalah bahwa kualitas tidak hanya berhubungan dengan kualitas produk saja, tetapi juga dengan persyaratan lain seperti ketetapan pengiriman, biaya yang rendah, pelayanan yang memuaskan pelanggan dan bisa dipenuhinya peraturan pemerintah yang berhubungan dengan produk yang dipasarkan.

Meskipun tidak ada definisi mengenai kualitas yang diterima secara universal, dari definisi-definisi yang ada terdapat kesamaan, yaitu dalam elemen-elemen sebagai berikut (Tjiptono, F. dan Anastasia, D. 2003)

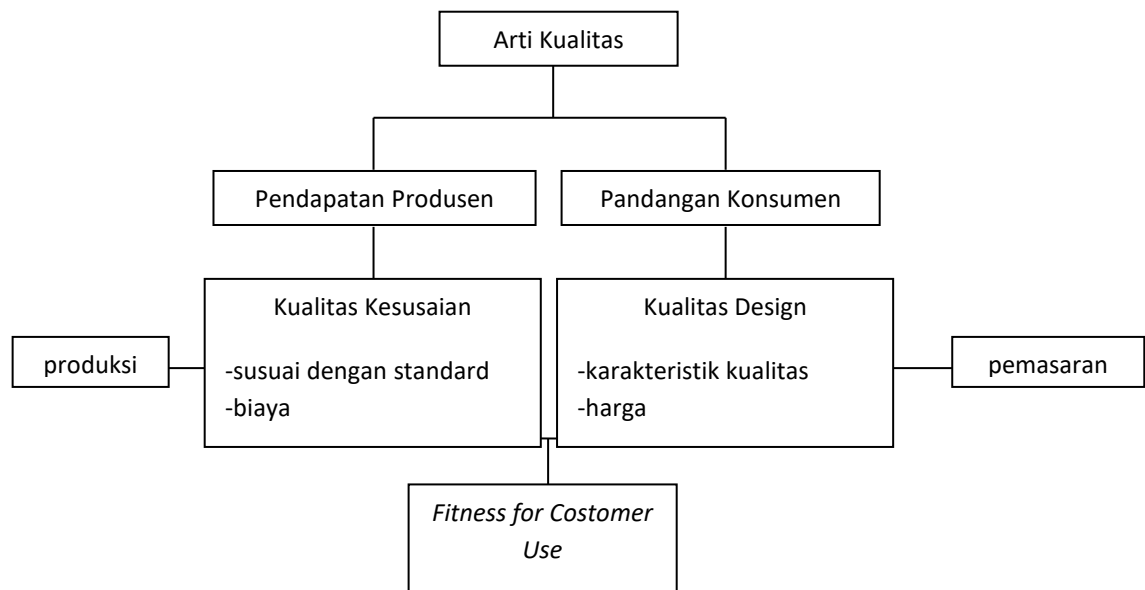
1. Kualitas meliputi usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan
2. Kualitas mencakup produksi, jasa, manusia, proses dan lingkungan
3. Kualitas merupakan kondisi yang selalu berubah (misalnya apa yang dianggap merupakan kualitas saat ini mungkin dianggap kurang berkualitas pada masa mendatang).

Dengan berdasarkan elemen-elemen tersebut, Goetsch dan Davis (Tjiptono, F dan Anastasia, D. 2003) mendefinisikan kualitas sebagai Suatu kondisi dinamis

yang berhubungan dengan produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan“.

2.2 Konsep Kualitas

Konsep kualitas dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang mempengaruhi kepuasan pelanggan terhadap kebutuhannya (Yuri dan Nurcahyo, 2003).



Gambar 2.1 Dua Perspektif Kualitas

Sumber : Rusel (Ariani, 2004)

Apabila di perhatikan, maka kedua perspektif tersebut akan bertemu pada satu kata *Fitness for Customer Use*. Kesesuaian untuk digunakan tersebut merupakan kesesuaian antara konsumen dengan produsen, sehingga dapat membuat suatu standard yang disepakati bersama dan dapat memenuhi kebutuhan dan harapan kedua belah pihak.

Kualitas pada industri manufaktur selain menekankan pada produk yang dihasilkan, juga perlu diperhatikan kualitas pada proses produksi. Bahkan, yang terbaik adalah apabila perhatian pada kualitas bukan pada produk akhir,

melainkan proses produksinya atau produk yang masih ada dalam proses (*Wrok in Process*), sehingga bila diketahui ada cacat atau kesalahan masih dapat diperbaiki. Dengan demikian, produk akhir yang dihasilkan adalah produk yang bebas cacat dan tidak ada lagi pemborosan yang harus di bayar mahal karena produk tersebut harus dibuang atau dilakukan pengerjaan ulang (Ariani, 2004).

2.3 Tujuan Pengendalian Kualitas

Tujuan pengendalian kualitas menurut Assauri (1998) adalah:

1. Agar barang hasil produksi dapat mencapai standar kualitas yang telah ditetapkan.
2. Mengusahakan biaya inspeksi dapat menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya design dari produksi dan proses dengan menggunakan kualitas produksi tertentu dapat menjadi sekecil mungkin.
4. Mengusahakan agar biaya produksi dapat menjadi sedendah mungkin.

Tujuan utama pengendalian kualitas adalah mendapatkan jaminan bahwa kualitas produksi atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin.

2.4 Dimensi kualitas

Produk yang diinginkan konsumen dan memenuhi kualitas yang mereka harapkan adalah ketika semua unsur pengembangan produk diterapkan secara maksimal. Ada delapan dimensi kualitas yang dikembangkan Garvin dan dapat digunakan sebagai perencanaan strategis Analisis, terutama untuk produk

manufaktur. Berikut ini delapan dimensi kualitas Garvin yang dikutip Yuri dan Nurcahyo (2013).

1. *Performance* (kinerja) : kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri.
2. *Feature* (fitur) : ciri khas produk yang membedakan dengan produk lain.
3. *Reliability* (kehandalan) : kepercayaan pelanggan terhadap produk karena kehandalan atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.
4. *Conformance* (kesesuaian) : kesesuaian produk dengan syarat, ukuran, karakteristik design, dan operasi yang ditentukan.
5. *Durability* (daya tahan) : tingkat ketahanan atau ke awetan produk atau lama umur produk.
6. *Serviceability* : kemungkinan perbaikan atau ketersediaan komponen produk.
7. *Aesthetic* (estetika) : keindahan atau daya tarik produk.
8. *Perception* (persepsi) : fanatisme konsumen akan merk produk tertentu karena citra atau reputasinya.

2.5 Statistical Process Control (SPC)

Dalam setiap proses produksi, hal yang perlu dipahami adalah setiap produk ataupun jasa yang dihasilkan tidak akan 100% sama. Hal ini karena adanya variasi selama proses produksi berlangsung. Adanya variasi merupakan hal yang wajar, namun akan berpengaruh pada kualitas produk sehingga perlu dikendalikan (Yuri dan Nurcahyo, 2013).

Variasi adalah ketidak seragaman dalam proses operasional sehingga menimbulkan perbedaan dalam kualitas produk (Gaspersz, 2001).

Pada dasarnya dikenal sumber atau penyebab timbulnya variasi yang diklarifikasikan sebagai berikut (Gaspersz, 2001).

1. Variasi penyebab khusus (*special-cause variation*)

Variasi penyebab khusus adalah kejadian-kejadian diluar sistem manajemen kualitas yang mempengaruhi variasi dalam sistem itu. Penyebab khusus dapat bersumber dari faktor-faktor :manusia, mesin, dam peralatan, material, lingkungan, metode kerja, dll. Penyebab khusus ini mengambil pola-pola non acak (*non random patterns*) sehingga dapat di definisikan/ditemukan, sebab mereka tidak selalu aktif dalam proses tetapi memiliki pengaruh yang lebih kuat pada proses, sehingga menimbulkan variasi. Dalam konteks analisis data menggunakan peta-peta kendali atau kontrol (*control charts*), jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang melewati atau keluar dari batas-batas pengendalian yang didefinisikan (*defined control limits*).

2. Variasi penyebab utama (*common-causes variation*)

Adalah faktor-faktor didalam sistem manajemen kualitas atau yang melekat pada proses yang menyebabkan timbulnya variasi dalam system itu beserta hasil-hasilnya. Penyebab umum sering disebut juga sebagai penyebab acak (*random causes*) atau penyebab sistem (*system cause*). Karena penyebab umum ini selalu melekat pada sistem manajemen kualitas, untuk menghilangkannya kita harus menelusuri

elemen-elemen dalam sistem itu dan hanya pihak manajemen yang dapat memperbaikinya, karena pihak manajemen yang mengendalikan sistem manajemen kualitas itu. Dalam konteks analisis data dengan menggunakan peta-peta kendali atau control (*control chars*), jenis variasi ini sering ditandai dengan titik-titik pengamatan yang berada dalam batasan-batasan yang didefinisikan (*defined control limits*).

Umumnya metode statistik banyak digunakan dalam upaya pengendalian proses produksi. Pendekatan yang paling umum digunakan dalam dunia industri adalah dengan metode *Statistical Process Control (SPC)*. *Statistical Process Control* merupakan metode pengambilan keputusan secara analisis yang memperlihatkan suatu proses berjalan baik atau tidak, SPC digunakan untuk memantau konsistensi proses yang digunakan untuk pembuatan produk yang dirancang dengan tujuan mendapatkan proses yang terkontrol (Yuri dan Nurcahyo, 20013).

2.6 Peta Kendali

Peta kendali pertama kali dikenalkan oleh Dr. Walter Andrew Stewhart dari Bell Telephon Laboratories, Amerika Serikat, pada tahun 1924 dengan maksud untuk mrenghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab umum (*common-causes variation*) dari variabel yang disebabkan oleh penyebab umum (*common-causes variation*) (Gaspersz, 2001).

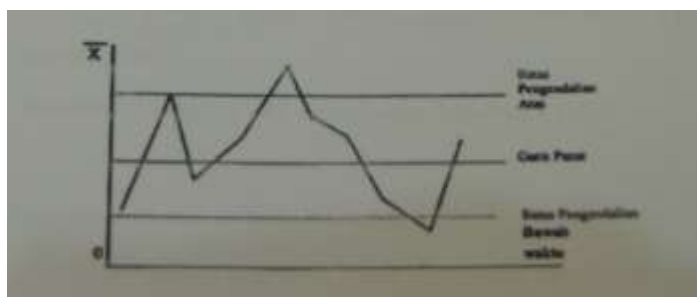
Peta kendali memiliki beberapa tujuan, yaitu (Yuri dan Nurcahyo, 2013) :

1. Menunjukkan pola data, contoh : trend
2. Memberikan koreksi sebelum proses benar-benar diluar kendali.
3. Menunjukkan penyebab perubahan pada pasangan data. Penyebab terkondisi.

4. Data berada diluar batas kendali atau kecendrungan data. Penyebab alamiah.
5. Variasi acak disekitar rata-rata.

Pada dasarnya setiap peta kendali memiliki (Gaspersz, 2001) :

1. Garis Tengah (*central line*), yang biasa dinotasikan sebagai CL
2. Sepasang batas control (*control limits*) Sebagai batas kontrol atas (*upper control limits*), biasa di notasikan sebagai UCL.
3. Tebaran nilai-nilai karakteristik kualitas menggambarkan keadaan dari proses. Jika semua nilai yang ditebarkan (diplot) pada peta itu berada didalam batas-batas kontktor tanpa memperlihatkan kecendrungan tertentu, Maka proses yang berlangsung dianggap sebagai berada dalam keadaan terkontrol atau terkendali, Namaun jika nilai-nilai yang di tebarkan pada peta itu jatuh atau berada di luar batas-batas kontrol atau memperlihatkan kecendrungan tertentu atau memiliki bentuk aneh, maka proses yang berlangsung di anggap sebagai berada dalam keadaan diluar kontrol, atau tidak berada dalam pengendalian, sehingga perlu diambil tindakan korektif untuk memperbaiki proses yang ada.

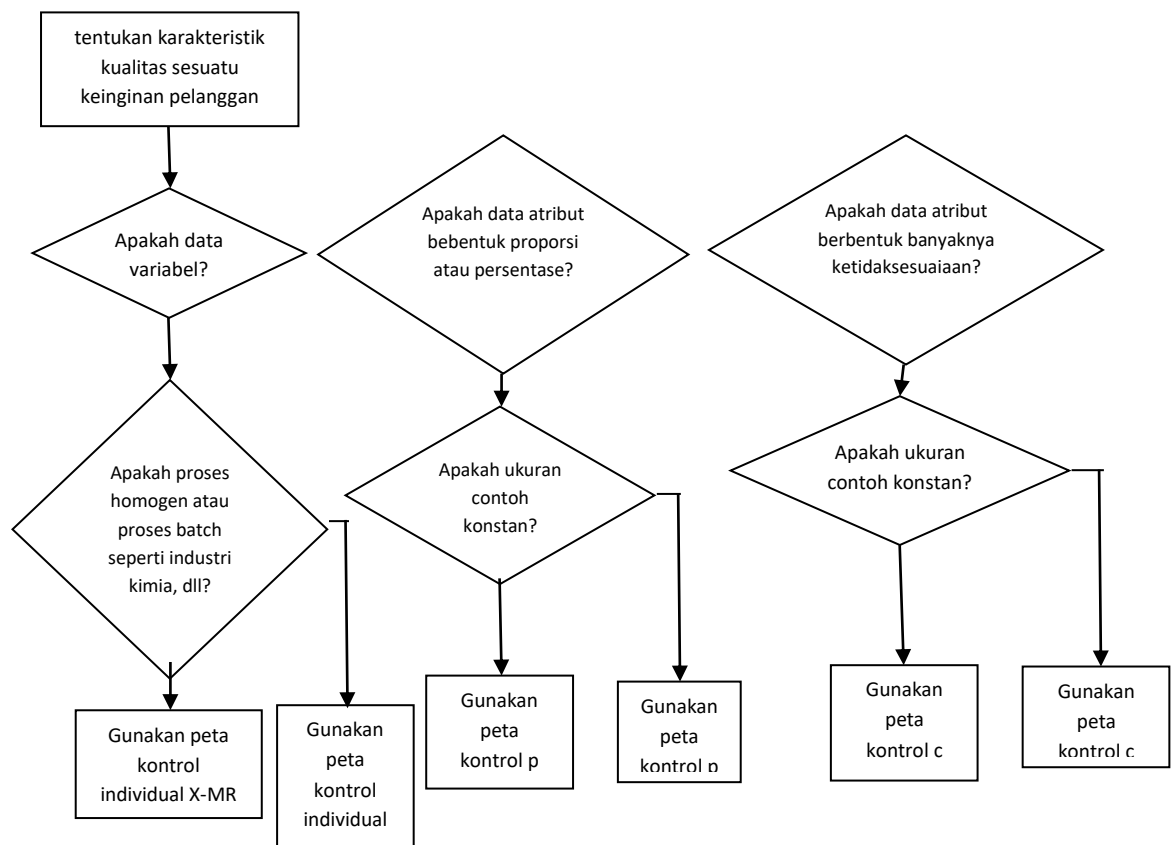


Gambar 2.2 Peta Kendali

2.7 Jenis-jenis Peta Kendali

Berbagai peta kendali dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan seperti ditunjukkan melalui diagram alir penggunaan peta-peta kendali dalam gambar

Berikut:



Gambar 2.3 Jenis Peta Kendali

Sumber: Gaspersz (2001)

a. Peta kendali untuk data variable

Data variabel (*variable data*) merupakan data kuantitatifnya diatur untuk keperluan analisis. Contoh dari data variabel karakteristik kualitas adalah diameter pipa, ketebalan produksi kayu lapisan, berat semen dalam kantong, banyak kertas setiap rim, konsentrasi elektrolit dalam persen, dll.

