

**PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA
KONTINU DENGAN METODE DMAIC
(Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis di Perusahaan ‘X’)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Statistika



Disusun Oleh:

SIDIQ AYU FITRIANI

13611149

**JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2017

**PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA
KONTINU DENGAN METODE DMAIC
(Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis di Perusahaan ‘X’)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Statistika



SIDIQ AYU FITRIANI

13611149

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2017

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA
KONTINU DENGAN METODE DMAIC

(Studi Kasus: Produksi Kayu Lapisdi Perusahaan 'X')

TUGAS AKHIR

Judul : Peningkatan Kualitas Statistik Produk Secara Kontinu
dengan Metode DMAIC
(Studi Kasus: Produksi Kayu Lapisdi Perusahaan 'X')

Nama Mahasiswa : Sidiq Ayu Fitriani

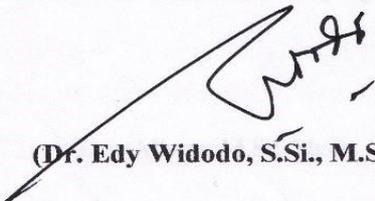
Nomor Mahasiswa : 13611149

TUGAS INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN

Yogyakarta, 30 Mei 2017

Mengetahui,

Dosen Pembimbing


(Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si.)

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA
KONTINU DENGAN METODE DMAIC
(Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis di Perusahaan 'X')**

Nama Mahasiswa : Sidiq Ayu Fitriani

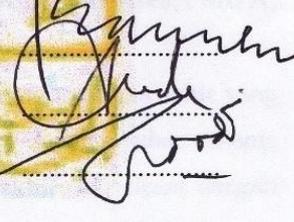
Nomor Mahasiswa : 13611149

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL 12 JULI 2017**

Nama Penguji

1. Dr. Kartiko, M. Si.
2. Dr. Jaka Nugraha, S. Si., M. Si.
3. Dr. Edy Widodo, S. Si., M. Si.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Allwar, M.Sc, Ph.D

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Peningkatan Kualitas Statistik Produk secara Kontinu dengan Metode DMAIC (Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis di Perusahaan ‘X’)”**. Shalawat serta salam juga penulis haturkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Tugas Akhir merupakan mata kuliah wajib sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan jenjang strata satu di Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat dukungan, bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia
2. Dr. RB Fajriya Hakim, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Statistika, FMIPA, UII beserta jajarannya.
3. Dr. Edy Widodo, S. Si., M. Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan dengan sabar selama rangkaian tugas akhir hingga penyusunan tugas akhir ini selesai dengan baik.
4. Kedua orang tua (Bapak Abdul Ghoni dan Ibu Khomsah) yang selalu memberi dukungan dan doa sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Kakak dan Abang (Ani Kusmirah dan Maharan Sriyandi, Hadirin dan Nirmawati, Edi Supangat dan Eka Ariani, Sabar Widiarto dan Warsi) yang selalu memberi semangat dan motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Keponakan-keponakan lucu (Rahmatul Mi'raj Fauzidane, Maulana Nur Huda, Khodijah Margilaila Khoirotunnisa dan Nazwa) yang selalu buat rindu dengan pertanyaan-pertanyaan yang tidak pernah berubah, “kapan pulang?”.
7. Imam Agung P., S. Sy. yang selalu membantu, menemani, serta memberikan motivasi dan dukungan agar tugas akhir ini selesai sesuai target awal.
8. Sahabat sepermainan dan seperjuangan di Jurusan Statistika (Rino Umi Kharomah, Emma Aulia Dewi, Kurnia Dewi Wahyuningsih dan Vega Mayanorita) yang selalu saling memberi semangat dan motivasi agar segera menyelesaikan studi.
9. Semua anggota Kost Puri Anggrek keluarga seataap yang setia menemani segala proses yang terjadi.
10. Keluarga KKN MG-191 (Ari, April, Intan, Awal, Nanda, Edi, Azel) yang menjadi keluarga baru dan selalu saling memberi semangat untuk sukses bersama.
11. Sahabat-sahabat seperjuangan tercinta yang telah menjadi motivator untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga ALLAH SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran sangat dibutuhkan dari semua pihak yang berkepentingan dalam penulisan tugas akhir ini.

Wassalaamu'alaikum, Wr.Wb.

Yogyakarta, 30 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PERNYATAAN.....	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Jenis Penelitian dan Metode Analisis	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA	4
BAB III <u>L</u> ANDASAN TEORI.....	6
3.1. Kayu Lapis	6
3.2. <i>Continuous Improvement</i>	6
3.3. Statistika dalam Pengendalian Kualitas.....	8
3.4. Pendekatan DMAIC	9
3.4.1. <i>Define</i>	10
3.4.2. <i>Measure</i>	11
3.4.3. <i>Analyze</i>	12
3.4.4. <i>Improve</i>	13
3.4.5. <i>Control</i>	14
3.5. Proses Pengendalian Statistik.....	15

3.5.1. <i>Six Sigma</i>	15
3.5.2. Histogram	17
3.5.3. Peta Pengendali	18
3.5.4. Indeks Kapabilitas	36
3.4.5. Rancangan Acak Lengkap	39
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	44
4.1. Data yang Digunakan	44
4.2. Variabel yang Digunakan	44
4.3. Metode Analisis Data	45
4.4. Tahapan Penelitian	46
BAB V PEMBAHASAN	48
5.1. <i>Define</i>	48
5.2. <i>Measure</i>	48
5.3. <i>Analyze</i>	49
5.3.1. Histogram	49
5.3.2. Peta Pengendali- <i>p</i>	51
5.3.3. Peta pengendali <i>x R</i>	52
5.3.4. Menghitung nilai Cpk (<i>Indeks Kapabilitas</i>)	59
5.4. <i>Improve</i>	60
5.5. <i>Control</i>	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1. Kesimpulan	62
6.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 3.1.	Jenis dan kegunaan peta kendali	21
Tabel 3.2.	Data produk cacat	23
Tabel 3.3.	Data Pengukuran rata-rata diameter pipa pada suatu perusahaan dengan banyaknya sampel bervariasi	29
Tabel 3.4.	Batas pengendali pada data tabel 3.3.	32
Tabel 3.5.	Tabel Tabulasi data pada RAL.	40
Tabel 3.6.	Tabel anova RAL	40
Tabel 3.7.	Pengukuran daya kecambah pada kacang hijau	42
Tabel 3.8.	Tabel anova.	43
Tabel 4.1.	Definisi Operasional Variabel	44
Tabel 5.1.	Tabel spesifikasi produk	48
Tabel 5.2.	Proporsi Cacat	51
Tabel 5.3.	Rata-rata dan range panjang kayu.	53
Tabel 5.4.	Rata-rata dan range lebar kayu.	55
Tabel 5.5.	Nilai perhitungan lebar setelah direvisi	56
Tabel 5.6.	Rata-rata dan range tebal kayu	57
Tabel 5.7.	Nilai perhitungan tebal kayu setelah direvisi	58
Tabel 5.8.	Tabel anova panjang kayu	60
Tabel 5.9.	Tabel anova panjang kayu	61
Tabel 5.10.	Tabel anova tebal kayu	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 3.1.	Roda Deming dalam Sistem Industri Modern	7
Gambar 3.2.	Konsep sistem metrik dalam pengukuran kualitas	11
Gambar 3.3.	Penggunaan alat-alat statistika untuk pengembangan sistem industri	13
Gambar 3.4.	Contoh histogram	18
Gambar 3.5.	Peta kendali \bar{x}	20
Gambar 3.6.	Contoh peta pengendali- p	24
Gambar 3.7.	Contoh peta pengendali- np	25
Gambar 3.8.	Contoh peta pengendali- c	25
Gambar 3.9.	Contoh peta pengendali u	26
Gambar 3.10.	Peta kendali $\bar{x} R$	27
Gambar 3.11.	Peta kendali $\bar{x} S$	33
Gambar 3.12.	Peta kendali MR	33
Gambar 3.13.	Peta kendali MA	34
Gambar 3.14.	Peta kendali EWMA	35
Gambar 3.15.	Peta kendali CUSUM	35
Gambar 3.16.	Peta kendali multivariat	36
Gambar 3.17.	Jarak spesifikasi	38
Gambar 4.1.	Pengukuran kayu lapis	44
Gambar 4.2.	Diagram alur penelitian	46
Gambar 4.3.	Diagram alur proses analisis DMAIC	47
Gambar 5.1.	Histogram panjang kayu	49
Gambar 5.2.	Histogram lebar kayu	50
Gambar 5.3.	Histogram tebal kayu	50
Gambar 5.4.	Peta pengendali- p	52
Gambar 5.5.	Peta pengendali $\bar{x} R$ panjang kayu	54
Gambar 5.6.	Peta pengendali $\bar{x} R$ lebar kayu	55
Gambar 5.7.	Digram pengendali $\bar{x} R$ lebar kayu yang telah direvisi	56
Gambar 5.8.	Digram pengendali $\bar{x} R$ tebal kayu	58
Gambar 5.9.	Digram pengendali $\bar{x} R$ tebal kayu yang telah direvisi	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data pengukuran Kayu Lapis
Lampiran 2	<i>Output SPSS RAL</i>
Lampiran 3	Tabel <i>Quality Control</i>
Lampiran 4	Tabel Konversi DPMO
Lampiran 5	Sertifikat Seminar Nasional
Lampiran 6	Makalah Seminar Nasional

PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya sudah pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Mei 2017



PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA KONTINU DENGAN METODE DMAIC

(Studi Kasus : Produksi Kayu Lapis di Perusahaan 'X')

Oleh : Sidiq Ayu Fitriani

Program Studi Statistika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

INTISARI

Perkembangan teknologi di Indonesia membuat dunia industri semakin mampu menghasilkan berbagai macam produk kebutuhan manusia. Persaingan dalam dunia industri juga semakin meningkat, setiap perusahaan berusaha untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Untuk memenuhi kebutuhan konsumen, sebuah produk harus diproduksi dengan proses yang stabil. Perusahaan 'X' adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang kayu lapis. Masalah yang terjadi pada perusahaan ini adalah adanya penyimpangan atau kerusakan pada produksi kayu lapis. Jika proses produksi dilakukan terus menerus tanpa adanya perbaikan-perbaikan maka akan semakin banyak menghasilkan produk cacat yang menyebabkan semakin banyak biaya produksi yang harus ditanggung dan kerugian yang semakin besar. DMAIC merupakan suatu pendekatan yang terbukti untuk mengurangi *defect* (kecacatan) dan meningkatkan kualitas dengan berkesinambungan. Analisis dilakukan dengan bantuan DPMO, histogram, diagram pengendali-p, diagram pengendali \bar{x} R, indeks kapabilitas, dan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Dari hasil analisis tersebut didapatkan level kualitas perusahaan adalah 3,55 sigma dengan 20.000 DPMO, proses belum berjalan dengan baik dan dua variabel penyebab cacat produk adalah lebar kayu dan tebal kayu. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan lebih mengawasi dan memperhatikan pengukuran lebar dan tebal kayu untuk mengurangi produk cacat serta mengurangi variasi pada produk.

Kata kunci : DMAIC, produk, kualitas

**CONTINUOUS STATISTICAL QUALITY CONTROL
IMPROVEMENT PRODUCT BY DMAIC METHOD
(Case Study : Production of Plywood in 'X' Company)**

Sidiq Ayu Fitriani
Program Studi Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

ABSTRACT

Technology improvement in Indonesia makes industrial become more able produce many product of human needs. Industrial competition get improved, each company try to fulfill the customers needs. To fulfill it, a product must be produced with the stabil process. 'X' Company is one of the companies was concerned in the field of plywood. Problems that occur in this company is the existence of irregularities or defect to the production of plywood. If the production process is done continuously without any improvements it will increasingly produce defective products that cause more production costs and greater losses. DMAIC is a proved approach to decrease defect and improve quality continuously. The analysis was done with DPMO, histogram, control chart-p, control chart \bar{X} R, index capability, and Completely Randomize Design. From the analysis result, the company's quality level is 3,55 sigma with 20.000 DPMO, gained that the process already done is still have not suitable and two variables of product defect are breadth and thickness of plywood. Improvements that can be done is to better monitor and consider the measurement of width and thickness of wood to decrease defective products and decrease product variations.

Keywords: DMAIC, product, quality.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membawa kemajuan dalam segala aspek, terutama perkembangan dalam dunia industri. Industri semakin mampu menghasilkan berbagai macam produk kebutuhan manusia, akan terus ada pengembangan produk baru, perubahan permintaan konsumen, serta persaingan antar industri, sehingga target mutu seharusnya selalu meningkat dan tidak statis. Adanya variasi produk dengan fungsi yang sama membuat konsumen semakin selektif dalam memilih produk yang akan dikonsumsinya. Konsumen selalu menuntut dan mengharapkan produk yang dibelinya dalam keadaan baik. Bila suatu produk dirasakan oleh konsumen kurang baik, konsumen akan berpindah ke produk sejenis yang lain. Dan hal ini akan menyebabkan penurunan laba atau kerugian bagi perusahaan, bahkan bila berlanjut terus dapat menyebabkan penghentian produksi karena konsumen tidak menginginkan produk itu lagi (Anonim, 2013).

Masalah mendasar dalam sebuah perusahaan yang berhubungan dengan kualitas adalah bagaimana bisa memenuhi harapan pelanggan. Jika harapan pelanggan didefinisikan, berarti harus mengukur bagaimana cara untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut. Sebuah produk yang cocok digunakan harus diproduksi dalam proses yang stabil, yang berarti proses harus mampu menghasilkan produk dengan variabilitas yang wajar dari indeks mutu yang dinyatakan dalam target pelanggan atau dalam nilai nominal (Gejdoš, 2015).

Kualitas saat ini dapat dipandang sebagai titik kepuasan pelanggan, atau dianggap wilayah kebutuhan pengguna atau ruang kecukupan penggunaan atau daerah pemenuhan kebutuhan. Begitu banyak makna kualitas, karena sekarang pengguna pemahaman kualitas sudah meluas. Baik produsen barang, penyedia jasa hingga lembaga-lembaga pengelola pemerintahan atau birokrasi. Dengan kata lain, semua yang berhubungan dengan pihak pengguna, pemakai atau yang harus dilayani, sebagai tujuan utama kegiatan tersebut (Irwan dan Haryono, 2015).

DMAIC yang merupakan kepanjangan dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* awalnya dikembangkan sebagai bagian dari kerangka *Six Sigma*. Merupakan suatu pendekatan yang terbukti untuk menghilangkan *defect* (kecacatan) dan meningkatkan kualitas yang berkaitan dengan metrik bisnis. DMAIC dan Lean adalah metodologi gabungan yang dikenal sebagai *Lean Six Sigma* yaitu suatu metode untuk meningkatkan efisiensi demi mencapai keunggulan operasional (*operational excellence*), bersifat saling melengkapi dan merupakan dasar untuk perusahaan atau organisasi melakukan perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*). DMAIC merupakan pendekatan yang sangat sederhana dan praktis. Tahapan dari pendekatan ini berupa penentuan masalah, pengukuran kemampuan dan tujuan, analisis data sebagai cara memahami masalah, peningkatan proses dan mengurangi penyebab masalah, dan pelaksanaan kontrol proses jangka panjang (Anonim, 2015).

Kayu lapis adalah panel kayu yang tersusun dari lapisan veneer dibagian luarnya, sedangkan dibagian intinya (*core*) bisa berupa veneer atau material lain, diikat dengan lem kemudian di-press (ditekan) sedemikian rupa sehingga menjadi panel yang kuat (Sumber: BPS).

Perusahaan 'X' adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang kayu lapis. Masalah yang terjadi pada perusahaan ini adalah adanya penyimpangan atau kerusakan pada produksi kayu lapis yang berada diluar batas toleransi yang ditetapkan (Dhika, 2016). Jika proses produksi dilakukan terus menerus tanpa adanya perbaikan-perbaikan maka akan semakin banyak menghasilkan produk cacat yang menyebabkan semakin banyak biaya produksi yang harus ditanggung.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah-masalah sebagai berikut.

1. Berapa level kualitas pada perusahaan kayu lapis 'X'?
2. Apakah proses produksi pada perusahaan 'X' sudah berjalan dengan baik?
3. Variabel manakah yang paling banyak menyebabkan cacat produk?

1.3. Jenis Penelitian dan Metode Analisis

Jenis penelitian ini adalah penelitian kategori aplikasi dengan metode analisis yang digunakan adalah pengendalian kualitas dengan metode DMAIC yang terdiri dari penghitungan nilai cacat produk dan level kualitas perusahaan, histogram, peta pengendali atribut, peta pengendali variabel, indeks kapabilitas dan rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui level kualitas Perusahaan 'X'.
2. Mengetahui apakah proses produksi pada Perusahaan 'X' sudah berjalan dengan baik.
3. Untuk melihat variabel apa yang paling banyak menyebabkan cacat produk.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dengan diketahuinya penggunaan pendekatan DMAIC untuk peningkatan kualitas diharapkan menjadi acuan pada perusahaan untuk peningkatan kualitas secara terus menerus.
2. Untuk mengurangi cacat pada produk dan mengurangi biaya produksi pada operasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengendalian kualitas dengan metode DMAIC dan kayu lapis yang telah dilakukan sebelumnya.

Menurut Sutiono (2007) dalam penelitiannya tentang Analisis Kualitas dan Usulan untuk Meningkatkan Kualitas Pada Kain Grey dengan menggunakan metode DMAIC didapatkan hasil analisis yang diperoleh terdapat lima jenis cacat pada produk, yaitu *double* pakan, *double* lusi, kotor, benang miring, benang keluar. Penelitian dilakukan agar mengurangi cacat produk yang diinginkan perusahaan yaitu kurang dari 95%.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Wibisono dan Suteja (2013) tentang Implementasi Metode DMAIC-Six Sigma dalam Perbaikan Mutu Di Industri Kecil Menengah pada Perbaikan Mutu Produk *Spring Adjuster* Di PT. 'X' didapatkan hasil penelitian bahwa perbaikan yang berkesinambungan sangat perlu dilakukan oleh setiap perusahaan termasuk oleh PT. STL. Salah satu pendekatan dan metode yang efektif adalah DMAIC Six Sigma yang berhasil memperbaiki kualitas produksi spring adjuster di PT. STL dari 83,23 cacat per 300 unit menjadi 15,14 cacat per 300 unit. Perbaikan ini melibatkan karyawan yang mengerti dan menguasai secara teknis proses produksi *spring adjuster*.

Pada penelitian lain tentang Pengendalian Cacat Produk dengan Pendekatan Six Sigma diperoleh hasil hasil penelitian bahwa peneliti menggunakan beberapa *tools* pada metode DMAIC diantaranya adalah peta pareto, diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) peta kontrol, grafik pengendali, *braistorming* dan diagram *fishbone* (Ekoanindiyo, 2014).

Caesaron dan Simatupang (2015) melakukan penelitian yang berjudul "Implementasi Pendekatan DMAIC untuk Perbaikan Proses Produksi Pipa PVC (Studi Kasus PT. Rusli Vinilon)". Hasil dari penelitian tersebut adalah dari perhitungan DPMO sebesar 6722,963 yang berarti akan terdapat peluang cacat produk sebesar 6722,963 dari kegagalan proses per satu juta peluang, dengan

tingkat sigma proses produksi PVC sebesar 3,97. Beberapa jenis cacat yang dominan pada produk PVC yaitu: hangus (35,99%), gagal *socket* (27,46%), dan standar ketebalan (18,83%). Beberapa usulan yang ditujukan untuk menekan jumlah cacat produk pada pipa PVC yaitu: pembuatan standar waktu proses untuk waktu *mixing*, penggunaan alat bantu sebagai penyeleksi hasil dari proses *mixing* yang tidak sempurna, pelatihan/*training* kepada operator yang bertanggung jawab disetiap proses produksi pipa PVC, pembuatan standar *setting temperature* mesin oven dalam proses *socketing*, penjadwalan dalam perawatan *rolling oven* agar dapat berfungsi dengan baik, pembuatan standar *setting* baut stir saat penyetulan ketebalan pipa.

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kayu lapis diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Dharmasari (2009) tentang analisis pengendalian kualitas produk akhir kayu lapis dengan menggunakan *statistical process control* diperoleh kesimpulan bahwa pelaksanaan pengendalian kualitas yang sudah diterapkan perusahaan dapat dikatakan sudah cukup baik, dibuktikan dengan adanya bagian revisi yang bertugas mengawasi dan memperbaiki produk yang rusak/cacat pada kayu lapis.

Penelitian selanjutnya dilakukan Abidin dkk (2013) yang bertujuan untuk mengetahui mutu akhir kayu lapis yang dihasilkan yang didekati melalui analisis cacat teknis kayu lapis dan analisis pengujian laboratoris kayu lapis. Dari hasil penelitian tersebut didapat secara garis besar terlihat cacat teknis kayu lapis yang tergolong banyak yaitu over laps, press mark, noda lem/minyak, face pecah dan core ujung kurang.

Penelitian yang dilakukan Astutik (2015) berkaitan dengan kendali mutu pada produksi kayu lapis didapatkan hasil dari penelitian ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaksesuaian disebabkan oleh jenis kayu, warna kayu, kondisi kayu, cara mengatasi faktor-faktor produksi adalah dilakukannya pengecekan kayu dengan menggunakan mesin double saw, dan penggunaan metode diagram kontrol proporsi pada veneer kering dengan ketebalan F/B 0,65 mm dan Core 2,4 mm masih berada dalam batas kendali.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Kayu Lapis

Dengan meningkatnya perkembangan teknologi, manusia cenderung membuat bahan-bahan kayu lebih terarah dengan memanfaatkan bahan kayu menjadi kayu lapis yang sangat berguna dalam berbagai penggunaan kayu pada umumnya dan kehidupan manusia pada khususnya. Kayu lapis adalah papan buatan dengan ukuran tertentu yang terbuat dari beberapa lapisan finir yang jumlahnya ganjil dipasang dengan arah serat bersilangan saling tegak lurus, kemudian direkat menjadi satu pada tekanan tinggi dengan perekat khusus sesuai tujuan penggunaan kayu. Finir adalah lembaran kayu tipis, yang diperoleh dari penyayatan (pengupasan) kayu jenis tertentu. Maksud dan tujuan dari pembuatan finir dan kayu lapis ialah untuk mendapatkan kayu yang berukuran lebar. Selain itu juga untuk menghemat penggunaan kayu, memanfaatkan jenis kayu bernilai rendah, dan menambah kekuatan serta meningkatkan mutu kayu dengan memperindah segi dekoratif kayu (Dumanauw, 1990).

3.2. *Continuous Improvement*

Meningkatnya persaingan di pasar global, perkembangan teknologi dan kenaikan orientasi pelanggan hanya beberapa contoh dari tantangan perusahaan untuk tetap bertahan saat ini. Selama beberapa tahun terakhir telah terjadi minat dalam konsep *continuous improvement* (CI) sebagai sarana untuk mengatasi pergolakan ini dan sebagai pergi menuju meningkatkan kinerja bisnis (Prajogo, 2000).

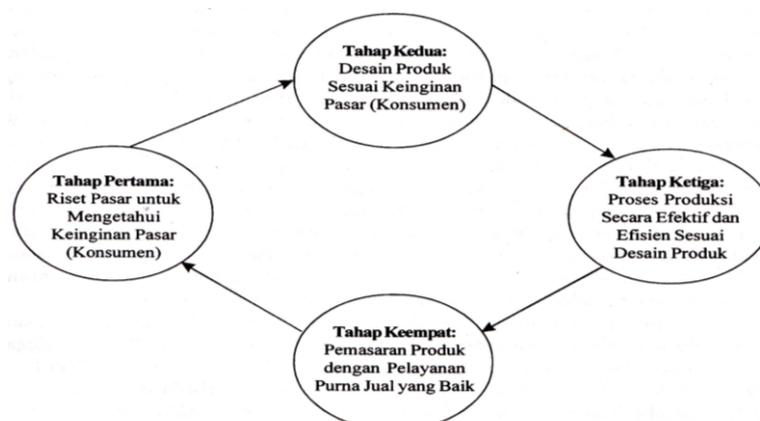
Proses industri harus dipandang sebagai suatu perbaikan atau peningkatan terus-menerus (*continuous improvement*), yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan suatu produk, pengembangan produk, proses produksi, sampai distribusi kepada konsumen. Seterusnya, berdasarkan informasi sebagai umpan-balik yang dikumpulkan dari pengguna produk (pelanggan), maka

dapat dikembangkan ide-ide untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk lama beserta proses produksi yang ada sekarang (Gaspersz, 2001).

Kaizen merupakan konsep Jepang yang berarti perbaikan berkesinambungan (*continuous improvement*). Pendekatan ini hanya dapat berhasil dengan baik apabila disertai dengan usaha sumber daya manusia yang tepat. Faktor manusia merupakan dimensi yang terpenting dalam perbaikan kualitas dan produktivitas. Persaingan global dan selalu berubahnya permintaan pelanggan merupakan alasan perlunya dilakukan *continuous improvement*. Untuk mencapai *continuous improvement*, manajer senior tidak cukup bila hanya menerima ide perbaikan, tetapi juga secara aktif mendorong setiap orang untuk mengidentifikasi dan menggunakan kesempatan perbaikan atau dengan kata lain '*never accept the status quo*'. Pelaksanaan perbaikan proses berkesinambungan meliputi (Tjiptono dan Diana, 1995):

- a. Penentuan masalah dan pemecahan masalah yang memungkinkan
- b. Pemilihan dan implemetasi pemecahan yang paling efektif dan efisien
- c. Evaluasi ulang, standarisasi, dan pengulangan proses.

Perbaikan performasi bisnis modern harus mencakup keseluruhan sistem industri dari kedatangan material sampai penyerahan produk kepada konsumen dan desain ulang produk (barang dan atau jasa) untuk masa mendatang. Konsep sistem industri ini dikemukakan oleh Deming yang kemudian populer dengan nama "Roda Deming" (*Deming's Wheel*) seperti ditunjukkan dalam gambar berikut (Gaspersz, 1998).



Gambar 3.1 Roda Deming dalam Sistem Industri Modern (Sumber : Vincent Gaspersz, 1998).

Pada *continuous improvement* terjadi proses pendekatan yang terus-menerus dan dilakukan dengan segera setelah terjadi penyempurnaan. Hal ini akan menjadi standar dan tantangan untuk melakukan penyempurnaan lagi. Peningkatan yang baru dilakukan, direvisi, dan diganti untuk mencapai nilai yang baru dan lebih baik. Dengan kata lain, terjadi peningkatan yang terus-menerus dan tiada pernah berhenti (Suardi, 2003).

3.3. Statistika dalam Pengendalian Kualitas

Statistika merupakan suatu metodologi, cara atau teknik untuk mengumpulkan, menganalisis suatu data dan mendapatkan hasil (*output*) dalam mengambil kebijakan. Atau dengan istilah lain statistika dapat digunakan untuk menunjukkan dasar pengetahuan (*body of knowledge*) pengumpulan data, analisis dan penafsiran data. Data harus memiliki arti, tidak hanya mudah untuk dikumpulkan, akan tetapi mempunyai makna dan maksud tertentu. Sejak awal perkembangan kualitas, para praktisi telah memperdebatkan pentingnya metode-metode statistik dalam pencapaian kualitas yang memuaskan. Namun, pengetahuan mengenai metode-metode statistik saja tidak cukup, pengetahuan tentang produk dan proses yang khusus dalam industri juga belum cukup. Keseluruhan pengetahuan mengenai metode-metode statistik dan pengetahuan tentang produk dan proses dalam industri harus dipahami sebagai kunci dan alat yang cukup penting dalam pendekatan kualitas di era modern ini (Ariani, 2004).

Metode statistik memainkan peran penting dalam pengendalian kualitas. Metode statistik memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian serta evaluasinya, dan informasi di dalam data yang akan digunakan dalam mengendalikan kualitas dan meningkatkan proses produksi suatu perusahaan. Oleh karena itu, metode statistika berperan dalam berbagai aktivitas yang dilakukan peneliti dan penting juga dalam menentukan kebijakan suatu organisasi untuk mengendalikan kualitas produksi. Jika diperhatikan dari sisi penelitian, maka ada beberapa kegunaan statistik dalam berbagai aktivitas tersebut, yaitu sebagai berikut (Irwan dan Haryono, 2015):

- Membantu peneliti dalam menggunakan sampel sehingga penelitian dapat berjalan baik dengan hasil yang sesuai dengan objek yang ingin diteliti dan mempermudah peneliti untuk membaca data yang telah terkumpul sehingga peneliti dapat mengambil keputusan yang tepat.
- Mempermudah peneliti untuk melihat ada tidaknya perbedaan antara kelompok yang satu dengan kelompok yang lainnya atas objek yang akan diteliti.
- Membantu peneliti untuk melihat ada atau tidaknya hubungan antar variabel yang satu dengan variabel lainnya (variabel terikat dan variabel bebasnya).
- Mempermudah peneliti dalam menentukan prediksi untuk waktu yang akan datang dalam mengambil kebijakan dan memudahkan dalam melakukan interpretasi atas data yang telah dianalisis.

Banyak keputusan mengenai masalah berhubungan dengan mutu diperlukan dalam proses produksi. Dalam membuat keputusan-keputusan semacam itu ingin diperiksa perbandingan ekonomis diantara alternatif yang sedang diperiksa. Teknik-teknik pengendalian mutu statis dapat memberi suatu sumbangan yang berguna bagi peneliti ekonomis semacam itu (Grand dan Leavenworth, 1996).

Dalam industri, metode statistik paling sering digunakan sebagai alat untuk analisis. Dalam analisis ada dua kategori utama. Yang kesatu adalah analisis mutu, dan yang lain adalah analisis proses. Analisis mutu adalah analisis yang dengan bantuan data dan metode statistik, menentukan hubungan antara karakteristik mutu sebenarnya dan karakteristik mutu pengganti. Analisis proses adalah analisis yang menjelaskan hubungan antara faktor-faktor penyebab dalam proses pengaruhnya seperti mutu, biaya, produktivitas dan sebagainya (Ishikawa, 1992).

3.4. Pendekatan DMAIC

Menurut Pande dkk (Gejdoš, 2015) DMAIC adalah singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* yang mengacu pada siklus perbaikan yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimalkan, dan menstabilkan proses bisnis dan desain. Siklus perbaikan DMAIC adalah alat utama yang digunakan

untuk menggerakkan proyek Six Sigma. Namun, DMAIC tidak hanya untuk *Six Sigma* dan dapat digunakan sebagai kerangka untuk penerapan perbaikan lainnya.

DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus menerus (*continuous improvement*) menuju target *Six Sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta (*systematic, scientific and fact based*). Proses DMAIC menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru, dan menerapkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target *Six Sigma* (Gaspersz, 2002).

3.4.1. Define

Merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini perlu didefinisikan beberapa hal yang terkait dengan (Gaspersz, 2002):

- Kriteria proyek pemilihan *Six sigma*
- Peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
- Kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
- Proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya.
- Kebutuhan spesifik dari pelanggan.
- Pernyataan tujuan proyek *Six sigma*.

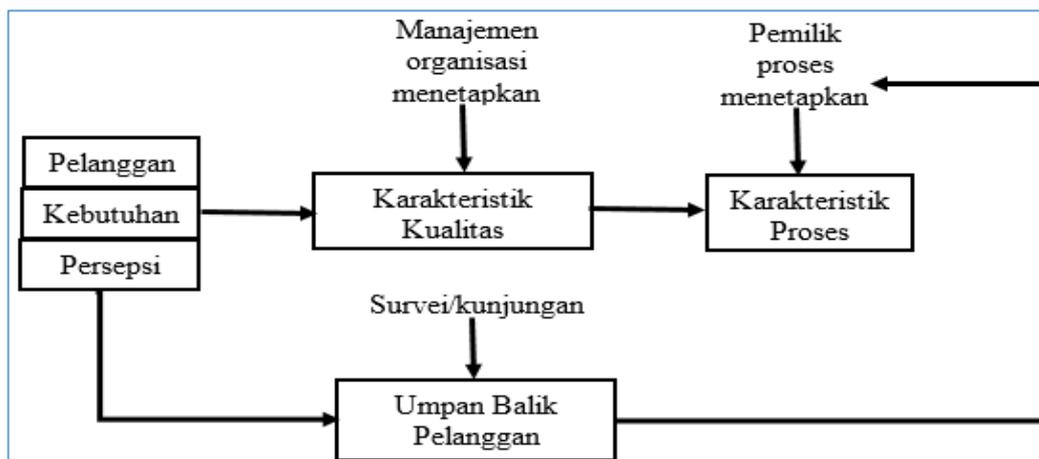
Pemilihan proyek terbaik adalah berdasarkan pada identifikasi proyek yang terbaik sepadan (*match*) dengan kebutuhan, kapabilitas, dan tujuan organisasi yang sekarang. Secara umum setiap proyek *Six Sigma* yang terpilih harus mampu memenuhi kategori berikut (Gaspersz, 2002).

- Memberikan hasil-hasil dan manfaat bisnis,
- Kelayakan,
- Memberikan dampak positif bagi organisasi.

3.4.2. Measure

Measure merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas. Terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan dalam tahap *measure*, yaitu (Gaspersz, 2002):

- Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*Critical-to-Quality* = CTQ) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan,
- Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome*,
- Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output*, dan/ atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek Six sigma.



Gambar 3.2 Konsep sistem metrik dalam pengukuran kualitas (Sumber: Gaspersz, 2002).

Secara konseptual pengukuran kualitas atau sistem metrik (*metric system*) ditunjukkan dalam dalam gambar 3.2. Pada gambar tersebut tampak bahwa secara sederhana sistem metrik terdiri dari dua elemen fungsional, yaitu (Gaspersz, 2002):

- Elemen komunikasi yang menghubungkan kebutuhan pelanggan dan proses bisnis,
- Umpan balik yang menghubungkan persepsi pelanggan tentang kepuasan yang diterima dari produk dan pelayanan yang diberikan oleh

proses bisnis dengan pemilik proses (orang yang bertanggungjawab dalam mengendalikan dan meningkatkan kinerja proses).

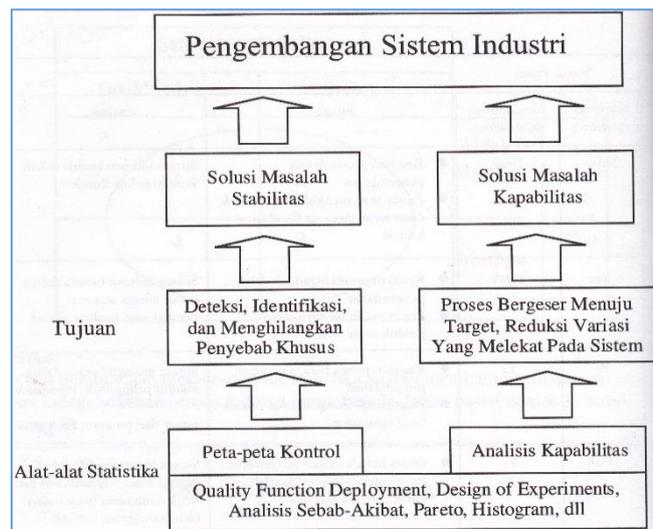
Pada gambar 3.2 tampak bahwa kebutuhan spesifik pelanggan harus dapat diterjemahkan secara tepat ke dalam karakteristik kualitas yang ditetapkan oleh manajemen organisasi, selanjutnya karakteristik kualitas itu diuji atau diperbandingkan terhadap karakteristik proses, untuk mengetahui apakah karakteristik proses yang ada mampu memenuhi standar-standar karakteristik kualitas yang ditetapkan. Pemahaman secara konseptual terhadap sistem metrik dalam pengukuran kualitas memainkan peranan yang sangat penting untuk melaksanakan tahap *measure* dengan benar dalam proyek Six sigma (Gaspersz, 2002).

3.4.3. *Analyze*

Analyze merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas. Pada tahap ini perlu melakukan beberapa hal berikut: (Gaspersz, 2002).

- a. Menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas/kemampuan (*capability*) dari proses,
- b. Menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CQT) yang akan ditingkatkan,
- c. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan,
- d. Mengkonversikan banyak kegagalan ke dalam biaya kegagalan kualitas (*cost of poor quality*).

Menurut Gaspersz (2002) proses industri harus dipandang sebagai suatu peningkatan terus menerus (*continuous improvement*), yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan suatu produk (barang dan/ atau jasa), pengembangan produk, proses produksi/operasi, sampai kepada distribusi kepada pelanggan. Seterusnya berdasarkan ide-ide untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk lama beserta proses produksi/operasi yang ada saat ini.



Gambar 3.3. Penggunaan alat-alat statistika untuk pengembangan sistem industri (Sumber: Gaspersz, 2002).

Pada gambar 3.3 tampak bahwa pemahaman yang baik tentang metode-metode statistika dan perilaku proses industri akan mampu meningkatkan kinerja sistem industri secara terus menerus menuju target kegagalan nol (*zero defect oriented*). Pemahaman terhadap kedua hal, yaitu perilaku proses industri (*statistical thinking*) dan alat-alat statistika (*statistics tools*) merupakan dua hal utama yang harus dimiliki oleh tim peningkatan kualitas *Six Sigma* (Gaspersz, 2002).

3.4.4. *Improve*

Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengidentifikasi, menguji dan menerapkan solusi untuk masalah, baik sebagian atau seluruh masalah. Hal ini tergantung pada situasi. Identifikasi solusi kreatif untuk menghilangkan akar penyebab utama untuk memperbaiki dan proses mencegah masalah (Gejdoš, 2015).

Menurut Gaspersz (2002) setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas teridentifikasi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas. Pada dasarnya rencana-rencana tindakan (*action plans*) akan mendeskripsikan tentang alokasi sumber-sumber daya serta prioritas dan/atau alternatif yang dilakukan dalam implementasi rencana itu. Bentuk-bentuk pengawasan dan usaha-usaha untuk mempelajari melalui pengumpulan data dan analisis ketika implementasi dari suatu rencana, juga harus direncanakan pada tahap ini.

Pengembangan rencana tindakan merupakan salah satu aktivitas yang penting dalam program peningkatan kualitas *Six sigma*, yang berarti bahwa dalam tahap ini tim peningkatan kualitas *Six sigma* harus memutuskan apa yang harus dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan kegunaan (mengapa) rencana tindakan itu harus dilakukan, dimana rencana tindakan itu akan diterapkan atau dilakukan, bagaimana rencana tindakan itu akan dilakukan, siapa yang akan menjadi penanggungjawab dari rencana tindakan itu, bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu, dan berapa besar biaya untuk melaksanakan rencana tindakan itu secara manfaat positif yang diterima dari implementasi rencana tindakan itu. Analisis menggunakan metode 5W-2H dapat digunakan pada tahap pengembangan rencana tindakan ini (Gaspersz, 2002).

3.4.5. Control

Menurut Gaspersz (2002) *control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan, distandarisasikan dan disebarluaskan. Prosedur-prosedur didokumentasikan dan dijadikan pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim kepada pemilik atau penanggungjawab proses, yang berarti proyek berakhir pada tahap ini. Selanjutnya, proyek-proyek pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru yang harus mengikuti siklus DMAIC. Melalui cara ini maka akan terjadi peningkatan, integrasi, institusionalisasi, pembelajaran, dan *sharing* atau transfer pengetahuan-pengetahuan baru dalam organisasi.

Tujuan institusionalisasi adalah mentransformasi bagaimana praktek bisnis itu dilakukan mengikuti prinsip-prinsip *Six Sigma*. Dengan kata lain tujuan institusionalisasi adalah mengintegrasikan prinsip-prinsip *Six Sigma* ke dalam cara-cara praktek bisnis itu dikelola sehari-hari. *Six Sigma* tidak hanya berfokus pada penyelesaian proyek, tetapi juga menawarkan bagaimana kumpulan dari hasil-hasil proyek itu mempengaruhi tingkat kinerja yang lebih besar, proses tingkat tinggi yang berlangsung dari hari ke hari (Gaspersz, 2002).

Tujuan dari standarisasi adalah menstandarisasikan sistem kualitas *Six Sigma* yang telah terbukti menjadi terbaik dalam bisnis kelas dunia. Hasil-hasil yang memuaskan dari proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus distandarisasikan, dan selanjutnya dilakukan peningkatan terus menerus pada jenis masalah yang lain melalui proyek-proyek *Six Sigma* yang lain mengikuti konsep DMAIC (Gaspersz, 2002).