Variabel adalah karakteristik kualitas seperti berat , panjang, waktu, temperatur, volt, tensile strength, penyusutan, atau karakteristik lainnya yang dapat diukur (Yuli dan Nurcahyo, 2013).

Adapun tujuan dari peta kendali variabel adalah (Yuri dan Nurcahyo, 2013).

1. Melihat sejauh mana proses produksi sudah sesuai dengan standar design proses. Sudah sesuai ataukah belum.
2. Mengetahui sejauh mana masih perlu diadakan penyesuaian-penyesuaian (adjustments) pada mesin/alat/metode kerja yang dipakai dalam proses produksi.
3. Mengetahui penyimpanan kualitas atas hasil (produk) dari proses produksi, yang kemudian disusul dengan dilaksanakannya tindakan-tindakan tertentu dengan tujuan agar tidak terjadi penyimpangan-penyimpangan kualitas pada proses berikutnya.

Peta-peta kendali yang umum dipergunakan untuk data variabel adalah (Gaspersz, 2001).

1. Peta kendali \bar{x} dan r

Peta kendali \bar{X} (rata-rata) dan R (range) digunakan untuk memantau proses yang mempunyai karakteristik berdimensi kontinu, sehingga peta kendali \bar{X} dan R sering disebut sebagai peta kendali untuk variabel peta kendali \bar{X} menjelaskan kepada kita tentang apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran titik pusat (central tendency) atau rata-rata dari suatu proses. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti : peralatan yang dipakai, peningkatan

temperatur secara gradual, perbedaan metode yang digunakan dalam shift, material baru, tenaga kerja baru yang belum terlatih, dll.

Sedangkan peta kendali R (range) menjelaskan tentang apakah perubahan-perubahan telah terjadi dalam ukuran variabel, dengan demikian berkaitan dengan perubahan homogenitas produk yang dihasilkan melalui suatu proses. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor-faktor seperti : bagian peralatan yang hilang, minyak pelumas mesin masih yang tidak mengalir dengan baik, kelelahan pekerja, dan lain-lain.

2. Peta kendali individual X dan MR

Dalam banyak kasus, ukuran contoh yang digunakan untuk pengendalian proses adalah hanya satu ($n=1$). Hal ini sering terjadi apabila pemeriksaan dilakukan secara otomasi dan terjadi pada tingkat produksi yang sangat lambat sehingga sukar untuk mengambil ukuran contoh (n) lebih besar dari pada satu. Demikian pula dalam kasus dimana pengukuran menjadi sangat mahal, misalnya : uji-uji yang sifatnya merusak, misalnya menguji daya tahan mobil mewah dengan harus mengorbankan mobil mewah itu untuk dirusak, katakanlah pada tembok atau lainnya. Dalam menghadapi situasi seperti dikemukakan di atas, pembuatan peta kendali berdasarkan pengamatan tunggal ($n=1$) dari setiap contoh yang di ambil menjadi sangat penting. Pembuatan peta kendali X dan MR (moving ranger) diterapkan pada proses-proses yang menghasilkan produk relative homogeny, misalnya dalam cairan kimia, kandungan mineral dalam air, makanan,

dll. Demikian pula dapat diterapkan pada kasus-kasus dimana inspeksi 100% digunakan untuk produk yang sangat lama.

b. Peta kendali untuk data atribut

Data atribut (Attributes data) merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk pencatatan dan analisis. Contoh dari data atribut karakteristik kualitas adalah : ketiadaan label pada kemasan produk, kesalahan proses administrasi buku tabungan pada nasabah, banyaknya jenis cacat pada produk, banyaknya produk kayu lapis yang cacat karena corelap, dll data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit nonkonformans atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi atribut yang ditetapkan.

Atribut didefinisikan sebagai persyaratan kualitas yang diberikan kepada suatu barang yang banyak menunjukkan apakah barang/produk tersebut diterima atau ditolak. Diagram atribut biasanya digunakan untuk menganalisa yang bersifat diskrit. Contohnya : kelingan yang rusak pada sayap pesawat, gelembung-gelembung udara pada botol/ gelas, goresan pada lempengan plat atau sebagainya (Yuri dan Nurcahyo, 2013)

Pada umumnya untuk data atribut dipergunakan peta-peta kendali sebagai berikut (Gaspersz, 2001).

1. Peta kendali p

Peta kendali p digunakan untuk mengukur proporsi ketidak sesuaian (penyimpangan atau sering disebut cacat) dari item-item dalam kelompok yang sering di inspeksi. Dengan demikian peta kendali p digunakan untuk mengendalikan proporsi dari item-item yang tidak memenuhi syarat spesifikasi kualitas atau proporsi dari produk yang

cacat yang dihasilkan dalam suatu proses. Proporsi yang tidak memenuhi syarat dalam suatu kelompok terhadap total banyaknya item dalam kelompok itu. Item-item itu dapat mempunyai beberapa karakteristik kualitas yang diperiksa atau diuji secara simultan oleh pemeriksa. Jika item-item itu tidak memenuhi standar pada suatu atau lebih karakteristik kualitas, maka item-item itu digolongkan sebagai tidak memenuhi syarat spesifikasi atau cacat. Proporsi sering diungkapkan dalam bentuk desimal, misalnya jika ada 30 unit produk yang cacat dari 100 unit produk yang diperiksa, dikatakan bahwa proporsi dari produk cacat adalah sebesar $30/100=0,30$. Apabila nilai proposal ini dikaitkan bahwa persentase dari produk cacat adalah sebesar $(0,30) (100\%) = 30\%$.

2. Peta kendali np

Pada dasarnya peta kendali np serupa dengan kendali p, kecuali dalam peta kendali np terjadi perubahan skala pengukuran. Peta kendali np menggunakan ukuran banyaknya item yang tidak memenuhi spesifikasi atau banyaknya item yang tidak sesuai (cacat) dalam suatu pemeriksaan. Sehingga pilihan penggunaan petakendali np apabila hal-hal berikut berlaku.

- a. Data banyaknya item yang tidak sesuai dengan lebih bermanfaat dan mudah untuk diinterpretasikan dalam pembuatan laporan dibandingkan data proporsi.
- b. Ukuran contoh (n) bersifat konstan dari waktu ke waktu.

3. Peta kendali c

Suatu item yang tidak memenuhi syarat atau yang cacat dalam proses pengendalian kualitas didefinisikan sebagai tidak memiliki satu atau lebih spesifikasi untuk item itu. Setiap titik spesifik (*specific point*) yang tidak memenuhi spesifikasi yang ditemukan untuk item itu, menyebabkan item itu digolongkan sebagai cacat atau tidak memenuhi syarat. Penggolongan produk yang cacat berdasarkan kriteria diatas, kadang-kadang untuk jenis produk tertentu dianggap kurang representative, karena bisa saja suatu produk masih dapat berfungsi dengan baik meskipun mengandung satu atau titik spesifik yang tidak memenuhi spesifikasi. Sebagai contoh, dalam proses perkaitan komputer, setiap unit komputer dapat saja mengandung satu atau lebih titik lemah, namun kelemahan itu tidak mempengaruhi oprasional komputer, dan karena itu dapat digolongkan sebagai tidak cacat atau masih layak diterima. Bagaimanapun, jika terdapat banyak titik lemah, tentu saja unit komputer itu perlu digolongkan sebagai cacat atau tidak memenuhi syarat. Demikian pula misalnya dalam proses pembuatan kayu lapis. Mungkin dalam satu lembar kayu lapis terdapat beberapa titik lemah, misalnya terkena minyak mesin, core kotor, core tidak rata, dll, namun dapat saja kayu lapis itu masih dianggap dapat diterima dalam batas-batas tertentu. Demikian pula misalnya dalam pemeriksaan terhadap mobil-mobil yang siap dipasarkan, masih ditentukan beberapa titik lemah, namun mobil-mobil itu ditolak untuk dikerjakan ulang karena titik lemah itu tidak berpengaruh serius pada operasional mobil tersebut. Demikian pula

misalnya dalam kasus proses pengisian formulir ditentukan ada beberapa kesalahan kecil, namun formulir itu masih dapat diterima untuk di proses lanjut.

Dalam kasus-kasus yang dikemukakan diatas, dimana kita masih dapat memberikan toleransi atas kelemahan satu atau beberapa titik spesifik yang tidak memenuhi syarat sepanjang tidak mempengaruhi fungsi dari item yang diperiksa itu, peta kendali yang sesuai untuk hak seperti ini adalah peta kendali c yang didasarkan pada banyaknya titik spesifik yang tidak memenuhi syarat dalam suatu item. kendali p atau np didasarkan pada unit produk secara keseluruhan. Dalam hal ini suatu produk dinyatakan cacat apabila mengandung paling sedikit satu spesifik yang tidak memenuhi syarat dalam produk itu, sehingga suatu produk dapat saja dianggap memenuhi syarat meskipun mengandung satu atau beberapa titik spesifik yang cacat. Pada kendali c membutuhkan ukuran contoh konstan atau banyaknya item yang diperiksa bersifat konstan untuk setiap periode pengamatan.

4. Peta kendali u

Peta kendali u mengukur banyaknya ketidaksesuaian (titik spesifik) per unit laporan inspeksi dalam kelompok (periode) pengamatan, yang memungkinkan memiliki ukuran contoh (banyaknya item yang diperiksa). Peta kendali u serupa dengan peta kendali c, kecuali bahwa banyaknya ketidaksesuaian dinyatakan dalam basis perunit item. Peta kendali u dan c sesuai untuk beberapa kondisi. Bagaimanapun peta

kendali u dapat dipergunakan apabila ukuran contoh lebih dari satu unit dan memungkinkan bervariasi dari waktu ke waktu.

2.8 Peta kendali yang digunakan

Peta kendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta kendali X (rata-rata) dan peta kendali R (range). Pengendalian mean proses biasanya dikendalikan dengan bagian pengendalian rentang atau grafik pengendalian R (montgomery, alih bahasa Zanzawi, 1990).

a. Peta kendali X

X merupakan besaran (variabel) yang dapat diukur, yang cara mengukurnya menggunakan alat-alat yang bersesuaian dengan apa yang akan di ukur. Diagram X digunakan untuk menganalisis nilai rata-rata subkelompok data. Nilai rata-rata tersebut kemudian akan menunjukkan bagaimana penyimpangan rata-rata sampel dari rata-ratanya. Penyimpangan ini akan memeberikan gambaran bagaimana konsistensi proses. Semakin dekat rata-rata sempel ke nilai rata-ratanya maka cenderung stabil, sebaliknya maka proses cenderung tidak stabil (Yuri dan Nurcahyo, 2013).

Peta kendali X dapat digunakan untuk :

1. Memantau perubahan suatu sebaran atau distribusi suatu variabel asal dalam hal lokasinya (pemusatannya).
2. Apakah proses pemusatannya masih berada dalam batas-batas pengendalian atau tidak.
3. Apakah rata-rata produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

b. Peta kendali R

R adalah range, yaitu mengukur beda nilai terendah dan tertinggi sampel produk yang diobservasi, dan memberikan gambaran mengenai variabiliti proses (Yuri dan Nurcahyo, 2013).

Peta kendali R dapat digunakan untuk :

1. Memantau perubahan dalam hal penyebarannya.
2. Memantau tingkat keakurasian/ketepatan proses yang diukur dengan mencari range dari sampel yang di ambil.

Menentukan batas-batas kendali dalam peta kendali X dan R dilakukan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

Nilai rata-rata (\bar{X}) diperoleh dengan menggunakan rumus (Yuri dan Nurcahyo, 2010).

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = rata-rata dari sub grup

X_n = sampel ke - n

n = ukuran sampel

Sedangkan nilai range (R) diperoleh dari pengukuran nilai X terbesar dengan X terkecil, sehingga :

$$R = X_{\text{terbesar}} - X_{\text{terkecil}}$$

Garis tengah (central line-CL) dapat diperoleh dengan menggunakan rumus (Besterfield, 1994).

$$\bar{x} = \frac{\sum X_1}{k}$$

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

Dimana :

\bar{X} = rata-rata dari rata-rata sub grup

X^i = rata – rata dari sub grub ke – i

k = jumlah sub grup

R = rata-rata range

R_i = range dari sub ke-i

Batas kendali diagram ditetapkan pada ± 3 deviasi standar dari nilai tengah, seperti yang ditunjukkan rumus (Besterfield, 1994).

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X} + 3\sigma_{\bar{x}}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{x}}$$

$$UCL_{\bar{R}} = \bar{R} + 3\sigma_{\bar{R}}$$

$$LCL_{\bar{R}} = \bar{R} - 3\sigma_{\bar{R}}$$

Dimana :

UCL = *Upper control limits* (batas kontrol atas)

LCL = *Lower control limits* (batas kontrol bawah)

$\sigma_{\bar{x}}$ = Standar deviasi dari rata-rata sub grup

$\sigma_{\bar{R}}$ = Standar deviasi dari *range*

Dalam prakteknya, perhitungan disederhanakan menggunakan hasil dari range (\bar{R}) dan sebuah faktor (A_2) untuk menggantikan 3σ ($A_2 \bar{R} = 3\sigma_{\bar{x}}$) pada rumusan untuk peta kendali Xbar. Untuk peta kendali R, \bar{R} digunakan untuk memperkirakan standar devinisi untuk range (σ_R) sehingga rumusnya menjadi.

$$UCL\bar{x} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$UCL\bar{x} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

$$UCLR = D_4\bar{R}$$

$$UCL R = D_3\bar{R}$$

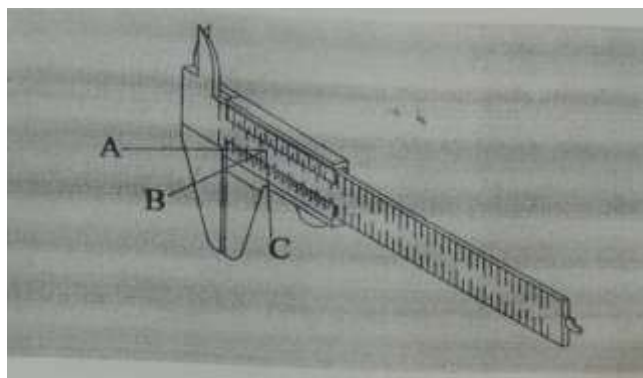
Dimana A_2, D_3 dan D_4 adalah faktor koefisien yang bervariasi sesuai dengan jumlah sub grup dan diperoleh dari tabel koefisien.