3.5. Proses Pengendalian Statistik

Tidak mungkin untuk memeriksa atau menguji kualitas ke dalam suatu produk, kecuali produk itu harus dibuat dengan benar sejak awal. Ini berarti bahwa proses produksi harus stabil dan mampu beroperasi sedemikian hingga sebenarnya semua produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Pengendalian proses statistik pada jalur adalah alat utama yang digunakan dalam membuat produk dengan benar sejak awal. Peta pengendali adalah macam prosedur pengendalian proses statistik pada jalur yang paling sederhana (Montgomery, 1990).

3.5.1. *Six Sigma*

Six sigma merupakan proses yang membantu mengembangkan dan menghantarkan produk mendekati sempurna. Ide *six sigma* adalah jika dapat mengukur berapa banyak cacat yang dimiliki dalam suatu proses, maka dengan mudah dapat mengatasi bagaimana menekan untuk menuju *zero-defect*. Suatu proses dikatakan baik jika berjalan pada suatu rentang yang telah ditentukan. Rentang tersebut memiliki batas, yaitu batas spesifikasi atas (*Lower Specification Limit-LSL*) dan batas spesifikasi bawah (*Upper Specification Limit-LSL*). Proses *six sigma* adalah proses yang hanya menghasilkan 3,4 DPMO (*defect per million opportunity*). DPMO bukan hanya sekedar cacat saja, namun merupakan rasio cacat dibandingkan dengan peluang jumlah cacat yang terjadi (Hendradi, 2006).

Menurut Syukron dan Kholil (2012) *Six sigma* dimulai dengan penekanan cara pengukuran kualitas yang berlaku secara umum. Dalam terminologi *six sigma*, sebuah cacat (*defect*) adalah kekeliruan atau kesalahan yang diterima pelanggan.

Unit kerja adalah *output* suatu proses atau tahapan proses. Kualitas *output* diukur dalam tingkat kecacatan per unit (*defect per unit-DPU*).

Cacat didefinisikan sebagai suatu produk yang tidak memenuhi standar yang ditentukan. Hal terpenting dalam pengukuran suatu produk adalah kualitas dan spesifikasi variabel yang berada dalam batas spesifikasi, pengukuran yang berada di luar batas spesifikasi tersebut akan dianggap cacat. Sebagian besar produk memiliki banyak standar spesifikasi produk. Oleh karena itu, produk yang cacat dapat memiliki beberapa cacat. *DPU* adalah pengukuran cacat yang paling dasar. Ini adalah perbandingan jumlah cacat yang ditemukan pada total unit produk (Bass dan Lawton, 2009).

$$DPU = \frac{D}{U} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

dengan:

D : *defect* (jumlah cacat)

U : *unit* (jumlah seluruh produk)

Menurut Bass dan Lawton (2009) setiap produk atau jasa memiliki beberapa standar spesifikasi produk dan harus bebas dari cacat produk dan jasa untuk memenuhi harapan pelanggan. Sebuah kesempatan (*opportunity*) didefinisikan sebagai bagian dari suatu produk atau jasa pada suatu cacat dapat ditemukan. Dengan kata lain, *opportunity* adalah standar spesifikasi produk tersebut yang diharapkan pelanggan terima tanpa cacat. *Defect per opportunity (DPO)* adalah perbandingan pada semua cacat yang ditemukan pada semua unit dengan total jumlah kesempatan (*opportunity*).

$$DPO = \frac{DPU}{O} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan:

O : *opportunity* (kesempatan cacat)

Defects per million opportunities (DPMO) adalah ukuran jumlah cacat pada proses pada setiap satu juta kesempatan (Bass dan Lawton, 2009).

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Kemudian dari hasil nilai *DPMO* tersebut dikonversikan kedalam level kualitas (*sigma*) menggunakan tabel konversi seperti pada tabel dalam Lampiran 4.

Contoh penerapan pada kasus:

Pada sebuah percetakan, diambil 50 sampel acak pada hasil cetakan. Dari sampel tersebut ditemukan 7 hasil cetakan yang cacat. Kriteria cacat pada percetakan ini terdiri dari empat kriteria, yaitu salah cetak, salah ketik, rusak dan cetakan tidak lengkap (Sumber: minitab.com).

Contoh 1:

$$DPU = \frac{D}{U} = \frac{7}{50} = 0,14$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan 0,14 DPU.

Contoh 2:

$$DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{0,14}{4} = 0,035$$

Contoh 3:

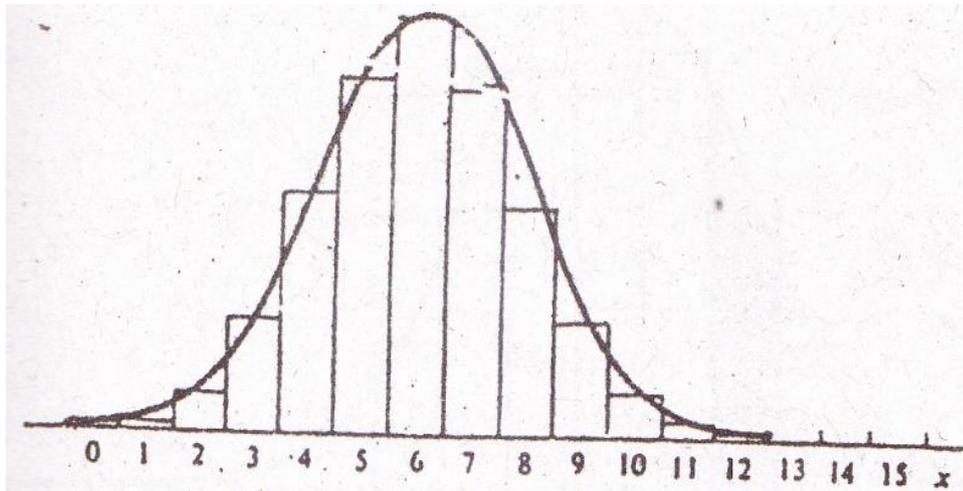
$$DPMO = 0,035 \times 10^6 = 35.000$$

Jadi, dalam satu juta cetakan diperkirakan akan menghasilkan 35.000 cacat produk, dengan dikonversikan dalam level kualitas menjadi 3,31 sigma.

3.5.2. Histogram

Histogram adalah suatu diagram batang dari suatu distribusi frekuensi. Nilai variabel diukur pada sumbu mendatar batang-batang pada histogram mempunyai lebar yang sama yang mencerminkan kelas interval yang sama. Tinggi setiap batang mencerminkan frekuensi kelas, sehingga luas setiap batang diatas masing-masing kelas sebanding dengan frekuensi yang ditunjukkan pada masing-masing kelas. Jika dalam distribusi frekuensi digunakan interval kelas yang berbeda, luas batang di atas setiap interval kelas harus dijaga agar tetap sebanding dengan frekuensi pada masing-masing kelas (Mulyono, 1992).

Histogram juga merupakan salah satu alat pengendalian kualitas. Manfaat dari penggunaan histogram adalah untuk memberikan informasi mengenai variasi dalam proses dan membantu manajemen dalam membuat keputusan dalam upaya peningkatan proses yang berkesimbangan (*Continous Process Improvement*) (Budi, 2016).



Gambar 3.4. Contoh histogram (Sumber: Walpole, 1995).

Distribusi frekuensi dapat berguna dalam menaksir kemampuan proses. Paling sedikit 50 sampai 100 (atau lebih) observasi harus tersedia supaya histogram agak stabil sehingga dapat diperoleh taksiran kemampuan proses yang cukup dapat dipercaya. Histogram, bersama dengan rata-rata sampel \bar{x} dan deviasi standar S , memberikan informasi tentang kemampuan proses. Keunggulan distribusi frekuensi untuk menaksir kemampuan proses adalah bahwa cara itu memberikan kesan visual da segera tentang penampilan proses. Cara itu juga dapat menunjukkan penyebab proses belum berjalan dengan baik (Montgomery, 1990).

Komponen kunci dalam perbaikan proses adalah pengukuran bagaimana proses tersebut berbeda. Variasi muncul dalam berbagai kejadian, bahkan proses yang paling teliti dan pasti mengandung beberapa variasi atau perbedaan. Contoh variasi adalah temperatur, berat, lama waktu layanan pelanggan, dan jumlah produk dalam sebuah kontainer. Penurunan perbedaan dalam sebuah proses dapat menghasilkan produk atau layanan yang lebih konsisten, kualitas lebih bagus, dan biaya lebih efektif. Salah satu metode untuk membuat rangkuman tentang data sehingga data tersebut mudah dianalisis adalah histogram, yang menyajikan data secara grafis tentang seberapa sering elemen-elemen proses muncul (Yamit, 2004).

3.5.3. Peta Pengendali

Menurut Grand dan Leavenworth (1996) salah satu alat terpenting dalam pengendalian mutu secara stastis (*statistical quality control*) adalah peta pengendali

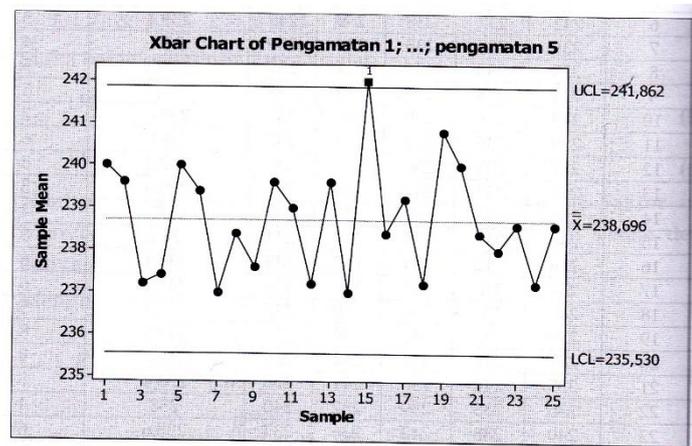
Shewhart (*Shewhart control chart*), dinamakan demikian karena teknik ini dikembangkan oleh Dr. Walter A. Shewhart pada tahun 1920-an sewaktu ia bekerja pada Bell Telephone Laboratories. Meskipun bagan ini nampaknya sederhana, namun banyak ahli teknik, karyawan bagian produksi, dan para pemeriksa berpendapat bahwa dalam menggunakan bagan ini diperlukan suatu pandangan yang sama sekali baru.

Keampuan teknik Shewhart terletak pada kemampuannya untuk memisahkan sebab-sebab terusus (*assignable causes*) dari keragaman mutu (*quality variation*). Hal ini memungkinkan dilakukannya diagnosis dan koreksi terhadap banyak gangguan produksi dan seringkali pula dapat meningkatkan mutu produk secara berarti serta mengurangi bagian yang rusak (*spoilange*) atau pengerjaan ulang (*rework*). Lebih dari itu, dengan mengidentifikasi beberapa jenis keragaman mutu sebagai keragaman acak (*change variation*) yang tak terhindarkan, bagian kendali dapat memberi tahu kapan suatu proses dibiarkan begitu saja karena dapat mencegah frekuensi tindakan penyesuaian yang tak perlu yang cenderung menambah keragaman proses dan bukan menurunkannya (Grand dan Leavenworth, 1996).

Menurut Kusnadi (2012) peta kendali adalah satu dari banyak alat untuk memonitoring proses dan mengendalikan kualitas. Alat-alat tersebut merupakan pengembangan metode untuk peningkatan dan perbaikan kualitas. Perbaikan kualitas terjadi pada dua situasi. Situasi pertama adalah ketika peta kendali dibuat, proses dalam kondisi tidak stabil. Kondisi yang diluar batas kendali terjadi karena sebab khusus, kemudian dicari tindakan perbaikan sehingga proses menjadi stabil. Sehingga hasilnya adalah adanya perbaikan proses.

Kondisi kedua berkaitan dengan pengujian. Peta kendali tepat bagi pengambil keputusan karena model akan melihat yang baik dan yang buruk. Peta kendali memang tepat dalam menyelesaikan masalah melalui perbaikan kualitas, walaupun ada kelemahan apabila digunakan untuk memonitor atau mempertahankan proses. Suatu proses dikatakan berada dalam kendali statistik jika nilai pengamatan jatuh diantara garis *UCL* dan *LCL*. Dalam kondisi ini proses tidak memerlukan tindakan apapun sebagai perbaikan. Namun, jika ada nilai pengamatan

yang jatuh diluar batas *UCL* dan *LCL*, itu berarti ada proses yang tidak terkendali. Peta kendali yang dimaksud dapat ditunjukkan oleh gambar 3.6 berikut ini (Kusnadi, 2012).



Gambar 3.5 Peta kendali \bar{x} (Sumber: Irwan, Haryono, 2015).

Secara umum, peta kendali dalam SPC selalu terdiri dari tiga garis horisontal, yaitu (Kusnadi, 2012):

1. Garis pusat (*center line*), garis yang menunjukkan nilai tengah (mean) atau nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang di-plot pada peta kendali SPC.
2. *Upper control limit* (UCL), garis di atas garis pusat yang menunjukkan batas kendali atas.
3. *Lower control limit* (LCL), garis di bawah garis pusat yang menunjukkan batas kendali bawah.

Secara umum, ada dua peta kendali, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali variabel merupakan peta kendali yang digunakan untuk mengukur karakteristik kualitas, sedangkan peta kendali atribut digunakan untuk mengukur jumlah cacat dalam produk atau bagian cacat dalam produk. Untuk melihat kegunaan beberapa jenis peta kendali tiap-tiap *type*, perhatikan Tabel 3.1 berikut ini (Irwan dan Haryono, 2015).

Tabel 3.1. Jenis dan kegunaan peta kendali.

No.	Type	Jenis Peta Kendali	Kegunaan
1.	Atribut	Peta kendali p	Peta kendali proporsi kesalahan baik sub grup yang diamati sama (konstan) maupun berbeda
		Peta kendali np	Peta kendali untuk jumlah proporsi kesalahan (cacat) dalam sub grup yang sama
		Peta kendali c	Peta kendali untuk cacat sub grup dengan jumlah sampel sama (konstan)
		Peta kendali u	Peta kendali untuk jumlah cacat sub grup dengan jumlah sampel konstan dan berbeda
2.	Variabel	Peta kendali $\bar{x} R$	Peta kendali untuk rata-rata sub grup dan range sub grup
		Peta kendali $\bar{x} S$	Peta kendali untuk rata-rata sub grup dan standar deviasi sub grup
		Peta kendali individual MR	Digunakan dengan tujuan untuk menggambarkan ukuran individual data kontinu dengan menggunakan prosedur peta kendali MR.
		Peta kendali MA	Digunakan jika pada data observasi terlihat bahwa nilai rata-rata data yang satu dengan yang lainnya hanya menampakkan perbedaan yang sangat kecil
		Peta kendali EWMA	Digunakan untuk mendeteksi terjadinya pergeseran dalam rata-rata proses
		Peta kendali CUSUM	Digunakan sebagai alternatif peta kendali Shewhart, hampir sama dengan peta kendali EWMA
3.	Multivariat	Peta kendali T -square	Digunakan untuk memonitor atau mengontrol lebih dari satu karakteristik kualitas

Sumber: Irwan dan Haryono, 2015.

1. Peta Pengendali Atribut

Karakteristik kualitas dapat dipilih dengan kategori unit ke yang cacat dan yang tidak cacat. Karakteristik kualitas seperti ini disebut dengan jenis atribut. Contoh dari karakteristik kualitas atribut adalah jumlah kegagalan dalam menjalankan produksi, misalkan banyak produksi yang rusak. Dalam proses produksi terkadang ada kesalahan ataupun hasil produksi yang tidak sesuai dengan

keinginan. Dalam hal ini dapat menggunakan pengendalian kualitas statistik data atribut. Data atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan spesifikasi atau tidak sesuai dengan spesifikasi (Irwan dan Haryono, 2015).

a. Peta kendali p

Jika sampel yang diambil untuk setiap kali melakukan observasi jumlahnya sama maka dapat digunakan peta kendali proporsi kesalahan maupun banyaknya kesalahan. Namun apabila sampel yang diambil bervariasi untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya atau memang perusahaan tersebut ingin melakukan 100% inspeksi maka harus menggunakan peta kendali proporsi kesalahan (p -chart) (Irwan dan Haryono, 2015).

Berikut langkah-langkah pembuatan peta kendali- p (Irwan dan Haryono, 2015).

1. Menghitung untuk setiap subgroup nilai proporsi unit yang cacat

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n}; i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan:

\hat{p}_i = proporsi cacat pada setiap observasi

D_i = banyaknya produk cacat

n = ukuran sampel

2. Menghitung nilai rata-rata dari sampel p , yaitu \bar{p} dapat dihitung dengan

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{n.m} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan:

\bar{p} = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

D_i = banyaknya produk cacat

n = ukuran sampel tiap observasi

m = banyaknya observasi

3. Menghitung batas kendali dari peta kendali p

Selanjutnya akan ditentukan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) sebagai berikut.

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

4. Plot data proporsi (persentase) unit cacat serta amati apakah data berada dalam pengendalian atau tidak.

Contoh penerapan pada kasus:

Suatu perusahaan pembuat plastik ingin membuat peta pengendali untuk periode mendatang dengan mengadakan inspeksi terhadap produksi bulan ini. Perusahaan melakukan 25 kali observasi dengan mengambil 50 sampel setiap observasi. Hasil observasi adalah sebagai berikut (Ariani, 2004).

Tabel 3.2. Data produk cacat.

Observasi	Ukuran sampel	Banyak produk cacat	Proporsi cacat (\hat{p}_i)	Observasi	Ukuran sampel	Banyak produk cacat	Proporsi cacat (\hat{p}_i)
1	50	4	0,08	14	50	2	0,04
2	50	2	0,04	15	50	3	0,06
3	50	5	0,10	16	50	2	0,04
4	50	3	0,06	17	50	4	0,08
5	50	2	0,04	18	50	10	0,20
6	50	1	0,02	19	50	4	0,08
7	50	3	0,06	20	50	3	0,06
8	50	2	0,04	21	50	2	0,04
9	50	5	0,10	22	50	5	0,10
10	50	4	0,08	23	50	4	0,08
11	50	3	0,06	24	50	3	0,06
12	50	5	0,10	25	50	4	0,08
13	50	5	0,10	JUMLAH	1250	90	

Contoh 4:

Menghitung proporsi unit cacat pada observasi 1 tabel 3.2.

$$\hat{p}_1 = \frac{D_i}{n} = \frac{4}{50} = 0,08$$

Contoh 5:

Menghitung rata-rata cacat pada sampel pada tabel 3.2.

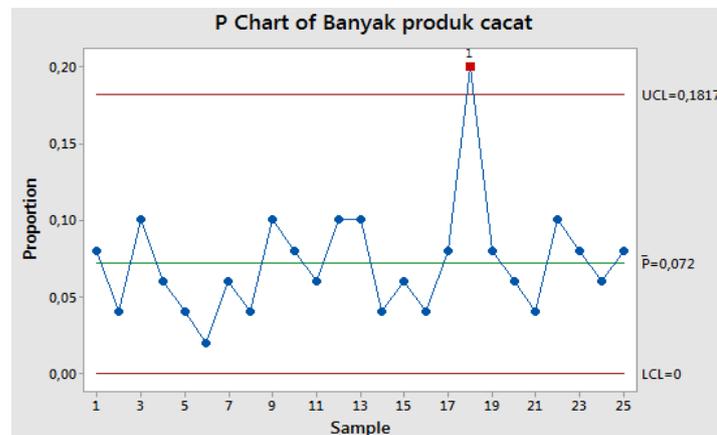
$$\bar{p} = \frac{90}{1250} = 0,072$$

Contoh 6:

Menghitung *UCL* dan *LCL* pada tabel 3.2.

$$UCL = 0,072 + 3\sqrt{\frac{0,072(1-0,072)}{50}} = 0,182$$

$$LCL = 0,072 - 3\sqrt{\frac{0,072(1-0,072)}{50}} = -0,037 = 0$$



Gambar 3.6 Contoh peta pengendali-*p* (Sumber: Minitab).

Dari hasil peta pengendali-*p* tersebut didapatkan ada satu observasi yang keluar dari batas pengendali. Karena ada hal tersebut, maka dilakukan perhitungan *UCL* dan *LCL* kembali dengan membuang data observasi yang berada diluar batas pengendali.

b. Peta kendali *np*

Peta kendali *np* digunakan untuk data yang terdiri dari jumlah (proporsi) tidak sesuai item relatif terhadap jumlah barang yang diperiksa. Secara konseptual, sebagai suatu proses menghasilkan barang atas subkelompok terdiri dari item dipilih dan diperiksa setiap subgrup dengan rumus *UCL* dan *LCL* sebagai berikut (Irwan dan Haryono, 2015).

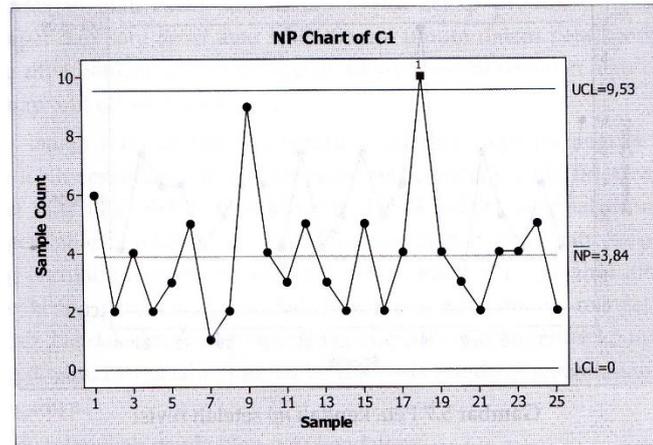
$$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan:

\bar{p} = rata-rata proporsi cacat

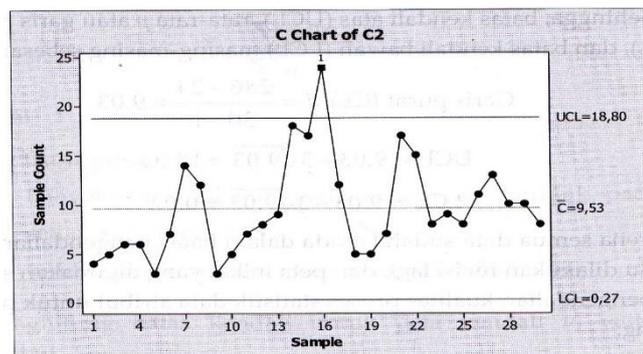
n = ukuran sampel tiap observasi



Gambar 3.7. Contoh peta pengendali- np (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

c. Peta kendali c

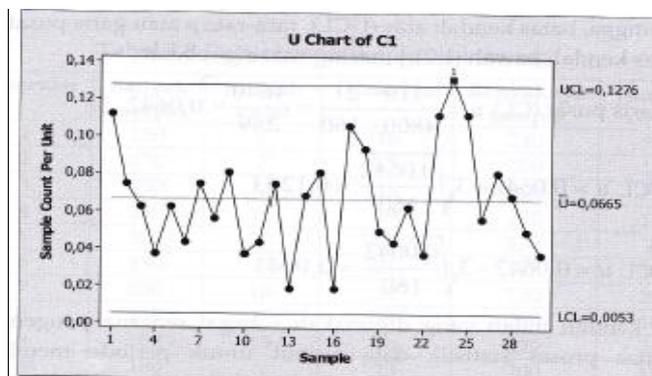
Benda yang tidak sesuai adalah unit produk yang tidak memenuhi satu atau beberapa spesifikasi untuk produk itu. Setiap titik tertentu dimana spesifikasi tidak dipenuhi menghasilkan satu cacat atau tidak sesuai. Akibatnya satu benda yang tak sesuai akan memuat paling sedikit satu ketidaksesuaian. Tetapi, sangat mungkin suatu unit yang memuat beberapa ketidaksesuaian dan tidak diklasifikasikan sebagai tidak sesuai, tergantung pada sifat dasarnya (Montgomery, 1990).



Gambar 3.8. Contoh peta pengendali c (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

d. Peta kendali u

Peta pengendali c digunakan untuk jumlah ketidaksesuaian per *subgroup* dengan ukuran konstan. Untuk menyusun peta kendali rata-rata ketidaksesuaian per unit di dalam *subgroup* dengan ukuran tidak sama, digunakan peta kendali u . Peta kendali u melukiskan ketidaksesuaian dengan ukuran sampel yang konstan dan tidak konstan dengan ukuran unit pemeriksaan. Unit pemeriksaan dipilih untuk memudahkan pengumpulan data atau operasional. Tetapi, tidak ada alasan mengapa ukuran sampel harus terbatas pada suatu unit pengukuran (Irwan dan Haryono, 2015).



Gambar 3.9. Contoh peta pengendali u (Irwan dan Haryono, 2015).

2. Peta Pengendali Variabel

Menurut Ariani (Irwan dan Haryono, 2015) Peta kendali variabel untuk data kontinu digunakan untuk memonitor serta mengontrol karakteristik yang mempengaruhi kinerja proses. Karakteristik untuk data kontinu yang dimaksud adalah panjang, volume, berat, kecepatan, temperatur dan lain sebagainya. Biasanya peta kendali variabel merupakan prosedur pengendalian yang lebih efisien dan memberikan informasi tentang penampilan proses yang lebih banyak dari peta kendali atribut. Peta kendali ini juga digunakan untuk menggambarkan variansi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi.

Menurut Irwan dan Haryono (2015) suatu karakteristik kualitas dapat diukur seperti dimensi, berat atau volume dinamakan variabel. Apabila bekerja dengan karakteristik kualitas yang variabel, sudah merupakan praktik yang standar untuk mengendalikan nilai mean karakteristik itu dan variabilitasnya. Rata-rata proses

atau mean tingkat kualitas dapat dikendalikan dengan peta pengendali untuk rata-rata yang dinamakan peta pengendali \bar{x} . Variabilitas atau pemencaran proses dapat dikendalikan dengan peta pengendali rentang yang dinamakan peta R .

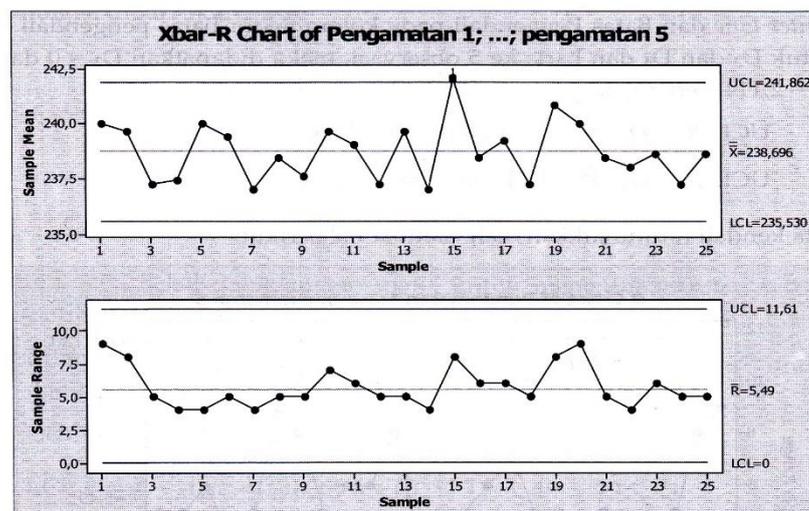
a. Peta kendali \bar{x} R

Pengendalian kualitas sama artinya dengan memberikan jaminan kepada konsumen bahwa produk yang sama dihasilkan merupakan produk yang berkualitas baik dan layak dikonsumsi. Hal ini akan memberikan banyak keuntungan bagi produsen karena omset penjualan meningkat. Peta kendali \bar{x} kegunaannya adalah untuk (Irwan dan Haryono, 2015):

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

Sedangkan peta kendali- R kegunaannya adalah untuk:

- Memantau perubahan dalam hal *spread*-nya (penyebarannya).
- Memantau tingkat keakurasian/ketepatan proses yang diukur dengan mencari range dari sampel yang diambil.



Gambar 3.10. Peta kendali \bar{x} R (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

Langkah dalam pembuatan peta kendali \bar{x} dan R .

- a. Menentukan jumlah sampel yang diteliti (m) dan banyaknya (n) observasi dalam karakteristik yang diamati
- b. Menghitung nilai rata-rata (\bar{x}) dan *range* (R) dari setiap observasi yaitu dengan menggunakan bentuk rumus (1) dan (2)
- c. Menghitung nilai rata-rata seluruh \bar{x} dan *range* (R), yaitu $\bar{\bar{x}}$ yang merupakan *center line* dari peta kendali \bar{x} dan \bar{R} yang merupakan *center line* dari peta kendali R .
- d. Menghitung batas kendali (UCL dan LCL) untuk peta kendali \bar{x} .
- e. Menghitung batas kendali (UCL dan LCL) untuk peta kendali R .
- f. Plot data \bar{x} dan R pada kedua peta kendali tersebut, amati apakah data berada dalam batas pengendalian atau tidak.

Keseluruhan data yang mungkin untuk dikumpulkan disebut populasi, sedangkan sebagian dari seluruh data yang diamati disebut sampel dari populasi tersebut. Jadi, populasi adalah himpunan dari semua pengukuran yang mungkin dibuat untuk suatu permasalahan tertentu, sedangkan sampel adalah sebagian hasil pengukuran yang dipilih dari suatu populasi (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Observasi adalah cara mengumpulkan bahan-bahan keterangan yang dilakukan dengan mengadakan pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap objek yang diamati (Djaali dan Muljono, 2007).

Garis pusat untuk mean dan range dicapai dengan perhitungan sebagai berikut (Ariani, 2004).

1. Rata-rata pengukuran untuk setiap kali observasi

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan:

n = banyaknya sampel dalam setiap kali observasi

x_i = data pada sub kelompok atau sampel yang diambil

2. Garis pusat untuk peta pengendali rata-rata

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^k \frac{\bar{x}_i}{k} \dots\dots\dots (3.11)$$

dengan:

k = banyaknya observasi yang dilakukan

\bar{x}_i = rata-rata observasi

3. Range data sampel pada setiap kali observasi

$$R = X_{\max} - X_{\min} \dots\dots\dots (3.12)$$

dengan:

X_{\max} = nilai tertinggi pada tiap observasi

X_{\min} = nilai terendah pada tiap observasi

4. Garis pusat untuk peta kendali *range*

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan:

\bar{R} = rata-rata *range* dari seluruh observasi

k = banyaknya observasi yang dilakukan

R_i = range untuk setiap observasi.

Contoh penerapan pada kasus:

Tabel 3.3. Data Pengukuran rata-rata diameter pipa pada suatu perusahaan dengan banyaknya sampel bervariasi

Observasi	Pengukuran data setiap sampel							\bar{X}_i	R_i
	1	2	3	4	5	6	7		
1	6	9	10	15	10	4	6	8,57	11
2	11	7	8	10	5	8		8,17	6
3	9	6	13	9	10	7	13	9,57	7
4	12	11	10	10				10,75	2
5	16	10	8	9	7	5		9,17	11
6	10	4	9	7	8	12		8,33	8
7	15	16	10	13	8			12,40	8
8	12	14	16	6	13	9	11	11,57	10
9	16	9	13	15				13,25	7
10	7	13	10	12	11	7	10	10,00	6
Jumlah								101,78	76

Sumber: Ariani, 2004.

Dari data pada tabel 3.3 didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\begin{array}{lllll}
 n_1 = 7 & n_2 = 6 & n_3 = 7 & n_4 = 4 & n_5 = 6 \\
 n_6 = 6 & n_7 = 5 & n_8 = 7 & n_9 = 4 & n_{10} = 7 \\
 g = 10 & & & &
 \end{array}$$

Contoh 7:

Rata-rata pengukuran untuk observasi 1 tabel 3.3.

$$\bar{X}_1 = \sum_{i=1}^n \frac{x}{n} = \frac{6 + 9 + 10 + 15 + 10 + 4 + 6}{7} = 8,57$$

Contoh 8:

Garis pusat untuk peta kendali rata-rata tabel 3.3.

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^k \frac{\bar{x}_i}{k} = \frac{8,57 + 8,17 + 9,57 + \dots + 10}{7 + 6 + 7 + \dots + 7} = 10,00$$

Contoh 9:

Range data sampel pada observasi 1 tabel 3.3.

$$R_1 = X_{max} - X_{min} = 15 - 4 = 11$$

Contoh 10:

Garis pusat untuk peta kendali range pada tabel 3.3.

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{11 + 6 + 7 + \dots + 6}{10} = 7,75$$

Menurut konsepnya, batas pengendali 3σ untuk peta pengendali rata-rata adalah (Ariani, 2004):

$$\bar{\bar{X}} \pm 3\sigma\bar{x} \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

dimana

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

dengan:

$\bar{\bar{X}}$ = nilai rata-rata seluruh observasi

σ = standar deviasi

\bar{x} = nilai rata-rata tiap observasi

\bar{R} = nilai rata-rata range.

d_2 = nilai tabel (Lampiran 3 kolom d_2)

Jika digunakan $\bar{\bar{x}}$ sebagai penaksir untuk μ dan $\frac{\bar{R}}{d_2}$ sebagai penaksir untuk σ , maka parameter peta \bar{x} adalah sebagai berikut (Montgomery, 1990).

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{\sqrt{nd_2}} \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

dimana :

$$A_2 = \frac{3}{\sqrt{nd_2}} \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

Sehingga batas pengendali atas (*UCL*) dan batas pengendali bawah (*LCL*) untuk peta pengendali rata-ratanya adalah (Ariani, 2004):

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan :

UCL = *Upper Control Limit* (batas kendali atas)

LCL = *Lower Control Limit* (batas kendali bawah)

d_2 = Nilai tabel (Lampiran tabel 1 kolom d_2)

$\bar{\bar{X}}$ = nilai rata-rata seluruh observasi

σ = standar deviasi

\bar{R} = nilai rata-rata range pada semua observasi

Untuk menyederhanakan strukturnya, pengguna peta \bar{X} sering menggunakan nilai A_2 dalam tabel. Tabel nilai A_2 disajikan di tabel 1 (Lampiran 3) untuk berbagai ukuran sampel (Walpole dan Myers, 1995) .

Contoh penerapan pada data tabel 3.3:

Contoh 11:

Menghitung nilai σ pada data.

$$\sigma_1 = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{11}{2,704} = 4,07$$

Dengan nilai $\sigma_1 = 4,07$ maka untuk menghitung nilai *UCL* didapatkan sebagai berikut.

Contoh 12:

Batas pengendali untuk peta kendali \bar{x} untuk observasi 1 data tabel 3.3.

$$UCL = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{R}}{\sqrt{n} d_2} = 10,00 + \frac{3 (7,75)}{\sqrt{7} (2,704)} = 13,25$$

Contoh 13:

Nilai A_2 pada pengukuran observasi 1 pada tabel 3.3 adalah sebagai berikut.

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}} = \frac{3}{2,704\sqrt{7}} = 0,42$$

Nilai A_2 tersebut juga sama dengan nilai A_2 dalam Tabel 1 pada lampiran 3. Dengan nilai A_2 tersebut maka didapatkan nilai UCL dan LCL pada observasi 1 pada tabel 3.3 sebagai berikut.

Contoh 14:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 10,00 + 0,42 (7,75) = 13,25$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 10,00 - 0,42 (7,75) = 6,75$$

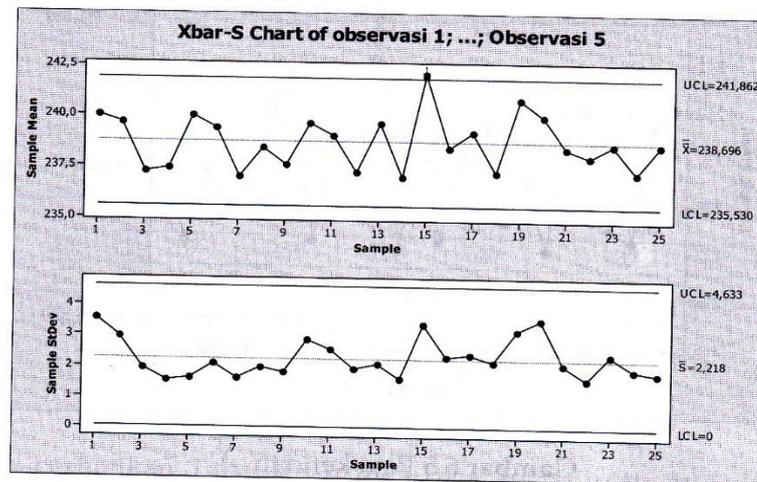
Berikut nilai batas pengendali seluruh observasi pada tabel 3.3.

Tabel 3.4. Batas pengendali pada data tabel 3.3.

Observasi	\bar{x}_i	batas pengendali \bar{x}_i	
		UCL	LCL
1	8,57	13,25	6,75
2	8,17	13,74	6,26
3	9,57	13,25	6,75
4	10,75	15,65	4,35
5	9,17	13,74	6,26
6	8,33	13,74	6,26
7	12,40	14,47	5,53
8	11,57	13,25	6,75
9	13,25	15,65	4,35
10	10,00	13,35	6,75

b. Peta kendali $\bar{x} S$

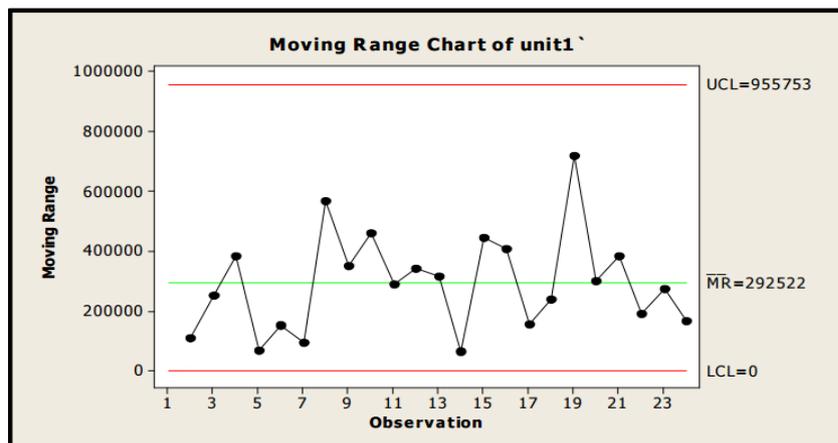
Peta kendali standar deviasi digunakan untuk mengukur tingkat keakurasian suatu proses. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses telah berada dalam batas pengendali kualitas, toleransi atau spesifikasi sesuai dengan keinginan *customers*. Jika data prosesnya berada diluar batas pengendali maka dengan cepat melakukan perbaikan pada proses yang di kontrol tersebut, dan jika prosesnya berada di dalam batas pengendali maka yang dilakukan adalah menguji kemampuan prosesnya (Irwan dan Haryono, 2015).



Gambar 3.11. Peta kendali $\bar{x} S$ (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

c. Peta kendali Individual MR

Pada berbagai situasi perusahaan hanya menghasilkan beberapa unit, bahkan satu unit saja. Oleh karenanya, maka digunakan peta pengendali individu yang hanya menggunakan pengujian terhadap satu unit produk. Kondisi lain yang menjadi alasan digunakannya peta kendali ini adalah apabila proses pengujian tersebut dirasakan sangat mahal. Oleh karenanya, maka hanya diambil satu unit produk sebagai sampel untuk menguji apakah produksinya masih berada dalam batas pengendali atau tidak (Ariani, 2004).



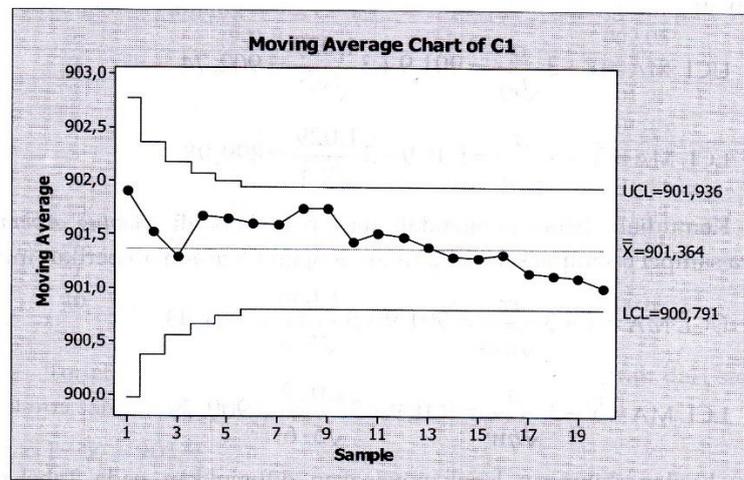
Gambar 3.12. Peta kendali MR (Sumber: Laksono dkk, 2013).

d. Peta kendali MA

Menurut Ariani (Irwan dan Haryono, 2015) peta kendali *Moving Average* (MA) biasa disebut dengan peta kendali rata-rata bergerak yang digunakan jika hasil observasi data terlihat bahwa nilai rata-rata data yang satu dengan data yang

lainnya hanya menampakkan perbedaan yang sangat kecil dan juga digunakan untuk sampel yang setiap kali observasi hanya satu unit.