2.9 Pengertian pengukuran

Sistem pengukuran adalah seluruh proses yang digunakan untuk mendapatkan suatu pengukuran yang terdiri dari alat ukur, standard, operasi, metode, *fixtures*, *software*, personil, lingkungan dan asumsi yang digunakan mengkuantifikasi unit pengukuran. Measurement atau pengukuran didefinisikan sebagai suatu ketetapan angka (atau nilai) terhadap suatu material yang menunjukkan hubungan antara mereka terhadap sifat khususnya. Definisi ini pertama kali dicetuskan oleh Einsenhart (*Fourth Edition*, 2010).

Untuk memastikan setiap produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan maka diperlukan suatu jaminan akan kualitas (*Quality assurance*). Untuk merealisasikan hal tersebut maka setiap tahapan proses produksi memerlukan pengontrolan. Contoh plan adalah suatu cara yang digunakan untuk mengontrol setiap tahapan produksi yang ada. Beberapa komponen yang tercantum pada control plan adalah nama proses, karakteristik produk, evaluasi teknik pengukuran yang didalamnya tercantum nama alat ukur yang digunakan, ukuran sampel dan frekuensi pengambilan sampel. Alat ukur yang tercantum pada control plan sesuai dengan alat ukur yang ditetapkan pada rancangan proses pembuatan produk.

Hasil suatu pengukuran dapat dipengaruhi oleh beberapa hal di antaranya adalah alat ukur. Alat ukur yang digunakan harus sesuai spesifikasi yang diinginkan dan hasil pengukuran tersebut. Contohnya jika hasil yang diinginkan memiliki ketelitian 0.1 hal ini dimaksud agar variasi yang terjadi pada karakteristik yang diukur dapat terlihat jelas, tidak bias. Cara penggunaan alat ukur dapat mempengaruhi hasil pengukuran dapat digambarkan sebagai berikut, Penempatan yang lebih pada sisi kiri atau kanan akan menghasilkan pembacaan yang berbeda. Kepresisian alat ukur digital umumnya lebih bagus dibandingkan alat ukur analog. Pada alat ukur digital hasil pengukuran langsung terlihat pada *display* alat ukur, sehingga pembaca pada setiap orang sama sehingga memperkecil variasi pengukuran. Sedangkan pengukuran dengan alat ukur analog memungkinkan dapat menghasilkan bias yang besar dibandingkan alat ukur digital. Hal ini dikarenakan adanya kesalahan pembaca skala pada alat ukur analog, karena sudut pembacaan yang berbeda (paralaks). Untuk memperkecil kesalahan pembacaan sebaiknya pembaca dalam posisi tegak lurus atau horizontal dengan skala. Posisi B pada gambar 2.4 akan menghasilkan kesalahan pembacaan yang lebih kecil dibandingkan posisi A dan C.



Gambar 2.4 Sudut pembacaan pada jangka sorong

2.9 Definisi *Measurement System Analysis* (MSA)

Kualitas data didefinisikan sebagai *statistical properties* pengukuran yang didapat dari pelaksanaan sistem pengukuran dalam kondisi stabil. Jika pengukuran semuanya mendekati nilai yang dijadikan master untuk karakteristik tersebut, maka kualitas data tersebut dikatakan tinggi. Demikian pula jika beberapa atau semua jauh dari master nilai, maka kualitas data tersebut dikatakan jelek. Sifat statistik yang umum digunakan untuk mengkarakterisasi kualitas data adalah bias dan *variance* sistem pengukuran bias merujuk lokasi data relatif nilai yang dijadikan *reference* (master). Sedangkan *variance* merujuk pada penyebaran data.

Measurement system analysis (MSA) adalah suatu studi analitik tentang suatu pengaruh suatu sistem pada sistem pengukuran. Sistem tersebut umumnya terdiri dari appraser (orang yang melakukan pembacaan alat ukur), alat ukur dan produk. Pengukuran bukanlah sesuatu yang selalu sama, jarang yang menyadari bahwa terdapat kemungkinan terjadinya variasi pada sistem pengukuran. Variasi ini akan mempengaruhi hasil pengukuran seseorang yang selanjutnya dapat mempengaruhi keputusan yang diambil berdasarkan data tersebut.

Kesalahan pada sistem pengukuran dapat di kategorikan menjadi 5 kelompok yaitu *bias*, *repeatability*, *reproducibility*, *stability*, dan *linearity*. Terdapat tiga masalah pokok yang harus di perhatikan dalam mengevaluasi sistem pengukuran, yaitu :

1. sistem pengukuran harus memiliki sensitivitas yang cukup.
2. Sistem pengukuran harus stabil.
3. Bisa terjadi terhadap konsisten *range* yang diharapkan dan memadai untuk tujuan pengukuran (produk dan proses kontrol).

Salah satu tujuan melakukan studi pada sistem pengukuran adalah untuk mendapatkan informasi relatif pada jumlah dan tipe variasi pengukuran dengan sistem pengukuran ketika berinteraksi dengan lingkungan. Informasi ini cukup berharga karena untuk rata-rata proses produksi lebih praktis untuk mengetahui *repeatability* dan kalibrasi *bias*, serta membuat batasan yang dapat diterima untuk kasus tersebut, dibandingkan harus menyediakan alat ukur yang sangat akurat dengan *repeatability* yang tinggi. Sebagian besar proses pengukuran, total variasi pengukuran digambarkan dengan distribusi normal. *Normal probability* adalah suatu asumsi *standard* yang digunakan MSA. Lokasi terjadinya variasi terdiri dari akurasi, bias stabilitas dan linearitas. Sedangkan lebarnya variasi terdiri dari presisi, *repeatability*, *reproductibility gage R&R (GRR)*. *Sensivitas, consistency dan uniformity*. (Ni Putu Wansri Septia Dewi dan Haryono, 2013).

a. Akurasi

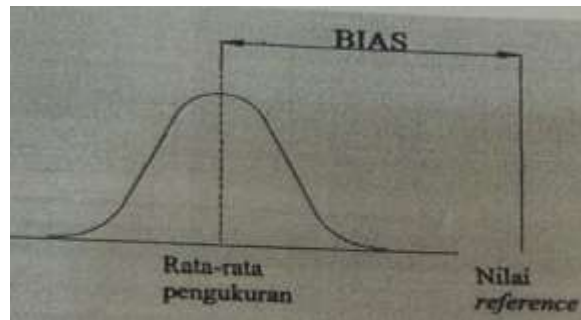
Akurasi secara umum didefinisikan sebagai ketepatan yang berhubungan dengan kedekatan antara rata-rata satu atau lebih hasil ukuran dengan nilai referensi. Pada beberapa organisasi akurasi digunakan bergantian dengan bias. Untuk menghindari kebingungan yang akan terjadi akibat penggunaan kata akurasi maka istilah bias yang akan digunakan sebagai deskripsi lokasi kesalahan (*error*).

b. Bias

Bias adalah perbedaan antara nilai referensi dengan rata-rata pengamatan pengukuran pada karakteristik dan part yang sama bias yang sangat tinggi kemungkinan disebabkan oleh.

1. Alat ukur perlu di kalibrasi.

2. Penggunaan alat ukur, perlengkapan alat ukur atau fixture.
3. Kesalahan pemilihan aplikasi alat ukur.
4. Perbedaan metode pengukuran.

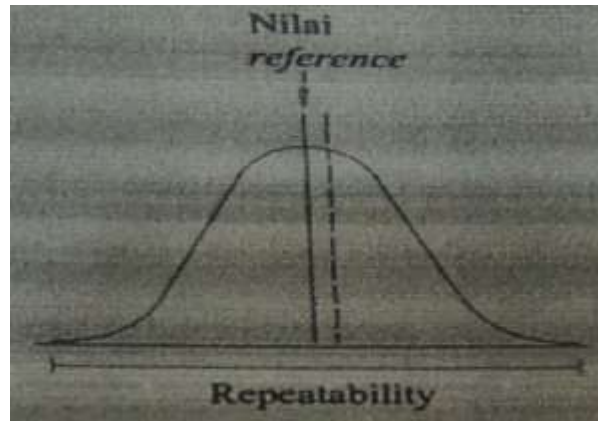


Gambar 2.5 Bias

c. Presisi

Secara tradisional presisi menggambarkan efek dan discrimination, sensitivitas, Dan *repeatability* dalam range pelaksanaan sistem pengukuran, Pada kondisi nyata presisi lebih sering digunakan untuk menggambarkan variasi yang diharapkan dan pengukuran yang berulang-ulang dalam range pengukuran. Range pengukuran dapat berupa size atau waktu.

Repeability adalah variasi dalam pengukuran yang didapat dan satu alat pengukuran ketika digunakan beberapa kali oleh satu appreiser pada pengukuran suatu karakteristik pada part yang sama.



Gambar 2.6 Reapeatability

d. *Reproducibility*

Reproducibility didefinisikan sebagai variasi pada rata-rata yang dilakukan oleh appraiser yang berbeda menggunakan alat ukur yang sama ketika mengukur suatu karakteristik pada part yang sama.

Gage R&R (GRR)

Gage R & R (GRR) adalah perkiraan dan kombinasi reproducibility dan repeatability. Sebelum melakukan studi analisis sistem pengukuran diperlukan beberapa persiapan awal, yaitu sebagai berikut :

1. Perencanaan pendekatan yang akan dilakukan.
2. Jumlah *appraiser*, jumlah sampel part, dan jumlah pengulangan pembacaan harus ditentukan diawal. Sample part $n > 5$. Sedangkan untuk *appraiser* dan pengulangan pembacaan tidak ada ketentuan minimum jumlah.
3. Karena bertujuan untuk mengevaluasi keseluruhan sistem pengukuran maka *appraiser* yang di pilih harus yang bisa mengoprasikan alat tersebut.

4. Pemilihan sample part yang merupakan hal yang penting dalam MSA agar mendapatkan analisa yang tepat. Part sample yang dipilih harus dapat menggambarkan proses produksi.
5. Alat ukur yang dipakai harus memiliki diskriminasi paling sedikit satu per sepuluh dan variasi proses yang diharapkan dan suatu karakteristik yang akan diukur. Sebagai contoh, jika variasi karakteristik adalah 0.001 maka alat ukur yang digunakan harus dapat membaca perubahan 0.00001.
6. Pastikan bahwa metode (*appraiser* dan alat ukur) adalah mengukur dimensi karakteristik sesuai dengan prosedur pengukuran yang ada.

Prosedur pelaksanaan analisa sistem pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Jumlah sample yang di perlukan adalah minimal 6 ($n > 5$) yang merepresentasikan aktual *range* variasi proses yang diharapkan.
2. Berikan penomoran pada setiap part dan sebaliknya nomor part tidak diketahui oleh *appraiser*. Hal ini dilakukan sebagai cara untuk mendapatkan variasi yang mendekati aktual.
3. Kalibrasi alat ukur yang akan digunakan.
4. Pengukuran dimulai dengan *appraiser* A mengukur n part dalam posisi acak pada *trial* pertama. Masuk data pada baris *trial* pertama dan kolom yang sesuai dengan nomor part yang diukur
5. Kemudian dilanjutkan dengan *appraiser* B,C, dan seterusnya mengukur n part tanpa melihat hasil pengukuran masing-masing. Kemudian masukan data pada kolom yang telah disediakan.

6. Ulangi *cycle* hingga keseluruhan sample part diukur pada trial pertama.
7. Lakukan langkah 4 sampai dengan 6 hingga selesai *n trial* yang direncanakan.
8. Jika *appraiser* berada pada shift yang berbeda maka alternatif cara dapat digunakan. Biarkan *appraiser* A mengukur keseluruhan sample part kemudian menuliskan data pada baris trial pertama. Kemudian minta *appraiser* A melakukan kembali pengukuran pada keseluruhan sample part dengan urutan yang berbeda dengan trial pertama. Lakukan hal yang sama dengan *appraiser* B dan C. Bentuk form pengisian data analisa sistem pengukuran dapat dilihat pada gambar 2.7

PT GARUDA MERSINDOTA PENGUKURAN & CALIBRASI PORT MIRA		FORM DATA HASIL PENGUKURAN											
Gage Name	:									Date	:		
Part name	:									Appraiser	:		
point	:									Appraiser	:		
Sample trial & jumlah ap:	:												
Sample (n)	:												
Appraiser (n)	:												
Apraiser	Sample												
	trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1												
	2												
Apraiser	Sample												
	trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1												
	2												
B	Sample												
	trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1												
	2												
B	Sample												
	trial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1												
	2												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tanggal</th> <th>Dibuat</th> <th>Diperiksa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TTD</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nama</td> <td>Nama</td> <td>Nama</td> </tr> </tbody> </table>			Tanggal	Dibuat	Diperiksa	TTD			Nama	Nama	Nama		
Tanggal	Dibuat	Diperiksa											
TTD													
Nama	Nama	Nama											

Gambar 2.7 forum pengisian data MSA

Setelah pengumpulan data dilakukan tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan numeric pada data-data tersebut dengan menggunakan rumus-rumus yang digunakan pada GR&R sebagai berikut :

1. Rata-rata (average) n pembacaan.

$$\chi = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n_{part}} \text{ Dimana :}$$

χ = rata-rata dari sub grup

χ_i = sampel

n = ukuran sampel

2. Range (R) = $\max(\chi_i) - \min \chi_i$

$$\text{Average } X = \frac{\chi_i}{n}$$

$$\text{Average range} = \frac{\dots}{n}$$

3. Part Average = $\max(\text{rata-rata range } n \text{ trial}) - \min(\text{rata-rata range } n \text{ trial})$

$$= \sum \bar{R}_i / r$$

$$X_{DIFF} = \min X_i - \min X_i$$

4. Grafik R

$$UCL_R = \bar{R} \times D_4 \text{ dimana } D_4 = 3.247 \text{ untuk } 2 \text{ trial dan } 2.58 \text{ untuk } 3 \text{ trial}$$

$$LCL_R = 0 \text{ untuk trial yang kurang dari } 7$$

$$CL_R = R$$

Grafik X-bar

$$UCL_x = \bar{X} + (\bar{R} \times A_2)$$

$$LCL_x = \bar{X} - (\bar{R} \times A_2) \text{ dimana } A_2 = 1,880 \text{ untuk } 2 \text{ trial, dan } 1,023 \text{ untuk}$$

$$3 \text{ trial. } CL_x = \bar{X}$$

Nilai UCL, LCL, dan CL kemudian digambarkan pada grafik R dan grafik X-bar. Averages (rata-rata) dari pengukuran yang berbeda oleh beberapa appraiser pada beberapa part diplot oleh *appraiser* dengan nomor part sebagai indeksnya. Hal ini dapat membantu dalam menentukan konsistensi antar *appraiser*. Rata-rata dan batas kontrol ditentukan dengan menggunakan kisaran rata-rata juga digambarkan. Hasil bagian rata-rata

memberikan indikasi dapat digunakan pada sistem pengukuran. Daerah dalam batas kontrol mewakili sensitivitas pengukuran. Sekitar setengah atau lebih rata-rata harus berada diluar batas kontrol. Jika data menunjukkan pola ini, maka sistem pengukuran telah memadai untuk mendeteksi variasi bagian ke bagian dan sistem pengukuran dapat memeberikan informasi yang berguna untuk menganalisis dan mengendalikan proses. Jika kurang dari setengah berada di luar batas kontrol maka sistem sistem pengukuran kurang memadai atau sempel tidak mewakili variasi proses yang di harapkan.

Grafik rentang kendali digunakan untuk menentukan apakah proses berada dalam kontrol. Alasannya adalah bahwa tidak peduli seberapa besar mungkin kesalahan pengukuran, batas kontrol akan memungkinkan untuk kesalahan itu. Utulah mengapa sebab khusus perlu diidentifikasi dan dihapus sebelum studi pengukuran dapat relevan. Jika semua rentang berada dalam kendali, semua appraiser telah melakukan standar kerja yang sama. Jika salah beberapa diluar batas kontrol, metode yang digunakan beberapa dari yang lain. Jika semua penilaian memiliki beberapa dari rentang kendali, sistem pengukuran sensitif terhadap teknik penilaian dan perlu perbaikan untuk memproleh data yang berguna.

Selanjutnya dari hasil perhitungan numerik dilakukan analisa. Analisa hasil perhitungan tersebut akan dihasilkan perkiraan persentase variasi proses dari keseluruhan sistem pengukuran serta nilai *repeatability* (EV), *reproductibility* (AV), dan variasi part to part (PV). Berikut ini merupakan rumus-rumus yang digunakan :

1. *Repeatability-Equipment Variation* (EV) (variasi yang disebabkan alat ukur).

$$EV = R \times K_1$$

$K_1 = \frac{1}{d_{23}}$ diperoleh dari tabel pada lampiran. Nilai d_2 tergantung pada jumlah trial (m) dan jumlah part dikali jumlah appraiser (g).

2. *Reproducibility-appraiser variation* (AV) (variasi yang disebabkan operator)

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X_{DIFF}} K_2\right)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}}$$

K_2 tergantung jumlah *appraiser* dan merupakan kebalikan dari d_2 yang diperoleh dari lampiran. d_2^* tergantung dari jumlah *appraiser* (m) dan g.

$K_1 = \frac{1}{d_2^*}$ sedangkan n sama dengan sampel dan r untuk jumlah trial.

3. GRR (variasi yang disebabkan alat ukur dan operator).

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

4. *Variasi part* (PV) (variasi yang disebabkan produk)

$PV = R_p \times K_3$, nilai K_3 tergantung jumlah sampel part yang digunakan pada studi dan merupakan kebalikan dari d_2^* yang didapat dari lampiran. d_2^* tergantung dari jumlah appraiser (m) dan g.

$$K_3 = \frac{1}{d_2^*}$$

5. *Total variasi (TV)*

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$

6. *Number of distinct categories (NDC)*

$$NDC = 1,41 \left(\frac{PV}{GRR} \right)$$

Faktor dalam sistem pengukuran telah ditentukan, maka nilai-nilai tersebut dibandingkan dengan nilai total variasi. Persentase nilai-nilai tersebut dihitung dengan membandingkan setiap nilai (AV, EV, PV, dan GRR) dengan total variasi (TV) dikalikan 100. Namun penjumlahan dari keempat faktor tersebut tidak akan sama dengan 100%. Perbandingan ini membantu untuk menunjukkan faktor mana yang paling dominan dalam besaran %GRR sehingga harus dilakukan penanganan.

$$\%EV = 100 \times \frac{EV}{TV}$$

$$\%AV = 100 \times \frac{AV}{TV}$$

$$\%GRR = 100 \times \frac{GRR}{TV}$$

$$\%PV = 100 \times \frac{PV}{TV}$$

GRR data MSA di atas kemungkinan dibandingkan dengan ketentuan yang ada tentang kriteria penerimaan width error. Ketentuan tersebut adalah sebagai berikut :

1. %GRR < 10% secara umum dianggap sebagai sistem pengukuran yang layak dipakai.

2. $10\% < \%GRR < 30\%$ sistem pengukuran dapat dipakai dengan dasar kepentingan aplikasi, biaya alat pengukuran, biaya perbaikan dan sebagainya.
3. $\%GRR < 30\%$ sistem pengukuran dianggap tidak layak digunakan, diperlukan usaha-usaha untuk memperbaiki sistem pengukuran.

Langkah terakhir dalam analisa numeric adalah menentukan number of distinct catagori (NDC). Untuk bisa diterima dalam sistem pengukuran, hasil perhitungan nilai NDC harus lebih besar atau sama dengan 5. (*fourth edition, 2010*)

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Jurnal Peneitian Terdahulu

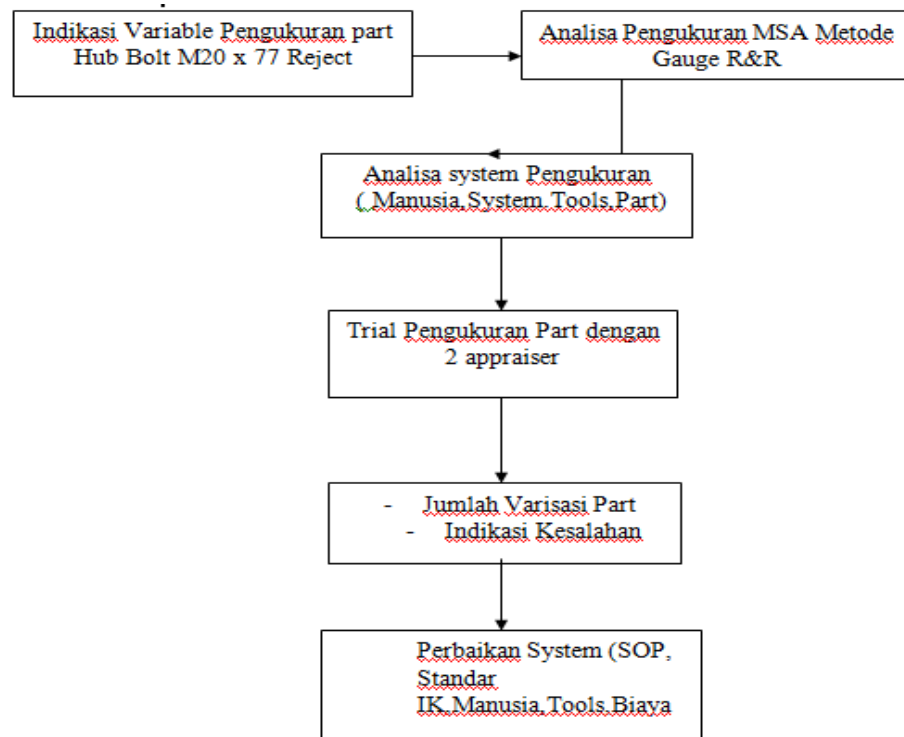
No	Tahun/Tempat	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	2006 Malaysia	Mohamed, N.& Davahran, Y.	Measurement System Analysis Using Repeatability & Reproducibility Techniques	Repeatability adalah variabilitas pengukuran yang diperoleh oleh satu orang sambil mengukur barang yang sama berulang-ulang. Ini juga dikenal sebagai ketepatan inheren dari peralatan pengukuran Reprodusibilitas adalah variabilitas dari sistem pengukuran yang ditimbulkan oleh perbedaan perilaku operator. Secara matematis, variabilitas nilai rata-rata diperoleh beberapa operator sambil mengukur barang yang sama.
2	2012 Pakistan	Amin, M., Akbar, A., Akram, M. & Ullah, M.A	Measurement System Analysis for Yarn Strength Spinning Processes	Penelitian saat ini berkaitan dengan penilaian presisi dan ketepatan data kekuatan benang yang mengarah pada reliabel keputusan tentang kualitas benang Analisis sistem pengukuran (MSA) kemudian digunakan untuk monitor keandalan data akibat operator. Rentang metode dan analisis varians (ANOVA) digunakan untuk MSA yang menghasilkan, signifikansi dari operator ' kontribusi. Karena ini, sistem pengukuran kekuatan benang tidak dapat diterima dan dibutuhkan koreksi tentang operator.
3	2010 Kansas, Amerika serika	Pandiripalli, B.	Repeatability And Reproducibility Studi: A Comparasion Of Techniques	Cage Repeatability & Reproducibility (GRR) Studi telah menjadi sangat penting dalam proses proyek perbaikan di sektor manufaktur. Ada berbagai metode untuk melakukan Studi GRR. Namun, yang paling banyak digunakan adalah Automotive Industry Action Group (AIAG), Dari hasil yang diperoleh, Repeatability dan Reproducibility telah diestimasi dengan metode AIAG dibandingkan dengan Wheeler's. Metode Wheeler memberi yang lebih baik pemahaman tentang sumber variasi.

No	Tahun/ Tempat	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
4	2006 Taiwan	Pan, J.	Evaluating the Gauge Repeatability and Reproducibility for Different Industrie	studi pengulangan dan reprodutifitas (GR & R) perlu dilakukan sebelum proses berlangsung analisis kemampuan untuk memverifikasi keakuratan alat ukur dan membantu organisasi meningkatkan kualitas produk dan layanannya. Dalam tulisan ini, sebuah metode statistik menggunakan hubungan antara GR & R dan indeks kemampuan proses diusulkan untuk dievaluasi kecukupan kriteria penerimaan rasio P / T. Akhirnya, analisis komparatifnya juga telah dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan GR & R di antara tiga metode (ANOVA, GR & R Klasik, dan Bentuk Panjang) referensi yang berguna untuk praktisi berkualitas di berbagai industri.
5	2012 Iran	Farhad Kooshan	Implementation of Measurement System Analysis System (MSA): In The Piston Ring Company" Case study"	Penelitian ini bertujuan untuk perbaikan pada salah satu pemasok perusahaan khodro Iran. Dan mencoba mengimplementasika Sistem analisis pengukuran sebagai syarat pada perusahaan otomotif. dan bertujuan peningkatan kualitas produk yang kuat dan mengurangi biaya duplikasi dan kegagalan / harga eksternal / internal. Adapun metodologi yang digunakan adalah MSA bersama dengan APQP. Kesimpulan, hasil uji awal (GR & R atau kemampuan alat ukur) diterima dengan menerapkan Diperlukan tindakan korektif, dan hasil untuk uji atribut (kemampuan inspektur) dan kemampuan mereka diidentifikasi untuk mendeteksi yang benar Sepotong, dan inspektur dicapai dalam mengatur pengaturan

2.11 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan bagaimana pengendalian kualitas yang dilakukan secara statistik dapat menganalisis tingkat besarnya variasi sehingga membutuhkan analisa pengukuran yang dihasilkan oleh *appraiser* PT. Garuda Metalindo Tbk.

Setiap produk telah memiliki standar kualitas yang diinginkan konsumen, kemudian hasil dari produksi mengacu kepada standar kualitas yang sudah ditentukan tersebut. Analisis tersebut menggunakan MSA metode *Gauge (R&R)* yang menganalisa akibat variasi part dan variasi yang masih acceptable. maka dapat disusun kerangka pemikiran dalam penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran

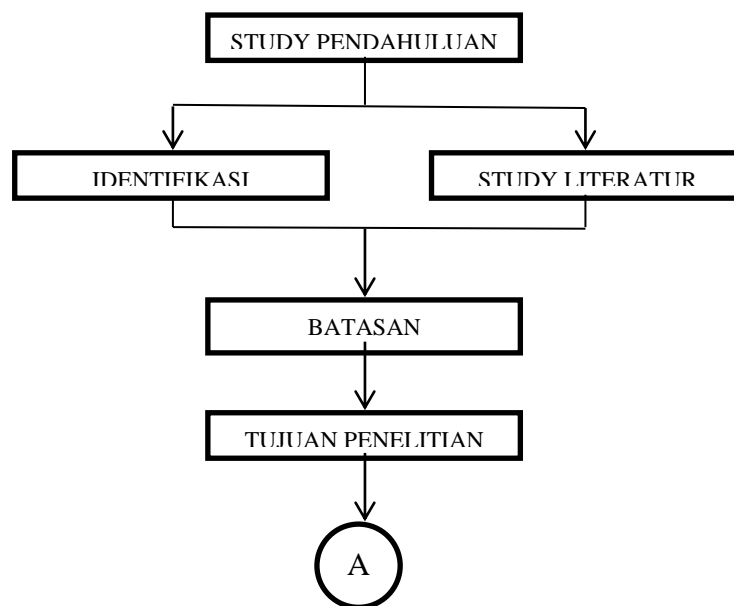
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