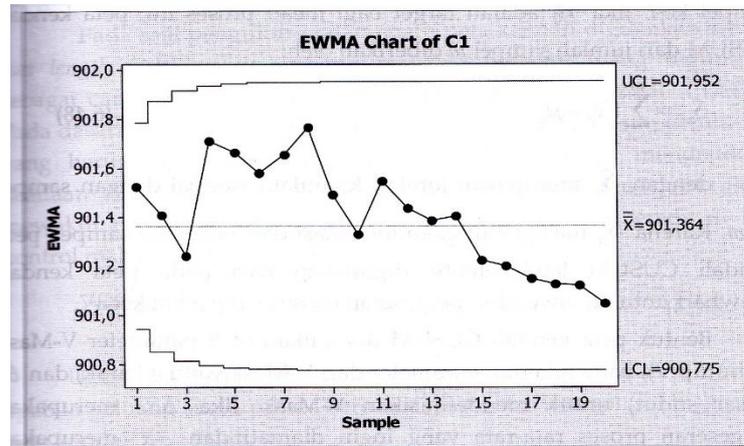
Peta kendali MA juga digunakan untuk menggambarkan variabilitas proses jika bekerja dengan subgroup sampel pada data kontinu. Jika dibandingkan dengan peta kendali \bar{x} , maka kelemahan peta kendali \bar{x} adalah tidak peka terhadap pergeseran rata-rata proses. Untuk mengatasinya, peta kendali MA adalah solusinya (Irwan dan Haryono, 2015).



Gambar 3.13. Peta kendali MA (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

e. Peta kendali EWMA

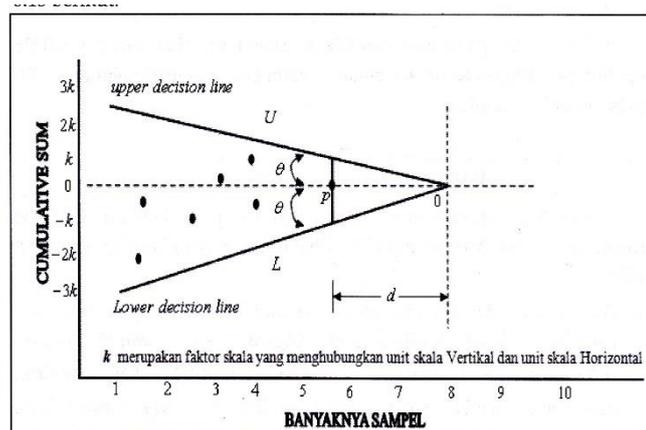
Menurut Irwan dan Haryono (2015) peta kendali EWMA (*exponentially weighed moving average*) merupakan peta kendali untuk data variabel atau data (yang bersifat kuantitatif dan kontinu dalam pengukuran, seperti dimensi diukur atau waktu) yang digunakan untuk mendeteksi terjadinya pergeseran dalam rata-rata proses. Variabel dipilih yaitu untuk menentukan bagaimana proses data yang ada mempengaruhi nilai rata-rata, karena peta kendali EWMA menggunakan informasi dari semua data sampel, mendeteksi pergeseran proses jauh lebih kecil daripada peta kendali normal. Sehingga peta kendali EWMA dirancang untuk memantau proses dengan rata-rata stabil dan digunakan untuk memonitor proses dari waktu ke waktu.



Gambar 3.14. Peta kendali EWMA (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

f. Peta kendali CUSUM

Peta kendali CUSUM (*cumulative sum*) adalah analisis data teknik untuk menentukan apakah proses pengukuran telah keluar dari kendali statistik. Hampir sama dengan peta kendali eksponensial bergerak rata-rata tertimbang (EWMA), itu lebih baik daripada peta kendali \bar{x} untuk mendeteksi pergeseran kecil dalam proses mean. Peta kendali CUSUM digunakan sebagai alternatif peta kendali Shewhart. Peta kendali ini menghimpun secara langsung semua informasi di dalam barisan nilai-nilai sampel dengan menggambarkan jumlah kumulatif deviasi nilai sampel dari nilai target (Irwan dan Haryono, 2015).

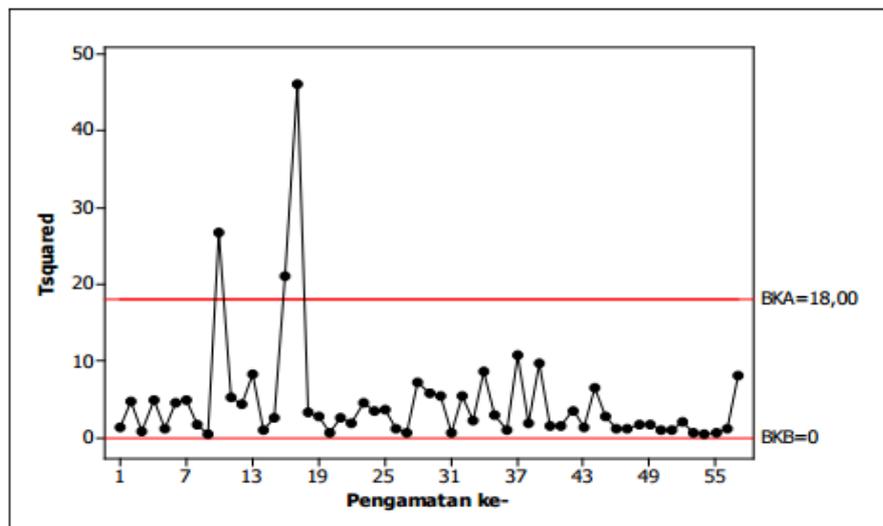


Gambar 3.15. Peta kendali CUSUM (Irwan dan Haryono, 2015).

3. Peta Pengendali Multivariat *T-Square*

Menurut Montgomery (Damayanti dkk, 2016) pengendalian kualitas multivariat seringkali terjadi karena banyak kasus memerlukan pengendalian lebih

dari dua karakteristik kualitas secara simultan. Salah satu alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas adalah peta kendali dan analisis kemampuan proses. Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses dengan menggunakan vektor rata-rata sampel dan matriks kovariansi, sedangkan analisis kemampuan proses adalah teknik statistik yang bertujuan untuk menganalisis variabilitas terhadap spesifikasi yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengurangi variabilitas tersebut.



Gambar 3.16. Peta kendali multivariat (Sumber: Fendiasari dkk, 2013).

3.5.4. Indeks Kapabilitas

Teknik statistik dapat berguna sepanjang putaran produk, termasuk aktivitas pengembangan sebelum produksi, untuk kuantifikasi variabilitas produk, analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk, dan untuk membantu pengembangan dan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi dengan banyak variabilitas ini. Aktivitas umum ini dinamakan analisis kemampuan proses. Kemampuan proses berkenaan dengan keseragaman proses. Jelas, variabilitas dalam proses adalah suatu ukuran keseragaman proses itu. Ada dua cara memikirkan variabilitas ini (Montgomery, 1990):

- a. Variabilitas yang menjadikan sifat atau alami pada waktu tertentu; yakni, variabilitas “seketika”.
- b. Variabilitas meliputi waktu.

Menurut Walpole dan Myers (1995) analisis kemampuan proses mendefinisikan kemampuan proses memenuhi spesifikasi atau mengukur kinerja proses. Analisis kemampuan proses juga merupakan prosedur yang digunakan untuk memprediksi kinerja jangka panjang yang berada dalam batas pengendalian proses statistik. Yang perlu diingat adalah analisis kemampuan proses harus dilakukan apabila proses berada dalam batas pengendali statistik (*in statistical control*). Dengan kata lain, dalam proses tersebut yang boleh menyebabkan penyimpangan, hanyalah penyimpangan umum.

Identifikasi adanya sebab khusus menyebabkan langkah analisis kemampuan proses dihentikan, untuk kemudian dilakukan perbaikan. Dalam analisis kemampuan proses, untuk kemudian melakukan perbaikan. Dalam analisis kemampuan proses, ada dua asumsi penting yang digunakan, yaitu proses berada dalam batas kontrol (*in statistical control*) dan distribusi proses adalah distribusi normal (Walpole dan Myers, 1995).

Menurut Irwan dan Haryono (2015) pada proses yang berada dalam keadaan terkendali, cara membuat analisis kemampuan proses dilakukan dengan beberapa langkah berikut.

1. Rasio kemampuan proses (*Process capability ratio-Cp*)

Untuk menentukan rasio kemampuan proses (*process capability ratio-Cp*) digunakan persamaan:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots\dots (3.20)$$

dengan :

USL = *Upper Specification Limit* (batas spesifikasi atas)

LSL = *Lower Specification Limit* (batas spesifikasi bawah)

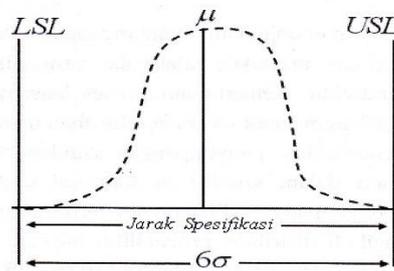
σ = standar deviasi

USL dan *LSL* merupakan nilai yang ditetapkan perusahaan atau nilai kebutuhan pelanggan yang ditetapkan.

Dari hasil data tersebut didapatkan hasil, yang apabila:

- $Cp > 1$ maka proses masih baik (*capable*).
- $Cp < 1$ maka proses tidak baik (*not capable*).

- $C_p = 1$ maka proses sama dengan spesifikasi konsumen
Kondisi tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 3.17 berikut ini.



Gambar 3.17. Jarak spesifikasi (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

Contoh 14:

Apabila diketahui diketahui $USL = 94,5$ dan $LSL = 62,5$ dengan periode proses selama satu tahun dan tidak ada data yang diluar batas kendali, didapatkan $\mu = 76,2$ dan $\sigma = 0,68$. Maka untuk menghitung nilai C_p adalah sebagai berikut (Irwan dan Haryono, 2015)

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{94,5 - 62,5}{6(0,68)} = 7,84$$

Dari contoh diatas maka dapat disimpulkan proses sudah baik (*capable*).

2. Indeks kemampuan proses atas dan indeks kemampuan proses bawah

Untuk menentukan kemampuan proses atas (*Control Process Upper-CPU*) maka digunakan persamaan berikut.

$$CPU = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

Dan untuk menentukan kemampuan proses bawah (*Control Process Lower-CPL*) maka digunakan rumus berikut.

$$CPL = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad \dots\dots\dots (3.22)$$

dengan :

UCL = Upper Specification Limit (batas spesifikasi atas)

LCL = Lower Specification Limit (batas spesifikasi bawah)

μ = rata-rata proses

σ = standar deviasi

Contoh 15:

Nilai CPU dan CPL pada contoh 14:

$$CPU = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{94,5 - 76,2}{3(0,68)} = 8,97$$

$$CPL = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{76,2 - 62,5}{3(0,68)} = 6,72$$

3. Indeks kemampuan proses (Cpk)

Nilai indeks kemampuan proses (Cpk) mewakili kemampuan sesungguhnya dari suatu proses dengan parameter nilai tertentu. Nilai Cpk dibentuk dengan persamaan berikut.

$$Cpk = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] = \min(CPU, CPL) \quad \dots \dots \dots (3.23)$$

Jika $Cpk \geq 1$, maka proses tersebut baik (*capable*), jika $Cpk < 1$, maka proses kurang baik (*not capable*). Nilai Cpk ini menunjukkan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan nilai-nilai parameter yang ada. Apabila nilai rata-rata yang sesungguhnya sama dengan nilai tengah, maka sebenarnya nilai $Cpk =$ nilai Cp . Semakin tinggi indeks kemampuan proses maka semakin sedikit produk yang berada di luar batas-batas spesifikasi.

Contoh 16:

Nilai Cpk pada data contoh 14:

$$Cpk = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] = \min(CPU, CPL)$$

$$= \min(8,97 ; 6,72)$$

$$= 6,72 \text{ (capable)}$$

Dari hasil tersebut, maka proses sudah berjalan dengan baik (*capable*).

3.4.5. Rancangan Acak Lengkap

Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik itu menggunakan statistika deskripsi maupun statistika inferensia, yang bertujuan untuk mengubah peubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Menurut Montgomery (Muhammad dkk, 2014) Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana diantara rancangan-rancangan percobaan yang lain. Dalam rancangan ini perlakuan dikenakan sepenuhnya secara acak terhadap satuan-satuan percobaan atau sebaliknya. Pola ini dikenal sebagai pengacakan lengkap atau pengacakan tanpa pembatasan. Penerapan percobaan satu faktor dalam RAL biasanya digunakan jika kondisi satuan-satuan percobaan relatif homogen. Dengan keterbatasan satuan-satuan percobaan yang bersifat homogen ini, rancangan percobaan ini digunakan untuk jumlah perlakuan dan jumlah satuan percobaan yang relatif tidak banyak.

Berikut tabulasi data untuk RAL.

Tabel 3.5. Tabel Tabulasi data pada RAL (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Sampel	Observasi						Total keseluruhan
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	
1	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	Y ₄₁	Y ₅₁	Y ₆₁	
2	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	Y ₄₂	Y ₅₂	Y ₆₂	
3	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	Y ₄₃	Y ₅₃	Y ₆₃	
Total Observasi	Y _{1.}	Y _{2.}	Y _{3.}	Y _{4.}	Y _{5.}	Y _{6.}	Y_{..}

Berikut tabel anova pada RAL.

Tabel 3.6. Tabel Anova RAL (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung
Perlakuan (observasi)	$k-1$	JKP	KTP	KTP/KTG
Galat	$k(n-1)$	JKG	KTG	
Total	$kn-1$	JKT		

dengan:

k : banyaknya observasi yang dilakukan

n : banyaknya sampel pada setiap observasi

Dimana rumus untuk menghitung jumlah kuadrat adalah sebagai berikut.

1. FK = Faktor Koreksi

$$FK = \frac{Y_{..}^2}{kn} \dots\dots\dots (3.24)$$

2. JKT = Jumlah Kuadrat Total

$$JKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - FK \quad \dots\dots\dots (3.25)$$

3. JKP = Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JKP = \sum \frac{Y_{i.}^2}{n} - FK \quad \dots\dots\dots (3.26)$$

Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan pengujian hipotesis untuk melihat apakah ada pengaruh perlakuan terhadap respon yang ada. Berikut uji hipotesisnya (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

(i) Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara sebelum percobaan dilaksanakan yang didasarkan pada hasil studi literatur. Hipotesis biasanya memuat pernyataan yang bersifat netral atau hal yang umum terjadi. Hipotesis statistik dibagi menjadi dua, yaitu H_0 dan H_1 (hipotesis tandingan). Pernyataan yang ingin ditolak kebenarannya ditetapkan sebagai H_0 sedangkan pernyataan lawannya ditetapkan sebagai hipotesis tandingan.

H_0 : semua observasi memberikan respon sama

H_1 : minimal ada satu observasi memberikan respon berbeda

(ii) Tingkat signifikansi

Tingkat signifikansi (α) adalah peluang menolak H_0 padahal H_0 benar. Umumnya, tingkat signifikansi yang digunakan adalah 5%.

(iii) Daerah kritis

Daerah kritis adalah suatu daerah apabila statistik uji yang digunakan nilainya jatuh pada daerah ini maka hipotesisnya ditolak dan apabila nilai statistik uji tidak jatuh pada daerah ini maka hipotesisnya diterima. Daerah kritis untuk pengujian RAL adalah sebagai berikut.

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $p\text{-value} < \alpha$

$p\text{-value}$ adalah nilai α terkecil sedemikian sedemikian hingga dapat menolak H_0 . $P\text{-value}$ bisa dihitung berdasarkan distribusinya.

(iv) Statistik uji

Statistik uji merupakan alat ukur untuk melihat kedekatan antara statistik dengan parameter yang dihipotesiskan. Statistik uji untuk RAL adalah uji F dengan menggunakan tabel anova.

(v) Keputusan

Keputusan yang diambil berdasarkan hasil pengujian, apakah menolak atau menerima H_0 .

(vi) Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan.

Contoh penerapan pada kasus.

Terdapat data daya kecambah (%) pengukuran benih kacang hijau pada lima perlakuan dengan delapan perulangan sebagai berikut.

Tabel 3.7. Pengukuran daya kecambah pada kacang hijau (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Observasi	Sampel								Jumlah	Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	100	100	100	100	100	100	100	100	800	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100	800	100
3	90	88	92	94	90	88	86	94	722	90,25
4	80	80	82	78	84	76	82	78	640	80
5	90	80	92	78	82	88	94	76	680	85
Jumlah Total									3642	91,05

Contoh 17:

$$FK = \frac{3642^2}{8 \cdot 5} = 331604,10$$

Contoh 18:

$$JKT = (100^2 + 100^2 + \dots + 76^2) - FK = 2991,90$$

Contoh 19:

$$JKP = \frac{800^2 + 800^2 + 722^2 + 640^2 + 680^2}{8} - FK = 2556,4$$

Tabel 3.8. Tabel anova.

Sumber keragaman	<i>Db</i>	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	F_{tabel}	<i>p-value</i>
Observasi	4	2556,4	639,1	51,36	2,65	0,00
Galat	35	435,5	12,44			
Total	39	2991,9				

Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan pengujian hipotesis untuk melihat apakah ada pengaruh observasi terhadap respon yang ada. Berikut uji hipotesisnya.

(i) Hipotesis

H_0 : semua observasi memberikan respon sama

H_1 : minimal ada satu observasi memberikan respon berbeda

(ii) Tingkat signifikansi

$\alpha = 0,05$

(iii) Daerah kritis

Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $p-value < \alpha$

(iv) Statistik uji

Uji F anova

(v) Keputusan

$F_{hitung} (51,36) > F_{0,05(4,35)} (2,65)$; $p-value (0,00) < \alpha (0,05)$ maka tolak

H_0

(vi) Kesimpulan

Dengan menggunakan tingkat signifikansi 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa observasi memberikan pengaruh terhadap daya benih kacang hijau karena memberikan respon yang berbeda.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Data yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan data pengamatan yang dilakukan oleh Dhika Nur Rofik pada pengukuran produksi kayu lapis. Objek penelitian adalah produksi kayu lapis di Perusahaan 'X'. Data yang digunakan adalah data pengukuran hasil produksi kayu lapis di perusahaan 'X' yang terdiri dari 20 observasi, dan masing-masing terdiri dari 5 sampel.

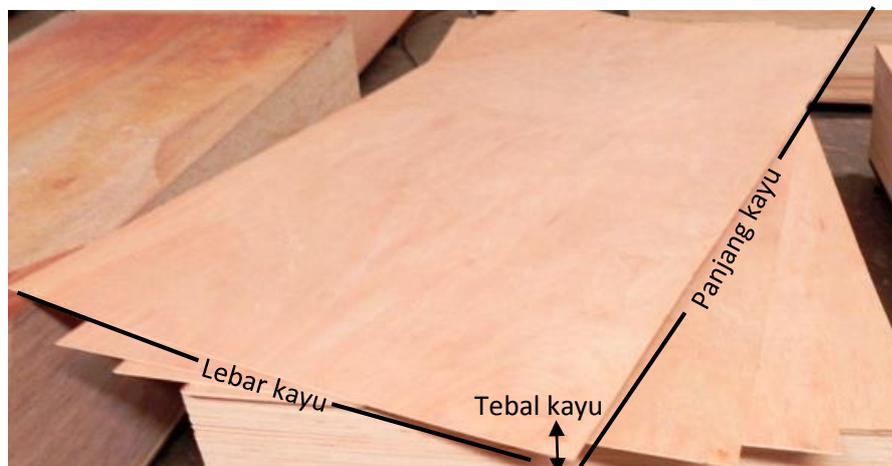
4.2. Variabel yang Digunakan

Variabel yang digunakan ada tiga, yaitu variabel pengukuran panjang kayu lapis, variabel pengukuran lebar kayu lapis dan variabel pengukuran tebal kayu lapis.