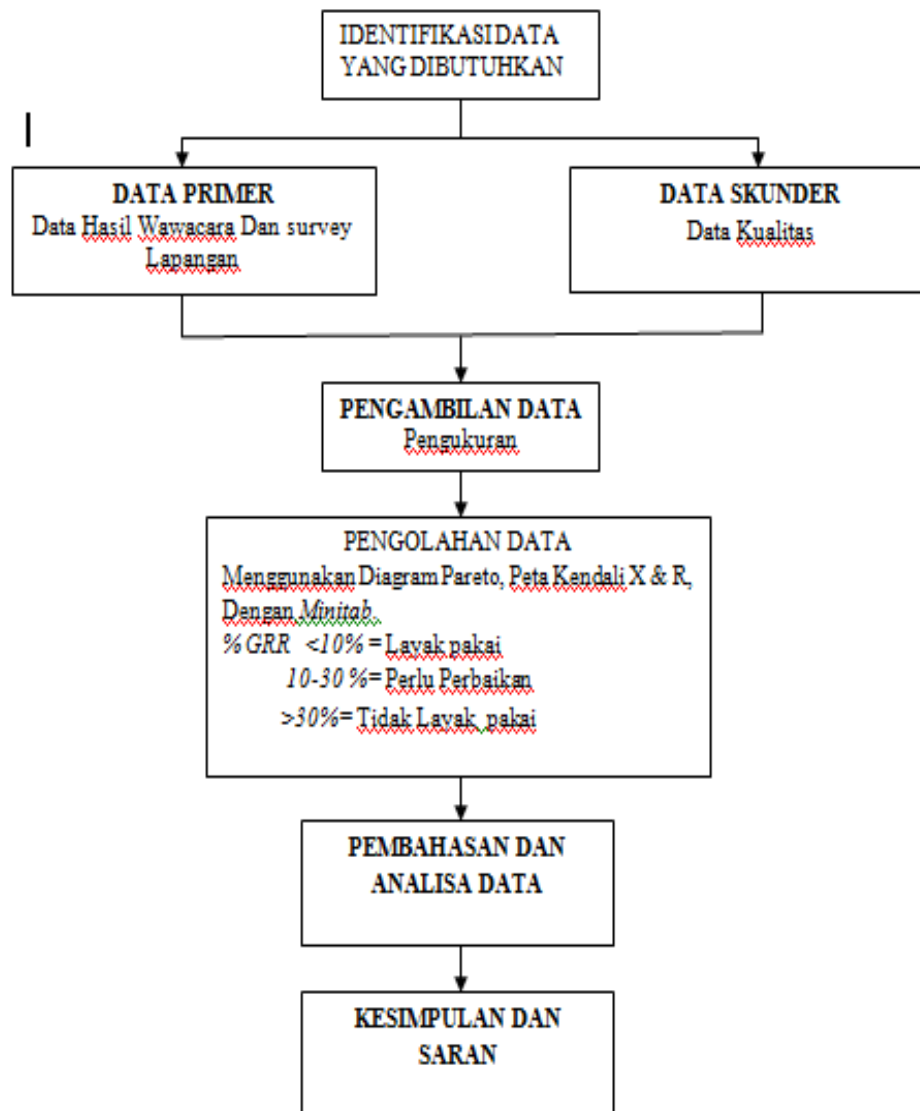
3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian atau tahap penelitian merupakan sebuah kerangka penelitian yang memuat langkah-langkah yang akan ditempuh dalam memecahkan permasalahan sehingga penelitian bisa dilakukan dengan lebih terarah dan lebih mudah dalam menganalisa permasalahan yang ada.

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian dan penulisan ini dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.



Gambar 3.2 Diagram Alir metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.2 Identifikasi Data

Pada langkah identifikasi data ini menggunakan dua jenis data, yaitu:

1. Data Primer

Data primer diperoleh dengan cara wawancara dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan pengendalian kualitas serta survey yang dilakukan di lapangan.

2. Data Sekunder

Data Sekunder diperoleh dari data-data yang ada pada perusahaan terutama pada departemen *quality control*, yang merupakan pihak yang bertanggung jawab terhadap permasalahan kualitas, Data-data yang diambil meliputi gambaran singkat perusahaan, Dan claim customer perusahaan periode enam bulan terakhir, data produksi serta data produk reject.

3.3 Pengambilan Data Pengukuran

Pengukuran data dilakukan terhadap pihak yang berkaitan langsung terhadap pengendalian kualitas. Dalam hal ini adalah operator pada departemen *quality control* dengan menggunakan alat ukur yang biasa di gunakan pada pengukuran kualitas produk yang sudah terkalibrasi. Produk yang di ambil data ukurnya dalam penelitian ini adalah *Hub Bolt M20 x 77*. Pada bagian diameter *body*.

3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan diagram pareto, Peta kendali X dan R, dan menggunakan *tool gage repeatability dan reproducibility*. Diagram pareto digunakan untuk menentukan frekuensi masalah yang paling tinggi. Sedangkan *tool gage repeatability dan reproducibility* digunakan untuk menghitung dan mengolah data hasil pengukuran sehingga dapat diketahui seberapa besar variasi pengukuran yang terjadi

3.5 Analisa Data

Setelah dilakukan perhitungan dan pengolahan data, Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa serta pembahasan terhadap hasil yang di dapatkan dari pengolahan data tersebut.

3.6 Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data dalam penelitian dilakukan dengan cara:

1. Riset Kepustakaan

Penelitian diarahkan untuk mencari dan mempelajari teori-teori yang dapat dijadikan kerangka berfikir serta untuk dapat mendukung dan melengkapi hasil karya ilmiah ini.

2. Riset Lapangan

Penelitian lapangan bertujuan untuk mengumpulkan data-data primer yang dibutuhkan (Obyek penelitian) secara langsung maupun di tempat lain yang ada kaitannya dengan pokok pembahasan. Riset lapangan dilakukan dengan cara:

- a. Wawancara

Dengan berkomunikasi langsung kepada seluruh karyawan tentang hal-hal yang berkaitan dengan materi yang di bahas.

- b. Metode Observasi

Yaitu metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung terhadap ke adaan yang sebenarnya terjadi di PT. Garuda Metalindo, Khususnya pada sasaran yang menjadi sumber data.

3.7 Metode Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah dengan menggunakan *softwer* Minitab, Kemudian di bandingkan dengan perhitungan manual menggunakan rumus MSA dengan *tools gauge repeatability* dan *reproducibility*.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diambil diantaranya adalah gambaran umum perusahaan, data actual hasil pengukuran dan produk *defect* yaitu dari bulan Juli sampai dengan Desember 2016. Data-data tersebut merupakan data-data yang diperoleh dari hasil observasi secara langsung di bagian *quality control* dan wawancara langsung dengan pihak yang terkait dengan proses pengendalian kualitas.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

4.1.2 Sejarah Singkat Perkembangan Perusahaan

PT. Garuda metalindo merupakan perusahaan swasta nasional yang didirikan pada tahun 1982, Dan bergerak dalam pembuatan *fastener* . Pada awalnya perusahaan ini telah memulai aktif sejak tahun 1970, Tetapi masih merupakan sebuah industry kecil (*home industry*) yang memproduksi *Spring center bolt* dan *Spring U-Bolt* yang banyak digunakan pada kendaraan bermotor.

Sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia, secara berkesinambungan PT. Garuda metalindo terus berkembang hingga saat ini. PT.Garuda metalindo tidak hanya memproduksi *Spring center bolt* dan *Spring U-Bolt*, tetapi juga memproduksi beraneka ragam baut dan mur sesuai dengan

pesanan pelanggan, seperti komponen otomotif untuk roda 2 dan 4 mulai dari ukuran 2 mm hingga 30 mm.

Untuk dapat membantu memudahkan dalam proses bisnisnya, pada saat ini PT. Garuda metalindo sudah mendapatkan sertifikat ISO 9001 pada tahun 2001, ISO TS 16949 pada tahun 2004, ISO 14001 dan OHSAS 18001 pada tahun 2009 dari Badan Sertifikat ISO. Adapun 4 tempat anak perusahaan (group) yaitu:

1. PT. GARUDA METAL UTAMA (GMU)

Terletak dijalan industry raya jatake tangerang, Perusahaan ini bergerak dalam pembuatan *Spring Pin* dan *U-Bolt*.

2. PT. INDOSEKI METAL UTAMA (ISMU)

Terletak dijalan industry raya jatake tangerang, Yang memproduksi baut dan mur ukuran besar, yang biasanya digunakan untuk kontruksi bangunan dan jembatan.

3. PT. MEGA PRATAMA FERINDO (MPF)

Terletak dijalan industry raya jatake tangerang, Yang bergerak dalam bidang pencucian dan penarikan *wire rod* dan *shafting bar*.

PT. INDOSARANA LOKA PRATAMA

Bergerak dalam bidang minyak pelumas, minyak rem, dan pendingin radiator.

4.1.3 Lokasi perusahaan

PT. Garuda metalindo beralamat di Jalan Kapuk Kamal Raya No. 23A Penjaringan Jakarta Utara 14470, berdiri di atas lahan seluas ± 1.8 Ha dengan luas bangunan $\pm 12.130 m^2$, dan memiliki karyawan ± 1.500 orang karyawan, dengan kapasitas produksi ± 12.000 Ton per tahun. Lokasi perusahaan tersebut juga sangat

strategis aksesnya karena berdekatan dengan jalan tol Bandara Soekarno-Hatta dan jalan tol dalam kota, Sehingga mempermudah arus transportasi untuk proses *delivery* produk ke pelanggan.

4.1.4 Visi dan Misi Perusahaan

1. Visi PT. Garuda metalindo

Menjadi perusahaan kelas dunia dalam industry *fastener* dan produk terkait serta komponen otomotif melalui keunggulan manajemen dan sumber daya manusia, dan memanfaatkan teknologi tepat guna untuk menjadi pemain kunci di pasar regional dan internasional.

2. Misi PT. Garuda metalindo

Menciptakan produk-produk unggulan dalam industry *fastener* serta komponen otomotif yang memberikan nilai tambah berdasarkan semangat *customer care* dengan mengedepankan pemilahan yang tepat, budaya perusahaan yang mendukung, pengembangan manajemen dan sumber daya manusia yang profesional.

3. Sasaran Mutu

- a) Maksimum rejection rate dalam proses produksi untuk part fit & function 100 ppm/bulan, untuk part safety & engine 25 ppm/bulan.
- b) Claim mutu per customer maksimum 100 ppm/bulan.
- c) Customer satisfaction index minimum 2,7.
- d) Menghasilkan produk yang memenuhi persyaratan keselamatan secara total.
- e) Ketepatan delivery 100% per customer OEM automotife dan OEM komponen.

- f) Efisiensi proses manufacturing minimum 75%.
- g) Pencapaian standar kompetensi 80%.
- h) Minimum 2 program improvement per departemen per tahun.

4.1.5 Hasil Produksi

Seperti yang telah disebutkan bahwa PT. Garuda metalindo merupakan perusahaan yang memproduksi baut dan mur yang digunakan untuk kendaraan bermotor. Adapun produk-produk yang umum dibuat antara lain:

1. *Axle rear wheel*

Yaitu baut yang digunakan untuk as roda motor bagian belakang.

2. *Axle front wheel*

Yaitu baut yang digunakan untuk As roda bagian depan.

3. *Flange Nut*

Yaitu pengikat berupa hexagonal dengan ulir dibagian dalam dan mempunyai flange lebih besar dari diagonal hexagonal nut tersebut.

4. *Hex Nut*

Yaitu pengikat berupa hexagonal dengan ulir dibagian dalam.

5. *Flange Bolt*

Yaitu pengikat dengan ulir dibagian luar mempunyai flange diameter nya lebih besar dari diagonal hexagonal kepala baut tersebut.

6. *Hex bolt*

Yaitu pengikat dengan ullir di bagian luar yang mempunyai bentuk kepala hexagonal.

7. *Hub Bolt*

Yaitu baut yang di gunakan untuk roda pada kendaraan roda empat.

4.2 Pengumpulan Data Masalah Produk NG (*Not good*)

Sebagai bahan pengamatan, Penulis menggunakan data *quality control* barang jadi periode Juli sampai Desember 2016. Pada data ini terdapat data-data yang tidak sesuai range standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Adapun data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data produk *NG(not good)* Juli – Des 2016

No	Nama part/Part No.	Jumlah Produksi (Pcs)	Jumlah NG (Pcs)
1	Hub Bolt M20x77 / SZ940-26074	941677	950
2	Flange Bolt Sh M6x60 / 9502L-06060	885651	857
3	Hex Bolt Spc M6x10 / 92101-06010-AO	874247	804
4	Bolt Sealing M14x11.5 / 90081-135-0000	806542	725
5	Bolt Break Disck M8x24 / 90105	775954	604
6	Bolt Knock M5x12 / 90083-BG-9110	771498	596
7	Bolt Socket Hexa M8x18 / 90010-KMI-0000	752451	562
8	Pin Guid Roller M8x20.5 / 14615-035-0000	689454	506
9	Hex Bolt ITH M5x16 91031-05016-OA	659451	467
10	Bolt Socket Torx M6x16 / 90085-7810	62451	406

Sumber: QC PT.Garuda Metalindo, 2016

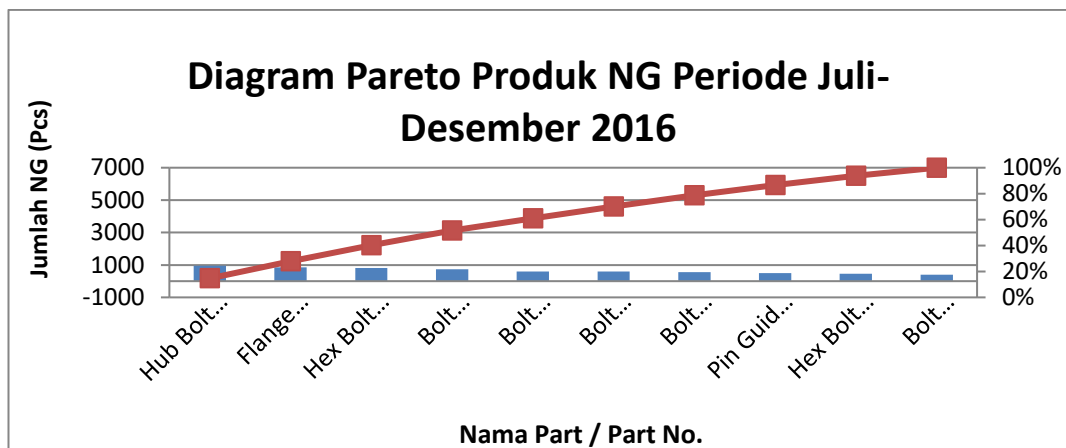
Pada tabel 4.1 menerangkan bahwa terdapat 10 besar produk hasil produksi pada periode bulan juli sampai dengan desember 2016, Selain menghasilkan produk OK juga menghasilkan produk NG(*Not good*). Kecenderungan munculnya produk NG ini di akibatkan oleh kompleksitas masalah pada proses produksi masal (*massproduction*) yaitu berupa variasi produk maupun varisasi pengukuran.

Dari data tersebut diatas, Kemudian di olah untuk mengidentifikasi bobot yang terjadi untuk diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil dan di sajikan dalam bentuk diagram pareto.

Tabel 4.2 Tabel perhitungan diagram pareto

No	Nama part/Part No.	Jumlah produksi (Pcs)	Jumlah NG (Pcs)	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Hub Bolt M20x77 / SZ940-26074	941677	950	14.7%	14.7%
2	Flange Bolt Sh M6x60 / 9502L-06060	885651	857	13.2%	27.9%
3	Hex Bolt Spc M6x10 / 92101-06010-AO	874247	804	12.4%	40.3%
4	Bolt Sealing M14x11.5 / 90081-135-0000	806542	725	11.2%	51.5%
5	Bolt Break Disck M8x24 / 90105	775954	604	9.3%	60.8%
6	Bolt Knock M5x12 / 90083-BG-9110	771498	596	9.2%	70.0%
7	Bolt Socket Hexa M8x18 / 90010-KMI-0000	752451	562	8.7%	78.7%
8	Pin Guid Roller M8x20.5 / 14615-035-0000	689454	506	7.8%	86.5%
9	Hex Bolt ITH M5x16 91031-05016-OA	659451	467	7.2%	93.7%
10	Bolt Socket Torx M6x16 / 90085-7810	62451	406	6.3%	100.0%

Sumber: QC PT.Garuda Metalindo, 2016



Gambar 4.1 Diagram pereto Produk NG Periode bulan Juli – Desember 2016.

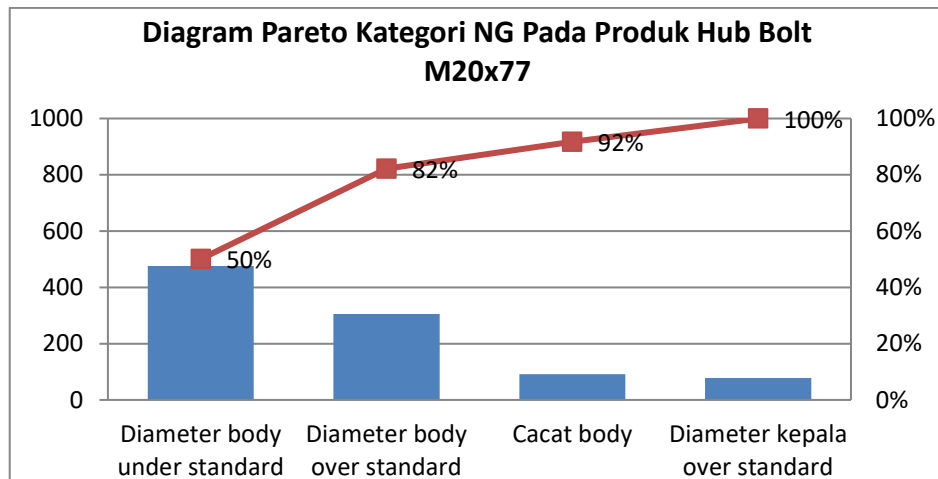
Dari diagram pareto pada gambar 4.1 di atas terlihat bahwa produk NG terbanyak adalah Hub Bolt M20x77 mm sebanyak 15%. Dengan demikian produk yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah Hub Bolt M20x77mm. Sedangkan untuk posisi penugukuran adalah pada bagian *body* produk, Berdasarkan dari data pada tabel berikut ini.

Tabel 4.3 kriteria dan jumlah NG produk Hub Bolt M20x77mm juli – Des 2016.

No	Kriteria	Jumlah (Pcs)	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Diameter <i>body under standard</i>	476	50.1%	50.1%
2	Diameter <i>body over standard</i>	305	32.1%	82.2%
3	Cacat <i>body</i>	91	9.6%	91.8%
4	Diameter kepala <i>over standard</i>	78	8.2%	100.0%
Total		950		

Sumber: QC PT. Garuda Metalindo,2016

Data dari tabel 4.2 di atas kemudian diolah dalam bentuk diagram pareto sebagai berikut, Yang bertujuan untuk mengetahui kategori NG apa yang paling banyak terjadi dan berpengaruh pada produk Hub Bolt M20x77mm tersebut.



Gambar 4.2 Diagram Pareto kategori NG produk Hub Bolt M20x77mm
Periode Bulan Juli – Desember 2016.

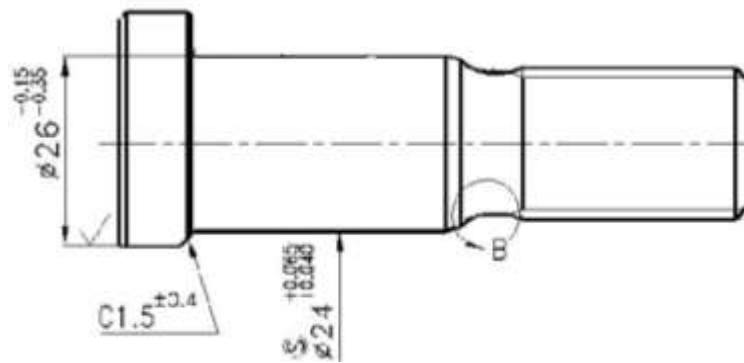
Dari diagram pareto pada gambar 4.2 di atas terlihat bahwa dari ke empat kategori NG yang ada tampak tiga kategori NG terbanyak terdapat pada bagian *body* produk. Dengan demikian area pengukuran di lakukan pada bagian *body* produk Hub Bolt M20x 77mm yaitu diameternya.

4.3 Pengumpulan Data Pengukuran Produk.

Produk yang dijadikan penelitian adalah Hub Bolt M20x 77mm, Part No SZ940-26074 yang di fokuskan pada *diameter body* menggunakan alat ukur *Digimatic Micrometer* (mickrometer digital). Adapun spesifikasi dari alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut:

Nama Alat	:Digimatic micrometer 3-12-MD25-08
Jangkauan	:0 – 25 mm
Ketelitian	:0.001 mm
Pembuat	:Mitotoyo Jepang

Berikut ini merupakan gambar ilustrasi dari produk Hub Bolt M20x 77mm.



Gambar 4.3 Ilustrasi Pengukuran Diameter *Body* Hub Bolt M20x77 Mm



Gambar 4.4 *Digital Micrometer* (Micrometer Digital)

Syarat-syarat untuk menguji system pengukuran yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. *Appraisser/operator* yang melakukan sebanyak 2 (dua) orang.
2. *Sampel* yang di gunnakan sebnayak 10 unit.
3. *Percobaan* dalam pengukuran sebanyak 3 kali.
4. *Semua* part masing-masing di berikan No 1 sampai 10.

Tata cara dalam pengambilan data sebagai berikut:

- a) Pengukuran dimulai oleh appraissier **A** mengukur 10 part dalam posisi acak pada percobaan pertama, Lalu masukan data pada baris

percobaan pertama dan kolom yang sesuai dengan no part yang di ukur.

- b) Kemudian di lanjutkan oleh Appraiser B mengukur 10 part tanpa melihat hasil pengukuran masing-masing. Kemudian masukan data pada kolom yang telah disediakan.
- c) Lakukan langkah A dan B sampai 3 percobaan dilakukan, Sesuai yang direncanakan.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Diameter Body Produk

DATA HASIL PENGUKURAN							
Tanggal :06 April 2017 (<i>trial</i>)				Flow Proses:Machining			
Nama Alat:Digimatic Mickro meter 3-12-MD25-08				Ukuran Sampel:10			
Nama Part:Hub Bolt M20x77 mm				Percobaan:3			
Point Cek:Diameter Body				Appraiser:2			
Appraiser A:Feri Y.				Appraiser B:Hady S.			
Appraiser/		A			B		
Percobaan Ke-		1	2	3	1	2	3
Data Pengukuran (mm)	1	24.041	24.042	24.041	24.041	24.042	24.041
	2	24.042	24.041	24.041	24.041	24.041	24.041
	3	24.044	24.044	24.045	24.045	24.045	24.045
	4	24.042	24.042	24.042	24.042	24.042	24.042
	5	24.04	24.04	24.04	24.04	24.04	24.04
	6	24.043	24.043	24.043	24.043	24.043	24.043
	7	24.041	24.042	24.042	24.042	24.042	24.042
	8	24.041	24.041	24.041	24.041	24.042	24.042
	9	24.040	24.040	24.041	24.040	24.041	24.041
	10	24.045	24.045	24.045	24.044	24.045	24.045

Sumber: QC PT. Garuda Metalindo, 2017

4.4 Pengolahan Data

4.4.1 Pengolahan Data MSA Secara Manual

Hasil pengukuran pada tabel 4.4 di atas kemudian di olah dengan langkah awal adalah menn cari rata-rata (*average*) seperti berikut ini:

Tabel 4.5 Perhitungan Rata-Rata dan *Range*

Percobaan ke	Data Pengukuran (mm)										Average
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A											
1	24.041	24.042	24.044	24.042	24.04	24.043	24.041	24.041	24.04	24.045	24.0419
2	24.042	24.041	24.044	24.042	24.04	24.043	24.042	24.041	24.04	24.045	24.0420
3	24.041	24.041	24.045	24.042	24.04	24.043	24.042	24.041	24.041	24.045	24.0421
Average-A	24.041	24.041	24.044	24.042	24.04	24.043	24.042	24.041	24.040	24.045	24.0420
Range-A	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.0005
B											
1	24.041	24.041	24.045	24.042	24.040	24.043	24.042	24.041	24.040	24.044	24.0419
2	24.042	24.041	24.045	24.042	24.040	24.043	24.042	24.042	24.041	24.045	24.0423
3	24.041	24.041	24.045	24.042	24.040	24.043	24.042	24.042	24.041	24.045	24.0422
Average-b	24.041	24.041	24.045	24.042	24.04	24.043	24.042	24.042	24.041	24.045	24.04213
Range-b	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.0004
Part average	24.0413	24.0412	24.0447	24.0420	24.0400	24.0430	24.0418	24.0413	24.0405	24.0448	24.0421

Sumber: QC PT. Garuda Metalindo, 2017

Setelah didapatkan nilai rata-rata (*averange*) dan *range*, selanjutnya adalah menghitung nilai \bar{R} dan \bar{X}_{DIFF} . Perhitungannya sebagai berikut.

1. Nilai \bar{R}

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}}{r}$$

$$\bar{R} = \frac{0,0005+000,04}{2}$$

$$\bar{R} = 0,00045$$

2. Nilai \bar{X}_{DIFF}

$$\bar{X}_{DIFF} = \text{Max } \bar{X}_i - \text{Min } \bar{X}_i$$

$$\bar{X}_{DIFF} = 24,04213 - 24,04200$$

$$\bar{X}_{DIFF} = 0,00013$$

Langkah-langkah berikutnya adalah mencari nilai CL, UCL dan LCL untuk masing-masing *range chart* dan *averange chart*. Perhitungannya adalah sebagai berikut

1. *Range Chart*

$$CL_R = \bar{R} = 0,00045$$

$$UCL_R = \bar{R} \times D_4, \text{ dimana nilai } D_4 = 2,58 \text{ (jumlah percobaan = 3)}$$

$$UCL_R = 0,00045 \times 2,58$$

$$UCL_R = 0,0012$$

$$LCL_R \text{ untuk jumlah percobaan kurang dari 7 adalah 0}$$

2. *Averange Chart*

$$CL_X = \bar{X} = 24,0421$$

$$UCL_X = \bar{X} + (\bar{R} \times A_2), \text{ dimana nilai } A_2 = 1,023 \text{ (jumlah percobaan = 3)}$$

$$UCL_X = 24,0421 + (0,00045 \times 1,023)$$

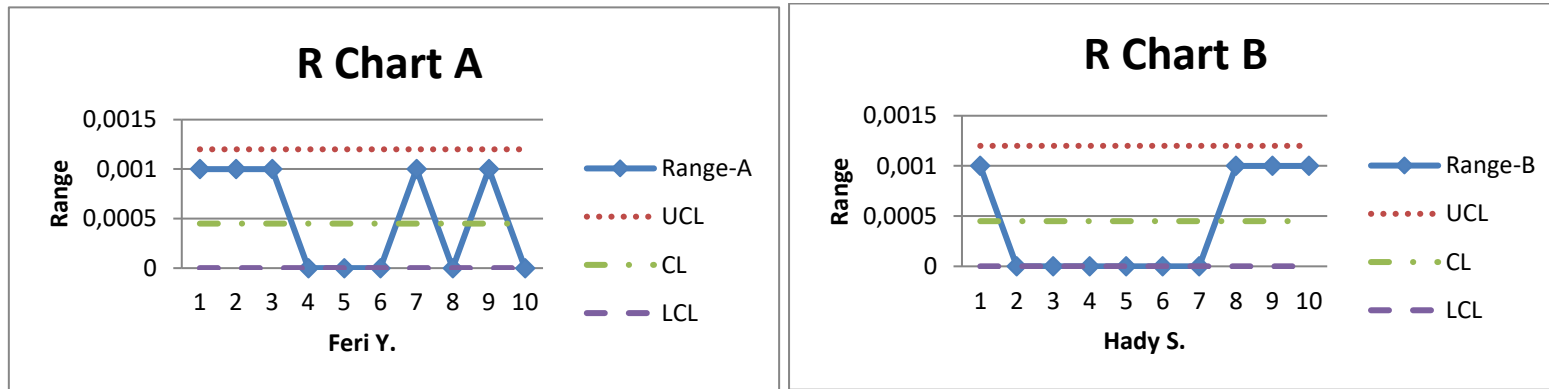
$$UCL_X = 24,0246$$

$$LCL_X = \bar{X} - (\bar{R} \times A_2) \text{ dimana nilai } A_2 = 1,023 \text{ (jumlah percobaan = 3)}$$

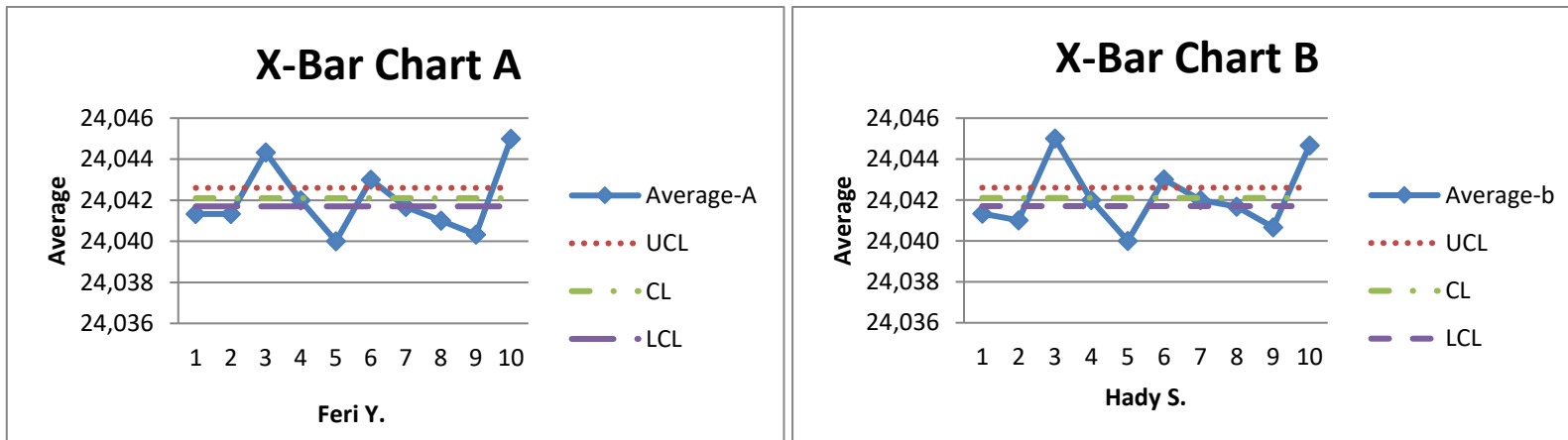
$$LCL_X = 24,0421 - (0,00045 \times 1,023)$$

$$LCL_X = 24,0417$$

Setelah mendapatkan nilai *Center Line*, UCL dan LCL maka nilai-nilai tersebut kita gambarkan pada grafik (*chart*) yang nantinya akan diketahui kelayakan pengukurannya.