Definisi operasional variabel yang dipakai adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Definisi Operasional Variabel.

Variabel	Definisi Operasional Variabel
Panjang kayu	Ukuran pengukuran panjang pada produk kayu lapis dalam satuan milimeter (mm).
Lebar kayu	Ukuran pengukuran lebar pada produk kayu lapis dalam satuan milimeter (mm).
Tebal kayu	Ukuran pengukuran tebal pada produk kayu lapis dalam satuan milimeter (mm).



Gambar 4.1. Pengukuran kayu lapis.

4.3. Metode Analisis Data

Alat pengendalian kualitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DMAIC. Tahapan penelitian ini sesuai dengan prosedur langkah-langkah analisis menggunakan metode DMAIC. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian.

1. *Define*

Pada tahap ini langkah yang dilakukan adalah mendefinisikan kualitas kayu lapis pada perusahaan 'X' serta kriteria suatu produk dikatakan cacat.

2. *Measure*

Dari pendefinisian suatu produk yang cacat pada perusahaan tersebut, berikutnya dari data pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (lampiran 1) dilakukan perhitungan nilai *DPMO* dan level kualitas pada perusahaan tersebut.

3. *Analyze*

Setelah mengetahui level kualitas perusahaan tersebut dilakukan analisis dengan membuat histogram untuk melihat sebaran data pada setiap variabel, membuat peta pengendali-*p* untuk melihat proporsi produk cacat, kemudian membuat peta pengendali variabel \bar{x} *R* untuk melihat apakah produk yang ada berada dalam batas pengendali atau tidak, menghitung nilai *C_p* dan *C_{pk}* untuk melihat apakah proses sudah berjalan dengan baik atau belum.

4. *Improve*

Pada tahap *improve* dilakukan rancangan percobaan dengan rancangan acak lengkap (RAL) pada setiap variabel. Analisis ini digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh menyebabkan *defect*, yaitu jika ada observasi yang memberikan respon yang berbeda.

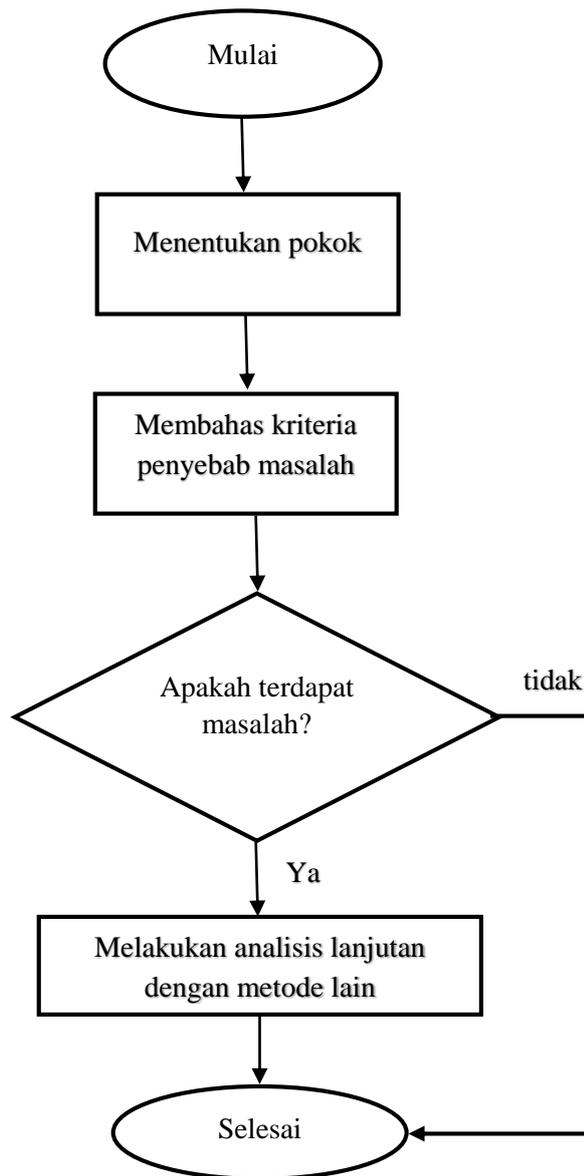
5. *Control*

Berdasarkan hasil pengujian RAL pada tahap *improve*, berikutnya pada tahap *control* adalah mengawasi proses pada pengukuran variabel yang didapatkan paling banyak cacat.

Adapun *software* yang digunakan dalam proses analisis adalah Minitab dan SPSS.

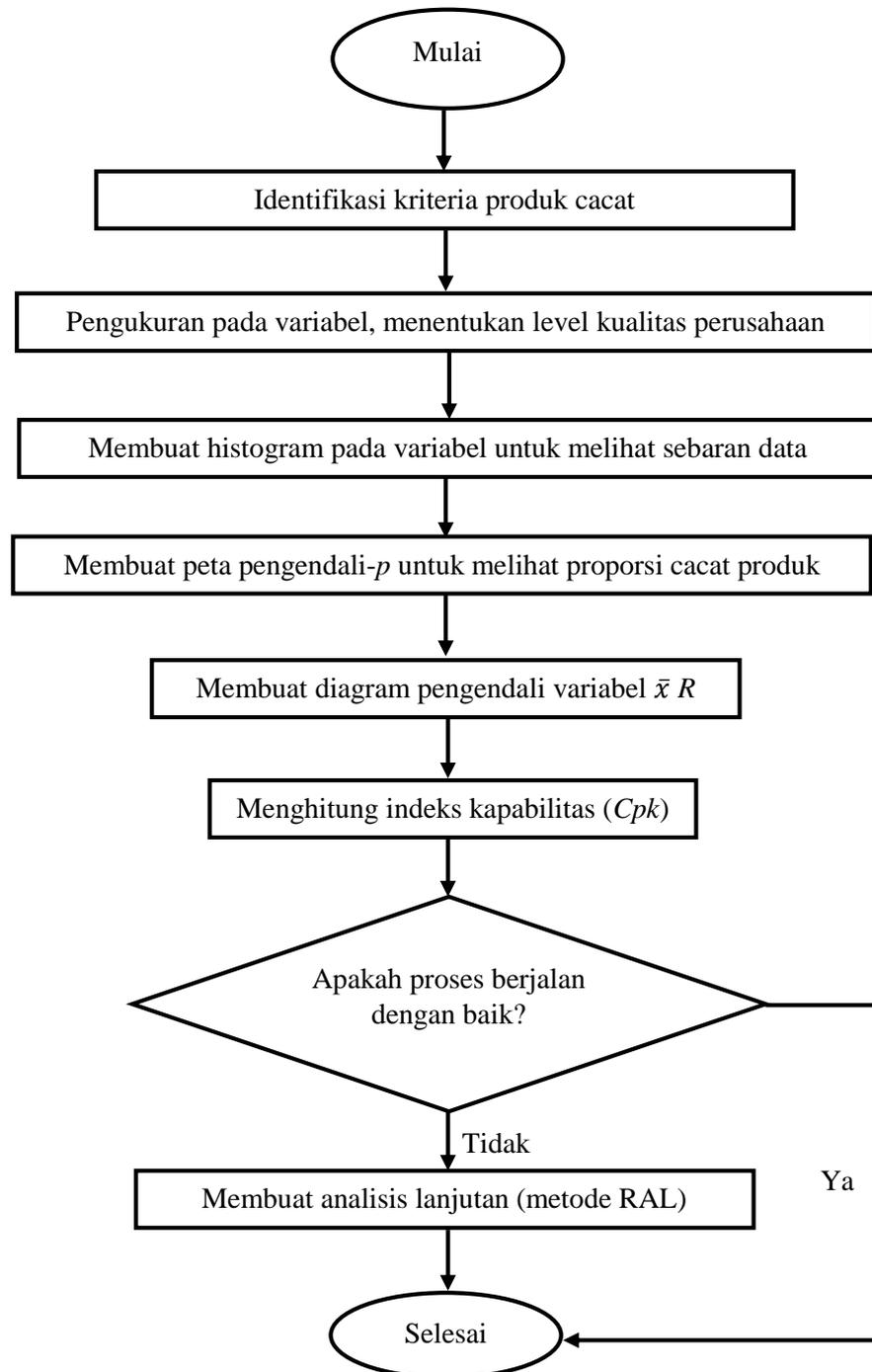
4.4. Tahapan Penelitian

Untuk memperjelas tentang tahapan atau langkah penelitian dalam menjawab tujuan dari penelitian ini, peneliti membuat tahap-tahap penelitian sebagai berikut.



Gambar 4.2 Diagram alur penelitian.

Diagram alur untuk proses analisis DMAIC adalah:



Gambar 4.3 Diagram alur proses analisis DMAIC.

BAB V

PEMBAHASAN

Perusahaan 'X' adalah sebuah perusahaan yang memproduksi kayu lapis. Dalam produksinya, perusahaan tersebut memiliki standar produk kayu lapis yang berkualitas. Produk kayu lapis yang berkualitas adalah produk kayu lapis yang ukuran panjang, lebar serta tebal kayunya memenuhi spesifikasi produk yang telah ditetapkan perusahaan. Namun dalam produksinya ditemukan beberapa produk cacat. Analisis dimulai untuk mengetahui variabel yang paling banyak menyebabkan cacat produk.

5.1. *Define*

Sebuah produk kayu lapis dikatakan cacat (*defect*) apabila tidak memenuhi tiga spesifikasi yang ditetapkan perusahaan, yaitu panjang kayu, lebar kayu dan tebal kayu. Jika dalam pengukuran suatu produk didapatkan hasil pengukuran salah satu variabel yang berada diluar batas spesifikasi tersebut, maka produk tersebut dikatakan cacat. Berikut adalah spesifikasi produk kayu lapis yang telah ditetapkan oleh Perusahaan 'X'.

Tabel 5.1. Tabel spesifikasi produk

No.	Parameter	Kebutuhan Pelanggan
1.	Panjang kayu	2395 mm – 2400 mm
2.	Lebar kayu	1220 mm – 1225 mm
3.	Tebal kayu	10,5 mm – 13,5 mm

5.2. *Measure*

Cacat didefinisikan sebagai variabel yang tidak memenuhi standar yang ditentukan. Untuk melihat perbandingan jumlah cacat pada total unit produksi, maka dilakukan perhitungan *DPU* (*defect per unit*). Berdasarkan data pengukuran variabel yang ada (Lampiran 1), maka berikut perhitungan nilai *DPU* pada Perusahaan 'X'.

$$DPU = \frac{D}{U} = \frac{6}{100} = 0,06$$

Berdasarkan data pengukuran sampel yang ada, didapatkan hasil 0,06 *DPU*.

Berikutnya dilakukan perhitungan nilai *DPO* untuk melihat perbandingan jumlah cacat yang ditemukan pada semua unit dengan total kesempatan (*opportunity*) cacat.

$$DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{0,06}{3} = 0,02$$

Dari hasil perhitungan tersebut, didapat nilai *DPO* adalah 0,02. Nilai *opportunity* (*O*) adalah tiga karena dalam satu unit terdapat tiga kesempatan cacat, yaitu panjang kayu, lebar kayu, dan tebal kayu. Setelah didapatkan nilai *DPO*, maka dilakukan perhitungan ukuran jumlah cacat pada proses persatu juta kesempatan cacat (*DPMO*).

$$DPMO = 0,02 \times 1.000.000 = 20.000 \text{ DPMO}$$

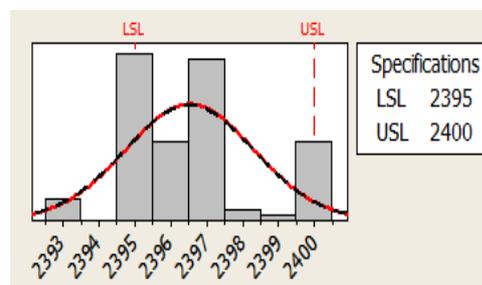
Dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan hasil 20.000 *DPMO*. Artinya dalam satu juta produk kemungkinan akan ada 20.000 produk cacat. Kemudian nilai *DPMO* tersebut dikonversikan dengan level kualitas (sigma) pada Lampiran 4. Dari hasil tersebut diketahui bahwa level kualitas pada Perusahaan 'X' adalah 3,55.

5.3. Analyze

5.3.1. Histogram

Pembuatan histogram adalah untuk mengetahui sebaran data pada setiap variabel pengukuran yang ada. Histogram berguna untuk mengetahui apakah suatu produk dapat diterima atau tidak, variasi dalam proses, apakah suatu produk telah sesuai spesifikasi yang ditentukan, dan apakah perlu dilakukan perbaikan.

a. Histogram panjang kayu

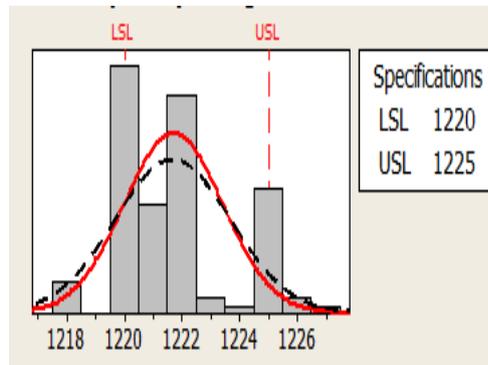


Gambar 5.1. Histogram panjang kayu (Sumber: Minitab).

Dari hasil histogram pada panjang kayu, data pengukuran yang ada berada diantara *USL* dan *LSL*. Namun ada beberapa data yang berada dibawah *USL*.

Artinya ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.

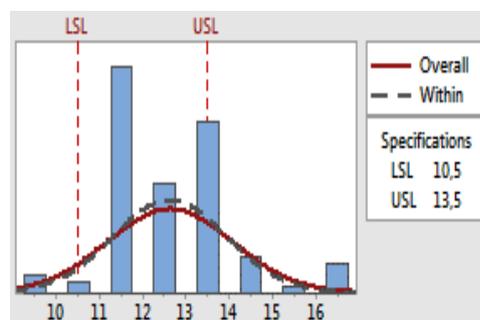
b. Histogram lebar kayu



Gambar 5.2. Histogram lebar kayu (Sumber: Minitab).

Berdasarkan hasil histogram pada lebar kayu, ada beberapa data yang berada diluar batas *USL* dan *LSL*. Data yang ada menyebar terlalu luas. Dari hasil histogram tersebut, terlihat ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.

c. Histogram tebal kayu



Gambar 5.3. Histogram tebal kayu (Sumber: Minitab).

Berdasarkan hasil histogram pada tebal kayu, ada beberapa data yang berada diluar batas *USL* dan *LSL*. Data yang ada menyebar terlalu luas. Dari hasil histogram tersebut, terlihat ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.

Dari hasil histogram pada ketiga variabel, didapatkan terdapat produk cacat pada setiap variabel yang ada. Maka akan dilakukan rencana tindakan untuk perbaikan pada proses tersebut.

5.3.2. Peta Pengendali- p

Dari hasil histogram, terlihat ada beberapa sampel produk pada setiap variabel yang berada diluar batas spesifikasi. Pembuatan peta pengendali- p untuk melihat berapa besar proporsi cacat pada produksi kayu lapis tersebut. Berikut langkah-langkah pembuatan peta pengendali- p

- a. Menghitung proporsi cacat untuk setiap subgrup

Tabel 5.2. Proporsi Cacat

Hari ke-	Jumlah sampel	Jumlah cacat	Proporsi cacat
1	5	0	0
2	5	1	0,2
3	5	0	0
4	5	1	0,2
5	5	1	0,2
6	5	1	0,2
7	5	0	0
8	5	0	0
9	5	0	0
10	5	0	0
11	5	0	0
12	5	0	0
13	5	0	0
14	5	1	0,2
15	5	1	0,2
16	5	0	0
17	5	0	0
18	5	0	0
19	5	0	0
20	5	0	0

- b. Menghitung nilai *center line*

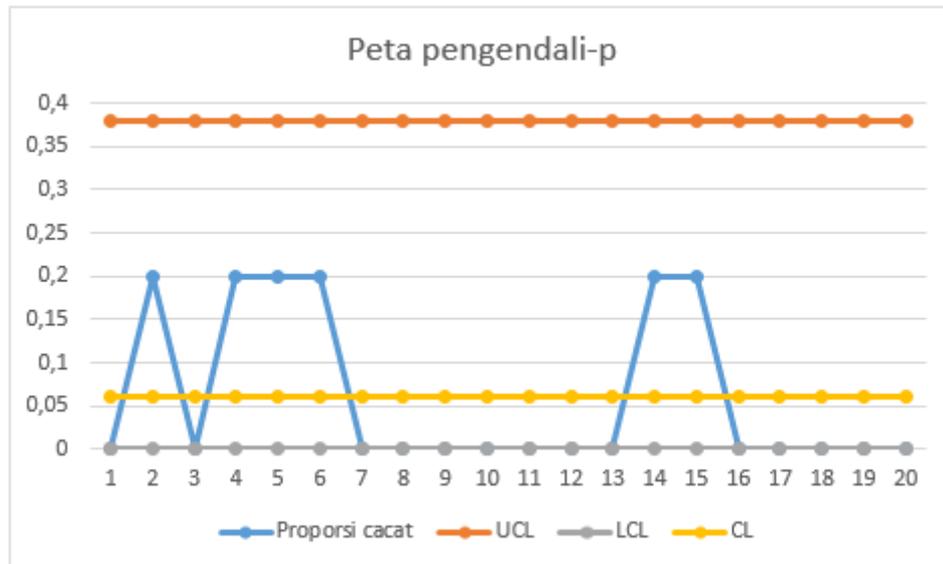
$$\bar{p} = \frac{6}{100} = 0,06$$

- c. Menghitung UCL dan LCL

$$\text{Control Limit} = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$UCL = 0,06 + 3\sqrt{\frac{0,06(1-0,06)}{5}} = 0,3786$$

$$LCL = 0,06 - 3\sqrt{\frac{0,06(1-0,06)}{5}} = 0$$

d. Membuat peta pengendali- p 

Gambar 5.4. Peta pengendali- p .

Dari peta pengendali- p yang terbentuk dapat memberikan informasi kualitas dari keseluruhan karakteristik. Dari peta pengendali yang terbentuk terlihat bahwa semua titik berada dalam batas kendali. Artinya jumlah proporsi cacat produk yang ada masih berada dalam batas kendali. Meskipun demikian, akan dilakukan analisis lanjutan untuk mengetahui variabel mana yang banyak menyebabkan cacat produk. Karena produksi sudah terkendali, maka tidak perlu dilakukan revisi.

5.3.3. Peta pengendali $\bar{x} R$

Peta pengendali $\bar{x} R$ mengamati sebaran suatu variabel dan mengetahui apakah masih berada dalam batas kendali atau tidak, serta mengamati perubahan dalam penyebarannya.

a. Peta pengendali \bar{x} R panjang kayu

Tabel 5.3. Rata-rata dan range panjang kayu.

No.	Sampel (mm)					Rata-rata	R
	1	2	3	4	5		
1	2400	2400	2395	2397	2395	2397,4	5
2	2396	2395	2397	2397	2396	2396,2	2
3	2396	2395	2397	2397	2396	2396,2	2
4	2395	2397	2399	2400	2395	2397,2	5
5	2396	2395	2397	2393	2396	2395,4	4
6	2395	2395	2400	2400	2398	2397,6	5
7	2397	2397	2397	2400	2395	2397,2	5
8	2395	2395	2397	2397	2396	2396	2
9	2395	2397	2400	2400	2395	2397,4	5
10	2395	2395	2397	2400	2397	2396,8	5
11	2396	2395	2397	2393	2396	2395,4	4
12	2395	2397	2400	2400	2398	2398	5
13	2396	2397	2397	2397	2395	2396,4	2
14	2395	2395	2397	2397	2396	2396	2
15	2396	2395	2397	2395	2393	2395,2	4
16	2397	2397	2397	2400	2395	2397,2	5
17	2395	2395	2397	2397	2396	2396	2
18	2395	2397	2400	2400	2395	2397,4	5
19	2395	2395	2395	2400	2397	2396,4	5
20	2396	2395	2397	2393	2396	2395,4	4
	$\bar{\bar{x}}$					2396,54	

$$\bar{\bar{R}} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{78}{20} = 3,9$$

Menghitung nilai UCL dan LCL untuk peta kendali \bar{x}

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = 2396,54 + 0,577 \cdot 3,9 = 2398,79$$

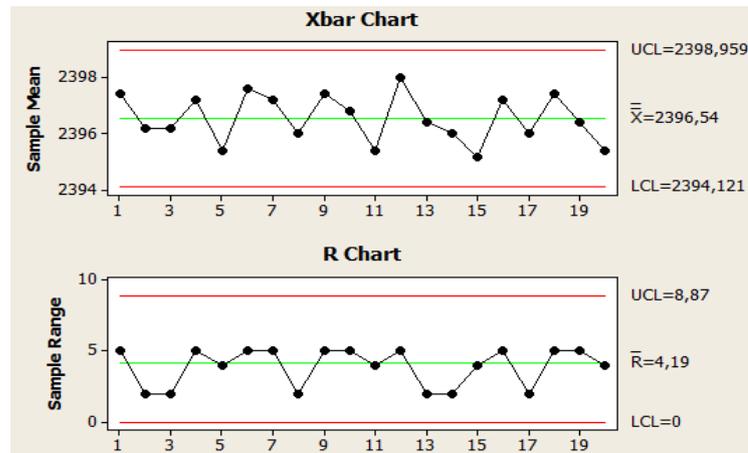
$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = 2396,54 - 0,577 \cdot 3,9 = 2394,29$$

$$\sigma = \frac{\bar{\bar{R}}}{d_2} = \frac{3,9}{2,326} = 1,68$$

Menghitung UCL dan LCL untuk peta kendali R.

$$UCL = D_4 \cdot \bar{\bar{R}} = 2,114(3,9) = 8,244$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{\bar{R}} = 0(3,9) = 0$$



Gambar 5.5. Peta pengendali \bar{x} R panjang kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan peta pengendali \bar{x} menunjukkan bahwa data yang berada didalam peta kendali masih dalam batas pengendalian statistik dan peta pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali.

b. Variabel lebar kayu

Tabel 5.4. Rata-rata dan range lebar kayu.

No.	Sampel (mm)					Rata-rata	R
	1	2	3	4	5		
1	1225	1225	1226	1226	1227	1225,8	2
2	1221	1220	1222	1222	1221	1221,2	2
3	1221	1220	1222	1222	1221	1221,2	2
4	1220	1222	1224	1225	1220	1222,2	5
5	1221	1220	1222	1218	1221	1220,4	4
6	1220	1222	1225	1225	1223	1223	5
7	1222	1222	1222	1225	1220	1222,2	5
8	1220	1220	1222	1222	1221	1221	2
9	1220	1222	1225	1225	1220	1222,4	5
10	1220	1220	1220	1225	1222	1221,4	5
11	1221	1220	1222	1218	1221	1220,4	4
12	1220	1222	1225	1225	1223	1223	5
13	1222	1222	1222	1225	1220	1222,2	5
14	1220	1220	1220	1222	1221	1220,6	2
15	1221	1220	1220	1220	1218	1219,8	3
16	1222	1222	1222	1225	1220	1222,2	5
17	1220	1220	1222	1222	1221	1221	2
18	1220	1222	1225	1225	1220	1222,4	5
19	1220	1220	1220	1225	1222	1221,4	5
20	1221	1220	1222	1218	1221	1220,4	4
	$\bar{\bar{x}}$					1221,71	

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{77}{20} = 3,85$$

Menghitung nilai UCL dan LCL untuk peta kendali \bar{x}

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 1221,71 + 0,577 \cdot 3,85 = 1223,931$$

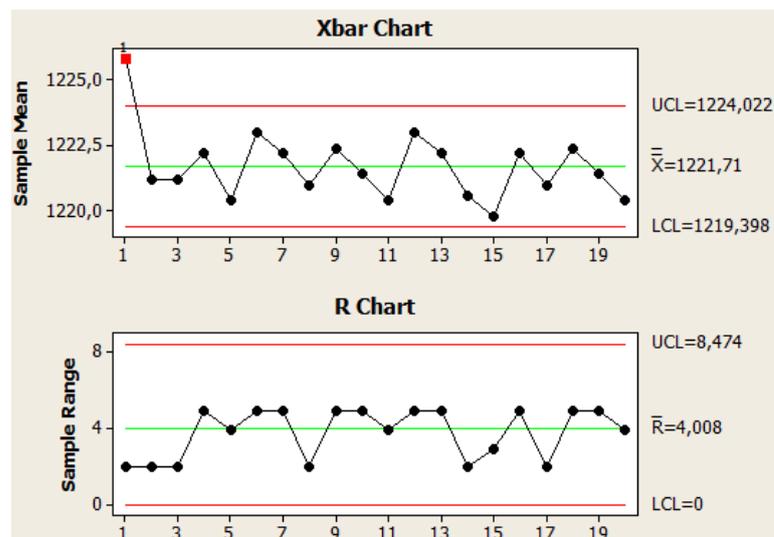
$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 1221,71 - 0,577 \cdot 3,85 = 1219,489$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{3,85}{2,326} = 1,66$$

Menghitung nilai UCL dan LCL untuk peta kendali R

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R} = 2,114(3,85) = 8,139$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R} = 0(3,85) = 0$$

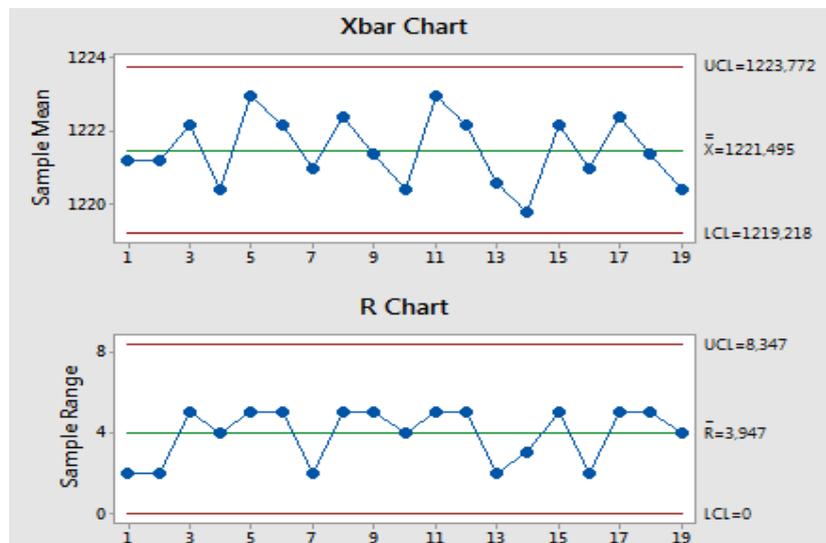


Gambar 5.6. Peta pengendali \bar{x} R lebar kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan peta pengendali \bar{x} menunjukkan bahwa ada satu observasi yang berada diluar batas pengendalian statistik dan peta pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali. Karena terdapat data yang berada diluar batas pengendali, maka dilakukan revisi pada peta pengendali tersebut.

Tabel 5.5 Nilai perhitungan setelah direvisi.

$\bar{\bar{X}}$	1221,49
$\bar{\bar{R}}$	3,947
$UCL \bar{x}$	1223,772
$LCL \bar{x}$	1219,217
σ	1,697
$UCL R$	8,345
$LCL R$	0



Gambar 5.7. Digram pengendali \bar{x} R lebar kayu yang telah direvisi (sumber: Minitab).

Berdasarkan peta \bar{x} yang telah direvisi kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam pengukuran tidak keluar dari batas pengendali.

c. Variabel tebal kayu

Tabel 5.6. Rata-rata dan range tebal kayu.

No.	Sampel (mm)					Rata-rata	R
	1	2	3	4	5		
1	12,5	12,5	12,5	11,5	12,5	12,3	1
2	12,5	11,5	13,5	13,5	12,5	12,7	2
3	12,5	11,5	13,5	13,5	12,5	12,7	2
4	11,5	13,5	15,5	16,5	11,5	13,7	5
5	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5	11,9	4
6	11,5	13,5	16,5	16,5	14,5	14,5	5
7	13,5	13,5	13,5	12,5	11,5	12,9	2
8	11,5	14,5	14,5	14,5	14,5	13,9	3
9	11,5	13,5	11,5	11,5	11,5	11,9	2
10	11,5	11,5	11,5	11,5	13,5	11,9	2
11	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5	11,9	4
12	11,5	13,5	16,5	16,5	14,5	14,5	5
13	13,5	13,5	13,5	11,5	11,5	12,7	2
14	11,5	11,5	13,5	13,5	12,5	12,5	2
15	12,5	11,5	13,5	11,5	10,5	11,9	3
16	13,5	13,5	13,5	11,5	11,5	12,7	2
17	11,5	11,5	13,5	13,5	12,5	12,5	2
18	11,5	13,5	11,5	11,5	11,5	11,9	2
19	11,5	11,5	11,5	10,5	13,5	11,7	3
20	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5	11,9	4
$\bar{\bar{x}}$						12,63	

$$\bar{\bar{R}} = \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{k} = \frac{57}{20} = 2,85$$

Menghitung nilai UCL dan LCL untuk peta kendali \bar{x}

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = 12,63 + 0,577 \cdot 2,85 = 14,274$$

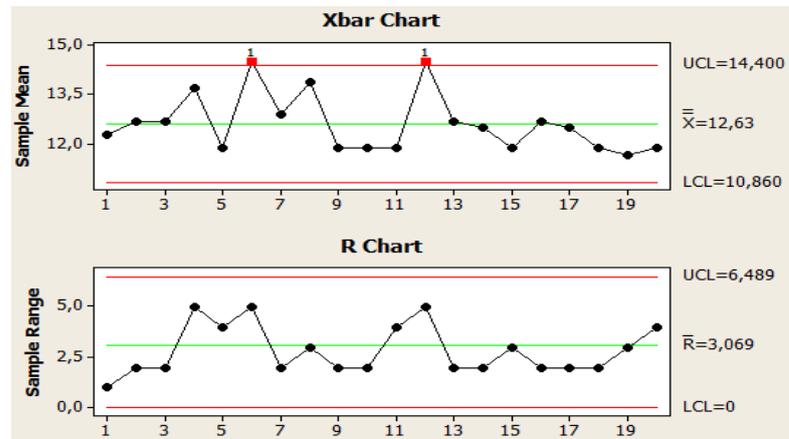
$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = 12,63 - 0,577 \cdot 2,85 = 10,986$$

$$\sigma = \frac{\bar{\bar{R}}}{d_2} = \frac{2,85}{2,326} = 1,225$$

Menghitung nilai UCL dan LCL untuk peta kendali R .

$$UCL = D_4 \cdot \bar{\bar{R}} = 2,114(2,85) = 6,02$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{\bar{R}} = 0(2,85) = 0$$

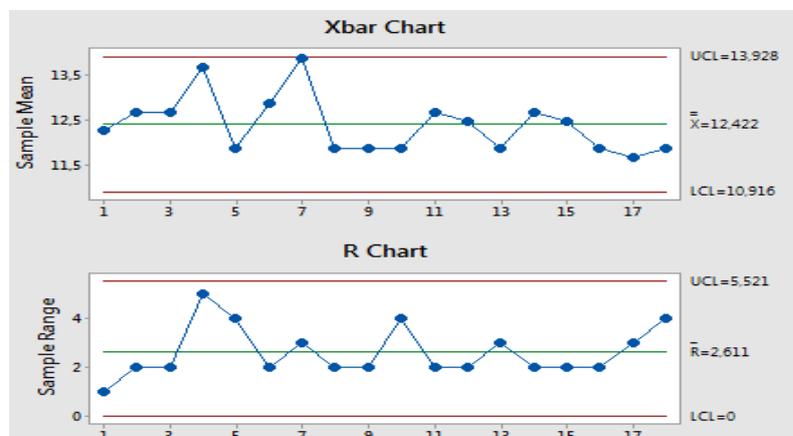


Gambar 5.8. Digram pengendali \bar{x} tebal kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan peta pengendali \bar{x} menunjukkan ada dua data yang berada diluar batas pengendalian statistik dan peta pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali. Karena terdapat data yang berada diluar batas pengendali, maka dilakukan revisi pada peta pengendali tersebut.

Tabel 5.7 Nilai perhitungan setelah direvisi.

\bar{X}	12,422
\bar{R}	2,611
$UCL \bar{x}$	13,928
$LCL \bar{x}$	10,916
σ	1,123
$UCL R$	5,521
$LCL R$	0



Gambar 5.9. Digram pengendali \bar{x} R tebal kayu yang telah direvisi (Sumber: Minitab).

Berdasarkan peta \bar{x} yang telah direvisi kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam pengukuran tidak keluar dari batas pengendali.

5.3.4. Menghitung nilai Cpk (Indeks Kapabilitas)

Setelah melakukan analisis dengan peta \bar{x} R dan melakukan revisi pada data yang berada diluar batas pengendali, berikutnya dilakukan perhitungan indeks kapabilitas untuk mengetahui akurasi dan ketepatan dari proses.

a. Variabel panjang kayu

$$C_p = \frac{2400 - 2395}{6 \cdot 1,68} = 0,5$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{2400 - 2396,54}{3(1,68)}; \frac{2396,54 - 2395}{3(1,68)}\right)$$

$$= \min(0,68; 0,31) = 0,31$$

→ *not capable*

Dari hasil perhitungan indeks kapabilitas pada panjang kayu didapatkan hasil bahwa proses dikatakan belum baik, nilai C_p (0,5) yang berarti bahwa rata-rata proses berada dalam batas spesifikasi, tetapi sebagian dari variasi proses berada diluar batas-batas spesifikasi. Nilai $C_{pk} < 1$ yang berarti proses masih bisa ditingkatkan lagi kualitasnya.

b. Variabel lebar kayu

$$C_p = \frac{1225 - 1221}{6 \cdot 1,69} = 0,394$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{1225 - 1221,49}{3(1,69)}; \frac{1221,49 - 1221}{3(1,69)}\right)$$

$$= \min(0,69; 0,0097) = 0,097$$

→ *not capable*

Dari hasil perhitungan indeks kapabilitas pada lebar kayu didapatkan hasil bahwa proses dikatakan belum baik, nilai C_p (0,394) yang berarti bahwa rata-rata proses berada dalam batas spesifikasi, tetapi sebagian dari variasi proses berada diluar batas-batas spesifikasi. Nilai $C_{pk} < 1$ yang berarti proses masih bisa ditingkatkan lagi kualitasnya.

c. Variabel tebal kayu

$$C_p = \frac{13,5 - 10,5}{6 \cdot 1,225} = 0,408$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{13,5 - 12,42}{3(1,225)}; \frac{12,42 - 10,5}{3(1,225)}\right)$$

$$= \min(0,29; 0,522) = 0,29$$

\rightarrow not capable

Dari hasil perhitungan indeks kapabilitas pada panjang kayu didapatkan hasil bahwa proses dikatakan belum baik, nilai C_p (0,408) yang berarti bahwa rata-rata proses berada dalam batas spesifikasi, tetapi sebagian dari variasi proses berada diluar batas-batas spesifikasi. Nilai $C_{pk} < 1$ yang berarti proses masih bisa ditingkatkan lagi kualitasnya.

5.4. Improve

Pada hasil perhitungan indeks kapabilitas pada masing-masing variabel menunjukkan proses masih belum berjalan dengan baik dan masih dapat ditingkatkan lagi kualitasnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lanjut untuk mengetahui variabel mana yang mempengaruhi cacat pada produk.

Pada tahap *improve* dilakukan rancangan percobaan dengan rancangan acak lengkap (RAL) pada setiap variabel. Analisis ini digunakan untuk mengetahui variabel mana yang paling banyak menyebabkan *defect*, yaitu jika ada observasi yang memberikan respon yang berbeda.

a. Variabel panjang kayu

Tabel 5.8. Tabel anova panjang kayu.

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat (JK)	db	Kuadrat Tengah (KT)	F_{hitung}	P -value
Observasi	68,440	19	3,602	1,115	0,353
Galat	258,400	80	3,230		
Total	326,840	99			

Dari hasil perhitungan pada tabel 5.8, didapatkan hasil nilai p -value (0,353) $> \alpha$ (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa setiap observasi memberikan respon

yang sama. Artinya pada pengukuran panjang kayu sudah sudah baik karena pada setiap observasi memberikan hasil respon yang sama.

b. Variabel lebar kayu

Tabel 5.9. Tabel anova lebar kayu.

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat (JK)	db	Kuadrat Tengah (KT)	F-hitung	<i>p-value</i>
Observasi	168,590	19	8,873	3,008	,000
Galat	236,000	80	2,950		
Total	404,590	99			

Dari hasil perhitungan pada tabel 5.9, didapatkan hasil nilai *p-value* (0,00) $< \alpha$ (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa ada observasi yang memberikan respon berbeda. Artinya pada pengukuran lebar kayu belum berjalan dengan baik karena ada observasi memberikan respon berbeda.

c. Variabel tebal kayu

Tabel 5.10. Tabel anova tebal kayu.

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah (KT)	F-hitung	<i>p-value</i>
Observasi	72,910	19	3,837	2,218	0,007
Galat	138,400	80	1,730		
Total	211,310	99			

Dari hasil perhitungan pada tabel 5.9, didapatkan hasil nilai *p-value* (0,007) $< \alpha$ (0,05), maka dapat disimpulkan bahwa ada observasi yang memberikan respon berbeda. Artinya pada pengukuran tebal kayu belum berjalan dengan baik karena ada observasi memberikan respon berbeda.

5.5. Control

Berdasarkan hasil pada tahap *improve*, selanjutnya yang dilakukan pada tahap *control* adalah lebih mengawasi dan memperhatikan pada pengukuran lebar kayu dan tebal kayu untuk meminimalisir cacat produk yang pada perusahaan tersebut.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada produksi kayu lapis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Level kualitas pada Perusahaan 'X' adalah 3,55 sigma dengan 20.000 *DPMO*.
2. Proses produksi kayu lapis pada Perusahaan 'X' belum berjalan dengan baik, hal ini berdasarkan pada analisis indeks kapabilitas.
3. Variabel yang paling banyak menyebabkan cacat produk adalah variabel lebar dan tebal kayu.

6.2. Saran

Langkah peningkatan kualitas produksi yang dapat dilakukan pada Perusahaan 'X' untuk meningkatkan level kualitas perusahaan serta memperbaiki agar proses produksi berjalan dengan baik dan mengurangi cacat produk adalah dengan lebih mengawasi dan memperhatikan pada pengukuran lebar kayu dan tebal kayu, karena pada kedua pengukuran tersebut paling banyak berpengaruh pada cacat produk yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal., Budi, Agus Sulistyono., Supraptono, Bandi., dan Budiarmo, Edy. 2013. Pengendalian Mutu Kayu Lapis pada PT Wijaya Tri Utama Plywood Industry di Kalimantan Selatan. *Jurnal Hutan Tropis* Vol 1, No 2 (2013).
- Anonim. 2013. Pengendalian Kualitas Menurut Fungsi Management. <http://ilmu-industri.blogspot.co.id/2013/11/pengendalian-kualitas-menurut-fungsi.html>. Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 09.30 WIB.
- Anonim. 2015. Lima Langkah Penerapan DMAIC. <http://shiftindonesia.com/lima-langkah-penerapan-dmaic/>. Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 09.45 WIB.
- Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kualitatif dan Manajemen Kualitas). Yogyakarta: ANDI.
- Astutik, Deni Widi. 2015. Kendali Mutu pada Proses Produksi Veneer Kering di PT. Kayu Lapis Indonesia menggunakan Diagram Kontrol Proporsi (p). Tugas Akhir D3 Program Statistika Terapan dan Komputasi Universitas Negeri Semarang.
- Bass, Issa dan Lawton, Barbara. 2009. *Lean Six Sigma Using SigmaXL and Minitab*. USA: McGraw-Hill.
- BPS. Konsep Kayu Lapis. <https://www.bps.go.id/>. Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 11.45 WIB.
- Budi, Kho. 2016. Pengertian Histogram dan Cara Membuatnya. <http://ilmumanajemenindustri.com/pengertian-histogram-dan-cara-membuatnya/>. Diakses pada Minggu, 19 Februari 2017 pukul 22.25 WIB.
- Caesaron, Dino dan Simatupang, Stenly Yohanes P. 2015. Implementasi Pendekatan DMAIC untuk Perbaikan Proses Produksi Pipa PVC (Studi Kasus PT. Rusli Vinilon). *Jurnal Metris*, 16 (2015): hal. 91 – 96.
- Damayanti, Novita., Goejantoro, Rito., dan Wasono. 2016. Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Peta Kendali T² Hotelling Dan Analisis Kemampuan Proses Untuk Data Multivariat Dengan Pengamatan Individual (Studi Kasus: Hasil Produksi Crude Palm Kernel Oil). *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, ISBN: 978-602-72658-1-3.
- Dharmasari, Tanjung. 2009. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Akhir Kayu Lapis dengan menggunakan Statistical Process Control pada CV Putra Makmur Abadi Temanggung. Skripsi Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi UNS.
- Djaali dan Muljono, Pudji. 2007. *Pengukuran dalam Bidang Pendidikan*. Jakarta: Grasindo.