Gambar 4.5 Grafik R



Gambar 4.6 Grafik X-Bar

Langkah-langkah selanjutnya adalah menghitung nilai EV, RV, GRR, PV dan TV, untuk mengetahui seberapa besar variasi pengukuran yang terjadi, menggunakan rumus *measurement system analysis*. Berikut ini perhitungannya

1. *Repeatability – Equipment Variation (EV)* (variasi yang disebabkan alat ukur).

$EV = R \times K_1$, di mana nilai K_1 untuk jumlah percobaan tiga adalah 0,5908

$$EV = 0,00045 \times 0,5908$$

$$EV = 0,00026586$$

2. *Reproducibility - Appraiser Variation (AV)* (variasi yang disebabkan operator).

$AV = \sqrt{(X_{DIFF} \times K_2)^2}$ dimana nilai K_2 untuk jumlah *appraiser* dua adalah 0,7071

$$AV = \sqrt{(000013 \times 0,7071)^2 - \frac{(0,00026586)^2}{10 \times 3}}$$

$$AV = \sqrt{0,000000008449837929 - \frac{0,0000000706815396}{30}}$$

$$AV = \sqrt{0,000000008449837929 - 0,00000000235605132}$$

$$AV = \sqrt{0,000000006093786609}$$

$$AV = \sqrt{0,0000780627094648911}$$

3. *Gage Repeatability dan Reproducibility (GRR)* (variasi yang disebabkan alat ukur dan operator).

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

$$GRR = \sqrt{(0,00026586)^2 + (0,0000780627094648911)^2}$$

$$GRR = \sqrt{0,00000076775326209}$$

$$GRR = 0,000277803608697808$$

4. Variasi Part (PV) (variasi yang disebabkan produk)

PV = Rp x K₃, di mana nilai K₃ untuk jumlah sampel sepuluh adalah 0.314.6

$$PV = 0,0048 \times 0,3146$$

$$PV = 0,00151008$$

5. Total Variasi (TV)

$$TV = \sqrt{GRR + PV^2}$$

$$TV = \sqrt{0,000277803608697808^2 + 0,00151008^2}$$

$$TV = \sqrt{0,000000076775326209 + 0,0000022803416064}$$

$$TV = \sqrt{0,000002357116932609}$$

$$TV = 0,00153529050430496703440399677869$$

6. *Number of Distinct Categories (NDC)*

$$NDC = 1,41 \left(\frac{PV}{GRR} \right)$$

$$NDC = 1,41 \left(\frac{0,00151008}{0,000277083608697808} \right)$$

$$NDC = 1,41 (5.4499073658554750768480055578562)$$

$$NDC = 7,68 - 7$$

Setelah nilai EV AV GRR PV, dan TV didapatkan langkah berikutnya adalah membandingkan masing-masing nilai tersebut dengan nilai TV kemudian di kali dengan 100% Perbandingan ini membantu untuk menunjukan faktor mana yang paling dominan dalam besarnya %GRR sehingga diketahui kelayakan dari sistem pengukurannya. Berikut ini perhitungannya.

$$1. \%EV = 100 \times \frac{EV}{TV}$$

$$\%EV = 100 \times \frac{0,00026586}{0,0015352905043049670344039977869}$$

$$\%EV = 100 \times 17,32\%$$

$$2. \%AV = 100 \times \frac{0,0000780627094648911}{0,0015352905043049670344039977869}$$

$$\%AV = 5,09\%$$

$$3. \%GRR = 100 \times \frac{GRR}{TV}$$

$$\%GRR = 100 \times \frac{0,000277083608697808}{0,0015352905043049670344039977869}$$

$$\%GRR = 18,05\%$$

$$4. \%PV = 100 \times \frac{PV}{TV}$$

$$\%PV = 100 \times \frac{0,00151008}{0,0015352905043049670344039977869}$$

$$\%PV = 98.36\%$$

4.4.2 Perhitungan Measurement Analysis Dengan Software Minitab

Perhitungan yang kedua adalah menggunakan bantuan software Minitab versi 16. Dari data hasil pengukuran yang telah diperoleh pada tabel 4.3 di atas kemudian diolah dengan menggunakan Gage *R&R Study*. Berikut adalah hasilnya

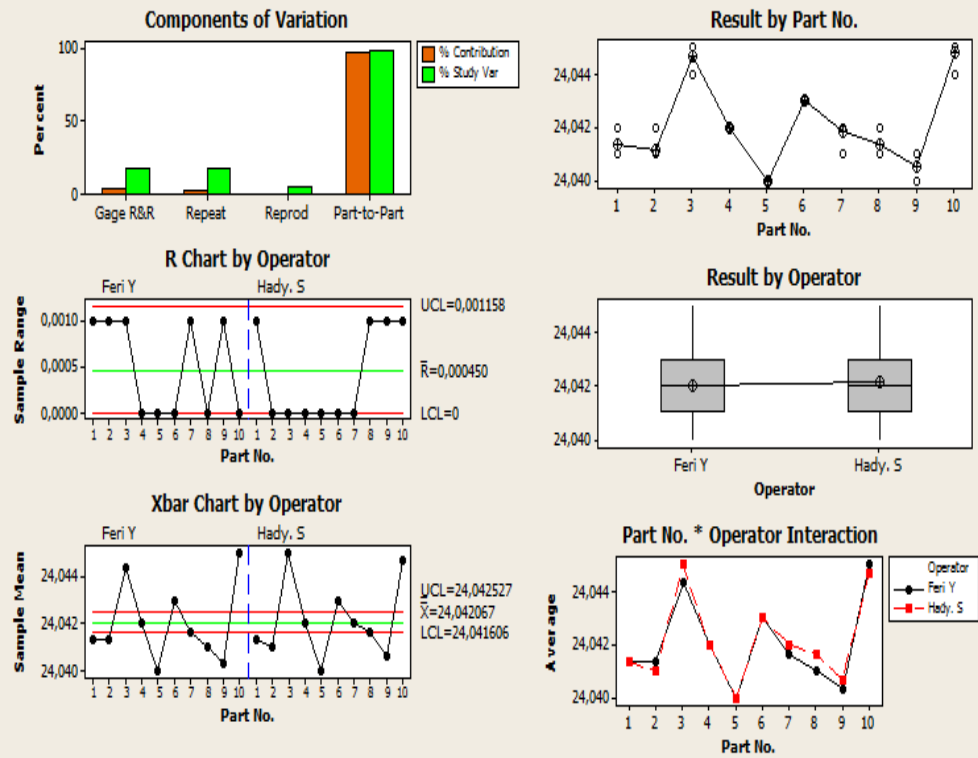
Gage R&R Study - XBar/R Method			
Gage R&R for Result			
Gage name:	Digital Micrometer		
Date of study:	06 April 2017		
Reported by:	Apriyanto		
Tolerance:	0,001		
Misc:	Reg. No. 3-12-MD25-08		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)	
Total Gage R&R	0,0000001	3,24	
Repeatability	0,0000001	2,96	
Reproducibility	0,0000000	0,28	
Part-To-Part	0,0000023	96,76	
Total Variation	0,0000024	100,00	
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,0002779	0,0016675	17,99
Repeatability	0,0002658	0,0015948	17,20
Reproducibility	0,0000812	0,0004870	5,25
Part-To-Part	0,0015199	0,0091195	98,37
Total Variation	0,0015451	0,0092707	100,00
Number of Distinct Categories = 7			

Gambar 4.7 Hasil Perhitungan MSA Minitab

Measurement System Analysis Dia. Body Hub bolt M20x77

Gage name: Digital Micrometer
 Date of study: 06 April 2017

Reported by: Apriyanto
 Tolerance: 0,001
 Misc: Reg. No. 3-12-MD25-08



Gambar 4.8 Grafik Hasil Perhitungan MSA Minitab

BAB V

ANALISA DAN HASIL

5.1 Pembahasan

Diawali dari tahap pengumpulan data masalah produk NG selama periode Juli 2016 sampai dengan Desember 2016 yang didapatkan dari data departemen *quality control*. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk diagram pareto untuk mengetahui masalah dari yang tertinggi sampai yang terendah.

Diagram pareto pada gambar 4.1 memperlihatkan bahwa dari sepuluh besar produk NG, frekuensi yang tertinggi adalah Hub Bolt M20x77 sebanyak 14,7% dan terendah adalah Bolt Socket Torx M6x16 sebanyak 6.3%. Dengan demikian produk yang dijadikan objek penelitian adalah Hub Bolt M20x77.

Setelah produk yang akan dijadikan objek penelitian telah ditentukan. langkah berikutnya adalah menentukan posisi pengukuran yang didapatkan dari frekuensi terbanyak dari kriteria NG yang terjadi pada produk tersebut. Diagram pareto pada gambar 4.2 memperlihatkan bahwa dari keempat kategori NG yang ada tampak tiga kategori NG dengan frekuensi tertinggi ada pada bagian *body* produk yaitu diameter *body under standard* sebanyak 50,1%, diameter *body over standard* sebanyak 32,1%

dan cacat pada area body sebanyak 9,6%. Dengan demikian area pengukuran difokuskan pada bagian diameter *body* Hub bolt M20x77.

Langkah berikutnya adalah pengumpulan dan pengolahan data berikut ini adalah ketentuan dalam pengambilan data pengukuran:

1. Pengukuran pada diameter *body* produk Hub Bolt M20x77 sebanyak sepuluh sampel dan diberi nomor urut.
2. Pengukuran diameter menggunakan alat ukur *digimatic micrometer* yang biasa digunakan oleh operator dalam pengecekan kualitas produk dengan nomor registrasi alat 3-12-MD25-08.
3. Operator yang melakukan pengukuran diambil sebanyak dua orang dari departemen *quality control* unit *machining*.
4. Setiap operator melakukan percobaan pengukuran sebanyak tiga kali dari masing-masing sampel.

Data hasil pengukuran kemudian diolah secara perhitungan manual menggunakan rumus *tools gauge repeatability* dan *reproducibility*. Hasil perhitungan manual tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil pengolahan data menggunakan *software* Minitab versi 16. Dari kedua hasil pengolahan data tersebut selanjutnya dianalisa lebih lanjut untuk mengetahui kelayakan sistem pengukurannya.

5.2 Perhitungan Manual

Dari pengolahan data pada tabel 4.4 kemudian didapatkan nilai *part averange* ($\bar{\bar{X}}$), *Range averange* ($\bar{\bar{R}}$), $\bar{\bar{X}}_{DIFF}$, serta UCL, LCL, dan CL. Nilai *Range averange* ($\bar{\bar{R}}$)

dan $\bar{\bar{X}}_{DIFF}$ digunakan dalam perhitungan numerik, Sedangkan UCL, LCL, dan CL untuk menggambarkan grafik *averange* ($\bar{\bar{X}}$) dan grafik *range* (R). Berikut ini nilai-nilainya.

1. $\bar{\bar{X}} = 24,0421$
2. $\bar{\bar{R}} = 0,00045$
3. $\bar{\bar{X}}_{DIFF} = 0,00013$

4. *Range Chart*

$$CL_R = \bar{\bar{R}} = 0,00045$$

$$UCL_R = 0,0012$$

$$LCL_R = 0$$

5. *Average Chart*

$$CL_X = \bar{\bar{X}} = 24,0421$$

$$UCL_X = 24,0426$$

$$LCL_X = 24,0417$$

Setelah mendapatkan nilai *Centre Line*, UCL dan LCL maka selanjutnya nilai-nilai tersebut kita gambarkan pada grafik (*chart*) yang nantinya akan diketahui kelayakan pengukurannya.

Grafik R pada gambar 4.5 memperlihatkan bahwa semua titik *range* berada dalam batas UCL dan LCL. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang luar biasa

atau sangat berbeda antara percobaan pengukuran, artinya semua *appraiser* telah melakukan standar kerja yang sama.

Pada grafik X-bar semakin banyak titik yang melewati batas UCL dan LCL, maka semakin menunjukkan bahwa *appraiser* dapat secara konsisten membedakan antara part yang satu dengan part yang lainnya. Grafik X-bar gambar 4.6 di atas menunjukkan hasil pengukuran operator Feri Y. Ada 8 titik berada di luar UCL dan LCL 1 titik berada di dalam UCL dan LCL, serta 1 titik berada tepat pada garis LCL. Sedangkan hasil pengukuran operator Hadi S, Ada 6 titik berada di luar batas UCL dan LCL, 2 titik berada di dalam UCL dan LCL, serta 1 titik berada tepat pada garis LCL. Hal ini menunjukkan *appraiser* sudah cukup konsisten membedakan antara part yang satu dengan part yang lainnya.

Nilai *range average* (\bar{R}) dan \bar{X}_{DIFF} yang telah didapat kemudian digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai *repeatability-equipment variation* (EV), *reproducibility-appraiser variation* (AV), *gage repeatability* dan *reproducibility* (GRR), *part variation* (PV), *total variatio* (TV), dan *number of distinct categories* (NDC). Berikut ini adalah hasil perhitungannya

1. EV = 0,00026586
2. AV = 0,0000780627094648911
3. GRR = 0,000277083608697808
4. PV = 0,00151008
5. TV = 0,00153529050430496703440399677869
6. NDC = 7

Nilai EV, AV, GRR dan PV kemudian dibandingkan dengan nilai TV dan dikali 100 untuk mendapatkan persentasenya. Berikut ini hasil perhitungannya:

1. %EV = 17,32%
2. %AV = 5,09%
3. %GRR = 18,05%
4. %PV = 98,36%

Tahap berikutnya adalah dilakukan analisa terhadap nilai presentase apakah masuk kategori layak atau tidak. Penilaian kelayakan sistem pengukuran yaitu dengan cara membandingkan %GRR terhadap ketentuan yang ada tentang kriteria penerimaan *widht error*. Ketentuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. %GRR < 10% : secara umum dianggap sebagai sistem pengukuran yang layak dipakai.
2. 10% < %GRR < 30% : sistem pengukuran dapat dipakai dengan dasar kepentingan aplikasi, biaya alat pengukuran, biaya perbaikan dan sebagainya.
3. %GRR > 30% : sistem pengukuran dianggap tidak layak digunakan, diperlukan usaha-usaha untuk memperbaiki sistem pengukuran.

Dilihat dari nilai %GRR sebesar 18,05%, berarti berada diantara 10% dan 30%. Menurut ketentuan penerimaan *widht error* diatas, sistem pengukuran dapat dipakai dengan dasar kepentingan aplikasi, biaya alat, pengukuran, biaya perbaikan dan sebagainya.

Tahap terakhir dalam analisa *numeric* adalah menemukan *number of distinct categories* (NDO). Dari perhitungan manual didapatkan nilai NDC adalah 7, hal ini mengindikasikan bahwa jumlah kategori yang berbeda dalam data proses yang dapat dilihat oleh sistem pengukuran memiliki resolusi efektif dan telah memenuhi syarat yang direkomendasikan.

5.3 Menggunakan *software* Minitab 16

Berikut ini tampilan hasil pengolahan data menggunakan *software* Minitab 16.

Gage R&R Study - XBar/R Method

Gage R&R for Result

Gage name: Digital Micrometer
 Date of study: 06 April 2017
 Reported by: Apriyanto
 Tolerance: 0,001
 Misc: Reg. No. 3-12-MD25-08

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000001	3,24
Repeatability	0,0000001	2,96
Reproducibility	0,0000000	0,28
Part-To-Part	0,0000023	96,76
Total Variation	0,0000024	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,0002779	0,0016675	17,99
Repeatability	0,0002658	0,0015948	17,20
Reproducibility	0,0000812	0,0004870	5,25
Part-To-Part	0,0015199	0,0091195	98,37
Total Variation	0,0015451	0,0092707	100,00

Number of Distinct Categories = 7

Gambar 5.1 Hasil Perhitungan MSA Minitab

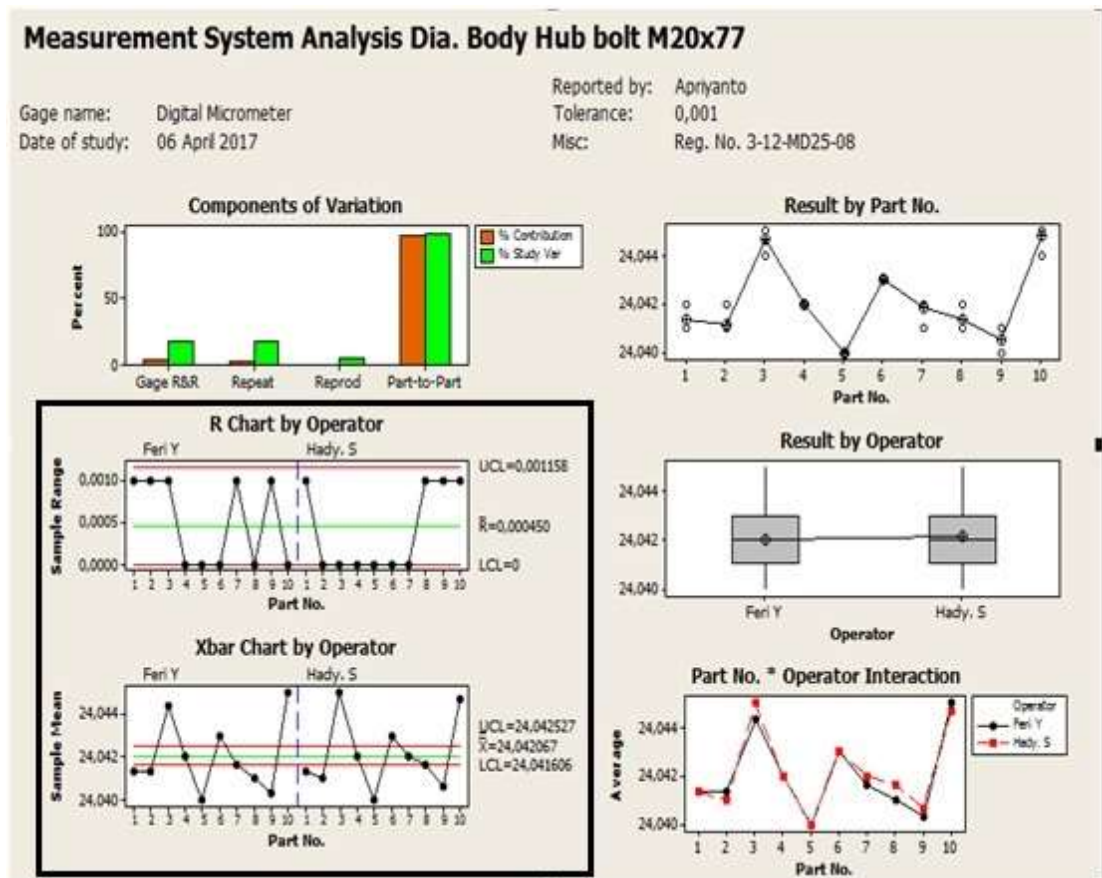
Bagian yang diberi tanda kotak persegi adalah nilai *%study variation total*. Dalam *%study variation* pada hasil pengolahan data di atas terdapat nilai-nilai berikut ini:

1. *% repeatability* (%EV) = 17.20%
2. *%reproducibility* (%AV) = 5.25%
3. *%total gage R&R* (GRR) = 17.99%
4. *Part to part* (%PV) = 98,37%

Terlihat bahwa nilai %GRR sebesar 17.99% berada di antara 10% dan 30%. Menurut ketentuan penerimaan *widht error* di atas, sistem pengukuran dapat dipakai dengan dasar kepentingan aplikasi, biaya alat pengukuran, biaya perbaikan dan sebagainya.

Bagian yang diberi tanda lingkaran adalah nilai number of distinc catagories (NDC). Nilai NDC ada pengolahan data *software* Minitab seperti yang terlihat pada gambar 5.1 di atas adalah sebesar 7, yang mengindikasikan bahwa data hasil pengukuran memiliki resolusi efektif dan telah memenuhi syarat yang direkomendasikan.

Pada pengolahan data menggunakan *software* Minitab ditampilkan juga beberapa grafik, termasuk grafik X-bar dan grafik R. Berikut ini adalah penggambaran grafiknya.



Gambar 5.2 Grafik X-bar dan R Hasil Perhitungan MSA Minitab

Dalam grafik X-bar pada gambar 5.2 diatas dapat dilihat nilai UCL, LCL, dan CL sebagai berikut :

1. UCL = 24,042527
2. LCL = 24,041606
3. CL = 24,042067

Titik-titik pada grafik X-bar menunjukkan hasil pengukuran operator Feri Y. ada 8 titik berada di luar UCL dan LCL, 1 titik berada di dalam UCL dan LCL, serta 1 titik berada tepat pada garis LCL. Sedangkan hasil pengukuran operator Hadi S. ada

6 titik berada di luar batas UCL dan LCL, 2 titik berada di dalam UCL dan LCL, serta 1 titik berada tepat pada garis LCL. Hal ini menunjukkan operator sudah cukup konsisten membedakan antara part yang satu dengan part yang lainnya.

Dalam grafik R pada gambar 5.2 di atas dapat dilihat nilai UCL, LCL, dan CL sebagai berikut:

1. UCL = 0,001158
2. LCL = 0
3. CL = 0,000450

Grafik R pada gambar 5.2 di atas memperlihatkan semua titik-titik *range* berada dalam batas UCL dan LCL. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya nilai yang luar biasa atau sangat berbeda antara percobaan pengukuran, artinya semua *appraiser* telah melakukan standar kerja yang sama.

Tren titik-titik dalam grafik X-bar dan R pada pengelola data *software* Minitab terlihat sama dengan grafik X-bar dan R pada perhitungan manual.

Berikut ini perbandingan nilai-nilai yang didapatkan dari hasil pengolahan data baik secara perhitungan manual maupun dengan bantuan *Software* Minitab.

Tabel 5.1 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan *Software*

Minitab 16

No.	Deskripsi	Penghitung Manual		Software Minitab	
		Nilai	Keputusan	Nilai	Keputusan
1	%EV	17,32%	Dapat diterima	17,20%	Dapat diterima
2	%AV	5,09%		5,25%	
3	%GRR	18,05%		17,99%	
4	%PV	98,36%		98,37	
5	NDC	7	Direkomendasikan	7	Direkomendasikan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan manual didapatkan nilai persentase dari *repeatability equipment variation* (EV) yang merupakan variasi pengukuran yang disebabkan alat ukur sebesar 17,32% nilai persentase *reproducibility appraiser variation* (AV) yang merupakan variasi yang disebabkan oleh operator sebesar 5,09%, nilai persentase *gage repeatability* dan *reproducibility* (GRR) yaitu variasi yang disebabkan oleh alat ukur dan operator sebesar 18,05% nilai persentasi *part variation* (PV) yaitu variasi antara part sebesar 98,36% dan nilai *number of distinct category* (NDC) yang merupakan jumlah kategori perbedaan atau variasi dari proses pengukuran sebesar 7.

Pada pengolahan data menggunakan bantuan *software* Minitab 16 didapatkan nilai persentase dari *repeatability-equipment variation* (EV) sebesar 17,20%, nilai persentase *reproducibility-appraise variation* (AV) sebesar 5,25%, nilai persentase *gage repeatability* dan *reproducibility*

(GRR) sebesar 17,99%, nilai persentase *part variation* (PV) sebesar 98,37% dan nilai *number of distinct catagory* (NDC) sebesar 7.

2. Faktor terbesar yang mempengaruhi nilai *gage repeatability* dan *Reproducibility* adalah *repeatability* atau *Equipment variation*. Berikutnya dilihat dari nilai persentase *gage repeatability* dan *reproducibility* serta *number of distinct catagory* dinyatakan bahwa sistem pengukuran sudah baik dan dapat diterima untuk digunakan pada pengendalian kualitas di PT Garuda Metalindo.

6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk meningkatkan kualitas sistem pengukuran pada PT Garuda Metalindo sebagai berikut :

1. Pelatihan serta evaluasi terhadap operator yang melakukan pengukuran. Pelatihan dan evaluasi dilaksanakan setiap periode agar dapat meningkatkan *skill* dan memonitoring kemampuan dari operator dalam melakukan pengukuran.
2. Pemeliharaan dan kalibrasi terhadap alat ukur lebih diperhatikan kembali. Kalibrasi yang dilakukan PT. Garuda Metalindo dilaksanakan per 3 bulan sekali. Selama proses 3 bulan tersebut pengecekan dan pemeliharaan alat ukur serta *tools* yang digunakan di mesin-mesin produksi lebih perhatikan agar tetap terjaga dengan baik dan tidak mengganggu produksi akibat alat ukur yang tidak layak.
3. Dibuatkan standar metode atau *standard operational procedure* (SOP) pengukuran. Letakkan *display* SOP tersebut di area produksi pada area dilakukannya aktifitas pengendalian kualitas, agar operator dapat melihat

dan melaksanakan pengukuran sesuai dengan metode dan standar yang telah ditetapkan untuk menghindari atau meminimalisir kesalahan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, G. (2012). Analisis Sistem Pengukuran *Cylinder Head* dengan *Gage Repeatability* dan *Reproducibility* Pada PT. Astra Honda Motor.
- Amin, M., Akbar, A., Akram, M., & Ullah, M. A. (2012). *Measurement System Analysis for Yarn Stength Spinning Process. International Research journal of Finance and Economics*.
- Ariani, D.W. 2004 *Pengendalian kualitas statistik (pendekatan kuantitatif dalam menejemen kualitas)*. Penerbit Andi yogyakarta.
- Assauri, S. 1998. *Manajemen operasi dan produksi*. Jakarta:LP FE UI.
- Besterfield, D.H. 1994 *Quality control (4th Edition)*. Prentice-Hall, Inc.:Englewood Cliffs, New Jersey.
- Fourth Edition, June, 2010. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation ISBN#: 978-1-60-534211-5*
- Gaspersz, V. 2001. *Metode Analisis untuk peningkatan kualitas*. PT Gramedia pustaka: Jakarta
- Hendra Widjadja, GM. 2017. PT. Garuda Metalindo.
- Kooshan, F. 2012. *Implementation of Measurement System Analysis System (MSA): In the Piston Ring Company "Case Study", International Journal of Science and Technology, Iran. Volume 2 No.10, ISSN 2224-3577*
- Mohamed, N. dan Davahran, Y. 2006. *Measurement System Analysis Using Repeatability and Reproducibility Techniques*, Malaysia. *Statistika*, Vol. 6 No. 1, 37 – 41.
- Montgomery, D.C. 1998. *Pengantar Pengendalian Kualitas Statististik*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Nasution, M.N. 2004. *Manajemen Jasa Terpadu: Total Service Mnagement*. Ghalia Indonesia: Bogor
- Pandiripalli, B. 2010 *Reapeatability And Reproducibility Studies: A Comparesion Of Techniques. faculty of the Graduate School of Wichita State University*.
- Pan, J-N. 2006. *Evaluating the Gauge Repeatability and Reproducibility for Different Industries. Department of Statistics, National Cheng-Kung University, 1 University Road, Tainan, Taiwan, R.O.C. 70101*.
- Pyzdek, T. 2003. *Quality Engineering Handbook Second Edition. Quality Publishing, Inc: Tucson, Arizona*.
- Tjiptono, F. dan Anastasia D. 2003. *Total quality management*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Yuri.T.M.Z. dan Nurcahyo, R 2013. *TQM: Manajemen kualitas total dalam perspektif Teknik Industri*. PT Indeks : Jakarta.