- Dumanauw, JF. 1990. Mengenal Kayu. Yogyakarta: Kanisius
- Ekoanindiyo, Firman Ardiansyah. 2014. Pengendalian Cacat Produk dengan Pendekatan Six Sigma. Jurnal DINAMIKA TEKNIK, Vol 8 No 1 Januari 2014, hal. 35 – 43.
- Fendiasari, Septia., Aridinanti, Lucia., dan Wibawati. 2013. Penentuan Diagram Kendali Dalam Analisis Kualitas Produksi Biskuit Square Puff PT. UBM Biscuit Sidoarjo. JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 2, No.1, (2013) 2337-3520, hal. 42 – 45.
- Gaspersz, Vincent. 1998. Statistical Process Control Penerapan Teknik-Teknik Statistikal dalam Manajemen Bisnis Total. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2001. Desain Sistem Manufaktur menggunakan ERP System: Suatu Pendekatan Praktis. Jurnal Siasat Bisnis JSB No. 6 Vol. 1 (2001) hal. 77-88.
- Gaspersz, Vincent. 2002. Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gejdoš, Pavol. 2015. “*Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control*”. Journal Procedia Economics and Finance 34 (2015). Hal. 565 – 572.
- Grand, Eugene L. dan Leavenworth, Richard S. 1996. Pengendalian Mutu Statis. Edisi ke-6. Diterjemahkan oleh: Hudaya Kandahjaya. Jakarta: Erlangga.
- Hendradi, C. Tri. 2006. Statistik Six Sigma dengan Minitab Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas. Yogyakarta: 2006.
- Irwan dan Haryono, Didi. 2015. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif). Bandung: Alfabeta.
- Ishikawa, Kaoru. 1992. Pengendalian Mutu Terpadu. Diterjemahkan oleh: David J. Lu. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Kusnadi, Eris. 2012. *Statistical Process Control*. <https://eriskusnadi.wordpress.com/2012/06/09/statistical-process-control/>. Diakses pada 8 Februari 2017 pukul 22.05 WIB.
- Laksono, Dwi Indra., Nohe, Darnah A., dan Sifriyani. 2013. Peta Kendali Individual Moving Range (I-MR) dan Analisis Efisiensi Produksi Listrik pada Mesin SWD 9 TM 410 RR (Studi Kasus: PT. PLN Sektor Mahakam Wilayah Kalimantan Timur). Jurnal EKSPONENSIAL Volume 4, Nomor 2, Nopember 2013. ISSN 2085-7829. Hal. 95 – 102.
- Mattjik, Ahmad Ansori dan Sumertajaya, I Made. 2006. Perancangan Percobaan Dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Edisi ke-2. Bogor: IPB Press.

- Minitab. Contoh penerapan DPU, DPO, dan DPMO. <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/capability-metrics/what-are-dpu-dpo-and-dpmo/>. Diakses pada Minggu, 07 Mei 2017 pukul 21.45 WIB.
- Montgomery, Douglas C. 1990. Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik. Diterjemahkan oleh: Zanzawi Soejoeti. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muhammad, Ilham; Rusgiyono, Agus dan Mukid, Moch. Abdul. 2014. Penilaian Cara Mengajar menggunakan Rancangan Acak Lengkap (Studi kasus: Cara Mengajar Dosen Jurusan Statistika UNDIP). *Jurnal Gaussian*, Vol 3, No 2, 2014, (183 – 192).
- Mulyono, Sri. 1992. *Statistika untuk Ekonomi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Prajogo, Daniel Indarto. 2000. *Inside Continuous Improvement – a Literature Review*. *Jurnal Teknik Industri* Vol. 2, No. 2, Desember 2000: Hal. 65 – 71.
- Suardi, Rudi. 2003. *Sistem Manajemen Mutu ISO 9000:2000 Penerapannya untuk mencapai TQM*. Jakarta: PPM.
- Sutiono, Frandy. 2007. *Analisis Kualitas dan Usulan untuk Meningkatkan Kualitas pada Kain Grey dengan Menggunakan Metode DMAIC (Studi Kasus di PT. X, Bandung)*. Skripsi S1 Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha.
- Syukron, Amin dan Kholil, Muhammad. 2012. *Six Sigma Quality for Bussiness Improvement*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Tjiptono, Fandy dan Diana, Anastasia. 1995. *Total Quality Management*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Walpole, Ronald E dan Myers, Raymond H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Edisi ke-4. Diterjemahkan oleh RK Sembiring. Bandung: Penerbit ITB.
- Walpole, Ronald. E. 1995. *Pengantar Statistika*. Edisi ke-3. Diterjemahkan Oleh Bambang Sumantri. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Wibisono, Yogi Yusuf dan Suteja, Theresa. 2013. *Implementasi Metode DMAIC-Six Sigma dalam Perbaikan Mutu Di Industri Kecil Menengah: Studi Kasus Perbaikan Mutu Produk Spring Adjuster Di PT. X*. *Jurnal Seminar Nasional IENACO – 2013*. ISSN: 2337-4349.
- Yamit, Zulian. 2004. *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Ekonisia.

Lampiran 1. Data pengukuran Kayu Lapis

1.1.Panjang kayu

No.	Sampel (mm)				
	1	2	3	4	5
1	2400	2400	2395	2397	2395
2	2396	2395	2397	2397	2396
3	2396	2395	2397	2397	2396
4	2395	2397	2399	2400	2395
5	2396	2395	2397	2393	2396
6	2395	2395	2400	2400	2398
7	2397	2397	2397	2400	2395
8	2395	2395	2397	2397	2396
9	2395	2397	2400	2400	2395
10	2395	2395	2397	2400	2397
11	2396	2395	2397	2393	2396
12	2395	2397	2400	2400	2398
13	2396	2397	2397	2397	2395
14	2395	2395	2397	2397	2396
15	2396	2395	2397	2395	2393
16	2397	2397	2397	2400	2395
17	2395	2395	2397	2397	2396
18	2395	2397	2400	2400	2395
19	2395	2395	2395	2400	2397
20	2396	2395	2397	2393	2396

1.2.Lebar Kayu

No.	Sampel (mm)				
	1	2	3	4	5
1	1225	1225	1226	1226	1227
2	1221	1220	1222	1222	1221
3	1221	1220	1222	1222	1221
4	1220	1222	1224	1225	1220
5	1221	1220	1222	1218	1221
6	1220	1222	1225	1225	1223
7	1222	1222	1222	1225	1220
8	1220	1220	1222	1222	1221
9	1220	1222	1225	1225	1220
10	1220	1220	1220	1225	1222
11	1221	1220	1222	1218	1221
12	1220	1222	1225	1225	1223
13	1222	1222	1222	1225	1220
14	1220	1220	1220	1222	1221
15	1221	1220	1220	1220	1218
16	1222	1222	1222	1225	1220
17	1220	1220	1222	1222	1221
18	1220	1222	1225	1225	1220
19	1220	1220	1220	1225	1222
20	1221	1220	1222	1218	1221

1.3.Tebal Kayu

No.	Sampel (mm)				
	1	2	3	4	5
1	12,5	12,5	12,5	11,5	12,5
2	12,5	11,5	13,5	13,5	12,5
3	12,5	11,5	13,5	13,5	12,5
4	11,5	13,5	15,5	16,5	11,5
5	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5
6	11,5	13,5	16,5	16,5	14,5
7	13,5	13,5	13,5	12,5	11,5
8	11,5	14,5	14,5	14,5	14,5
9	11,5	13,5	11,5	11,5	11,5
10	11,5	11,5	11,5	11,5	13,5
11	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5
12	11,5	13,5	16,5	16,5	14,5
13	13,5	13,5	13,5	11,5	11,5
14	11,5	11,5	13,5	13,5	12,5
15	12,5	11,5	13,5	11,5	10,5
16	13,5	13,5	13,5	11,5	11,5
17	11,5	11,5	13,5	13,5	12,5
18	11,5	13,5	11,5	11,5	11,5
19	11,5	11,5	11,5	10,5	13,5
20	12,5	11,5	13,5	9,5	12,5

1.4.Jumlah Cacat Kayu Lapis

No.	Hari	Jumlah Produk Sampel	Jumlah Produk Cacat
1	Hari ke 1	5	0
2	Hari ke 2	5	1
3	Hari ke 3	5	0
4	Hari ke 4	5	1
5	Hari ke 5	5	1
6	Hari ke 6	5	1
7	Hari ke 7	5	0
8	Hari ke 8	5	0
9	Hari ke 9	5	0
10	Hari ke 10	5	0
11	Hari ke 11	5	0
12	Hari ke 12	5	0
13	Hari ke 13	5	0
14	Hari ke 14	5	1
15	Hari ke 15	5	1
16	Hari ke 16	5	0
17	Hari ke 17	5	0
18	Hari ke 18	5	0
19	Hari ke 19	5	0
20	Hari ke 20	5	0

Lampiran 2. Output SPSS RAL.

1.1. Panjang Kayu

Test of Homogeneity of Variances

datapanjang

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,683	19	80	,057

ANOVA

datapanjang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	68,440	19	3,602	1,115	,353
Within Groups	258,400	80	3,230		
Total	326,840	99			

1.2. Tebal Kayu

Test of Homogeneity of Variances

datalebar

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,421	19	80	,141

ANOVA

datalebar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	168,590	19	8,873	3,008	,000
Within Groups	236,000	80	2,950		
Total	404,590	99			

3.3. Tebal Kayu

Test of Homogeneity of Variances

datatebal

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,566	19	80	,086

ANOVA

datatebal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	72,910	19	3,837	2,218	,007
Within Groups	138,400	80	1,730		
Total	211,310	99			

Lampiran 3. Tabel *Quality Control*

Ukuran Contoh	Koefisien Untuk Batas Kontrol	Koefisien Untuk Batas Kontrol R		Koefisien Untuk Menduga Simpangan Baku, s X-Bar
(n)	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1,880	0	3,267	1,128
3	1,023	0	2,574	1,639
4	0,729	0	2,282	2,509
5	0,577	0	2,114	2,326
6	0,483	0	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078
11	0,285	0,256	1,744	3,173
12	0,266	0,283	1,717	3,285
13	0,249	0,307	1,693	3,336
14	0,235	0,328	1,672	3,407
15	0,223	0,347	1,653	3,472
16	0,212	0,363	1,637	3,532
17	0,203	0,378	1,622	3,588
18	0,194	0,391	1,608	3,640
19	0,187	0,403	1,597	3,689
20	0,180	0,415	1,585	3,735
21	0,173	0,425	1,575	3,778
22	0,167	0,434	1,566	3,819
23	0,162	0,443	1,557	3,858
24	0,157	0,451	1,548	3,895
25	0,153	0,459	1,541	3,931

Lampiran 4. Tabel Konversi DPMO

Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola

Nilai Sigma	DPMO						
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	16.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344
2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.215	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Konversi DPMO ke Nilai Sigma Berdasarkan Konsep Motorola (Lanjutan)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8
4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32		
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5-sigma untuk semua nilai Z

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2002)

Lampiran 5. Sertifikat Seminar Nasional



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOREJO
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA



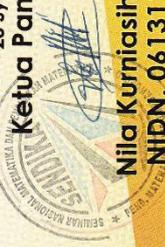
Sertifikat
No. 038/SENDIKA/JMPN/2017

Diberikan Kepada :
SIDIQ AYU FITRIANI
Sebagai
PEMAKALAH
Judul Makalah
"Peningkatan Kualitas Statistik Produk Secara Kontinu
Dengan Metode Dmaic (Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis)"

dalam Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika
dengan tema "Inovasi Matematika dan Pendidikan Matematika dalam Tantangan Global"
yang diselenggarakan pada tanggal 20 Mei 2017 di Ruang Seminar
Universitas Muhammadiyah Purworejo



Rektor
Universitas Muhammadiyah Purworejo
Drs. H. Supriyono, M.Pd.
NIP. 19580816 198503 1 005



Purworejo 20 Mei 2017
23 Sya'ban 1438
Ketua Panitia
Nila Kurniasih, M.Si.
NIDN. 0613117501

Lampiran 6. Makalah Seminar Nasional

PENINGKATAN KUALITAS STATISTIK PRODUK SECARA KONTINU DENGAN METODE DMAIC (Studi Kasus: Produksi Kayu Lapis di Perusahaan 'X')

Sidiq Ayu Fitriani¹⁾, Edy Widodo²⁾

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Islam Indonesia
email: 13611149@students.uii.ac.id

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Islam Indonesia
edywidodo@uui.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi di Indonesia membuat dunia industri semakin mampu menghasilkan berbagai macam produk kebutuhan manusia. Persaingan dalam dunia industri pun semakin meningkat. Setiap perusahaan berusaha untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Untuk memenuhi kebutuhan konsumen, sebuah produk harus diproduksi dengan proses yang stabil. Banyaknya perusahaan yang memproduksi kayu lapis membuat perusahaan harus lebih meningkatkan kualitas produksinya. Jika tidak, pelanggan akan memilih produk lain dengan kualitas yang lebih baik. DMAIC merupakan suatu pendekatan yang terbukti untuk mengurangi defect (kecacatan) dan meningkatkan kualitas dengan berkesinambungan. Dengan metode ini diharapkan perusahaan dapat meminimalisir cacat produk dan biaya produksi dengan menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi pelanggan. Analisis dilakukan dengan bantuan DPMO, histogram, diagram pengendali-p, diagram pengendali \bar{x} R, indeks kapabilitas, dan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Dari hasil analisis tersebut didapatkan bahwa proses yang terjadi belum layak dan masih butuh perbaikan seperti ketelitian pekerja dalam mengukur kayu terutama dalam pengukuran lebar dan tebal kayu untuk mengurangi produk cacat serta mengurangi variasi pada produk. Dari hasil analisis tersebut terbukti bahwa DMAIC dapat digunakan untuk peningkatan kualitas.

Kata kunci : DMAIC, produk, kualitas.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membawa kemajuan dalam segala aspek, terutama perkembangan dalam dunia industri. Industri semakin mampu menghasilkan berbagai macam produk kebutuhan manusia, akan terus ada pengembangan produk baru, perubahan permintaan konsumen, serta persaingan antar industri, sehingga target mutu seharusnya selalu meningkat dan tidak statis. Adanya variasi produk dengan fungsi yang sama membuat konsumen semakin selektif dalam memilih produk yang akan dikonsumsinya. Konsumen selalu menuntut dan mengharapkan produk yang dibelinya dalam keadaan baik. Bila suatu produk dirasakan oleh konsumen kurang baik, konsumen akan berpindah ke produk sejenis yang lain. Dan hal ini akan menyebabkan penurunan laba atau kerugian bagi perusahaan, bahkan bila berlanjut terus dapat menyebabkan penghentian produksi karena konsumen tidak menginginkan produk itu lagi (Anonim, 2013).

Masalah mendasar dalam sebuah perusahaan yang berhubungan dengan kualitas adalah bagaimana untuk bisa memenuhi harapan pelanggan. Jika harapan pelanggan didefinisikan, berarti harus dilakukan pengukuran bagaimana cara untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut. Sebuah produk yang cocok digunakan harus diproduksi dalam proses yang stabil, yang berarti proses harus mampu menghasilkan produk dengan variabilitas yang wajar dari indeks mutu yang dinyatakan dalam target pelanggan atau dalam nilai nominal (Gejdoš, 2015).

Kayu lapis adalah panel kayu yang tersusun dari lapisan veneer dibagian luarnya, sedangkan dibagian intinya (*core*) bisa berupa veneer atau material lain, diikat dengan lem kemudian di-press (ditekan) sedemikian rupa sehingga menjadi panel yang kuat (Sumber: BPS). Banyaknya perusahaan yang memproduksi kayu lapis membuat perusahaan harus lebih meningkatkan kualitas produksinya. Jika tidak, pelanggan akan

memilih produk lain dengan kualitas yang lebih terjamin.

Terdapat sebuah perusahaan yang memproduksi kayu lapis. Dalam produksinya ditemukan beberapa produk cacat. Analisis dilakukan untuk mengetahui variabel mana yang paling banyak menyebabkan cacat produk dan untuk mengetahui level kualitas pada perusahaan kayu lapis tersebut.

DMAIC yang merupakan kepanjangan dari *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* awalnya dikembangkan sebagai bagian dari kerangka Six Sigma. Merupakan suatu pendekatan yang terbukti untuk menghilangkan *defect* (kecacatan) dan meningkatkan kualitas yang berkaitan dengan metrik bisnis. DMAIC merupakan pendekatan yang sangat sederhana dan praktis. Tahapan dari pendekatan ini berupa penentuan masalah, pengukuran kemampuan dan tujuan, analisis data sebagai cara memahami masalah, peningkatan proses dan mengurangi penyebab masalah, dan pelaksanaan kontrol proses jangka panjang (Anonim, 2015).

Six sigma dimulai dengan penekanan cara pengukuran kualitas yang berlaku secara umum. Dalam terminologi six sigma, sebuah *defect* atau ketidakcocokan adalah kekeliruan atau kesalahan yang diterima pelanggan. Kualitas *output* diukur dalam tingkat kecacatan per unit (*DPU*) (Syukron dan Kholil, 2012).

2. KAJIAN LITERATUR

Proses industri harus dipandang sebagai suatu perbaikan terus-menerus (*continuous improvement*), yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan produk, pengembangan produk, proses produksi, sampai distribusi kepada konsumen. Seterusnya berdasarkan informasi sebagai umpan-balik yang dikumpulkan dari pengguna produk itu (konsumen) dapat mengembangkan ide-ide untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk lama beserta proses produksi saat ini (Gaspersz, 1998).

Pada *continuous improvement* terjadi proses pendekatan yang terus-menerus dan dilakukan dengan segera setelah terjadi penyempurnaan. Hal ini akan menjadi standar dan tantangan untuk melakukan penyempurnaan lagi. Peningkatan yang baru dilakukan, direvisi, dan diganti untuk mencapai nilai yang baru dan lebih baik.

Dengan kata lain, terjadi peningkatan yang terus-menerus dan tiada pernah berhenti (Suardi, 2003).

2.1. DMAIC

Menurut Pande dkk (Gejdoš. 2015) DMAIC (adalah singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) mengacu pada siklus perbaikan yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimalkan, dan menstabilkan proses bisnis dan desain. Siklus perbaikan DMAIC adalah alat utama yang digunakan untuk menggerakkan proyek Six Sigma. Namun, DMAIC tidak hanya untuk Six Sigma dan dapat digunakan sebagai kerangka untuk penerapan perbaikan lainnya.

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahap ini perlu mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan kriteria proyek pemilihan Six sigma. Pada tahap *measure* terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu memilih atau menentukan karakteristik kualitas, mengembangkan suatu rencana pengumpulan data, dan mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, output, dan/ atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*). Pada tahap *analyze* perlu dilakukan beberapa hal seperti menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas/kemampuan (*capability*) dari proses, menetapkan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CQT) yang akan ditingkatkan dalam Six Sigma, mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan atau kegagalan. Tujuan dari langkah *improve* adalah untuk mengidentifikasi, menguji dan menerapkan solusi untuk masalah, baik sebagian atau seluruh masalah. Pada tahap *control* hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan. Selanjutnya, perbaikan pada area lain dalam proses atau organisasi bisnis ditetapkan sebagai proyek-proyek baru yang harus mengikuti siklus DMAIC (Gaspersz, 2002).

2.2. Proses Pengendalian Statistik

Untuk memeriksa atau menguji kualitas ke dalam suatu produk tidak bisa dilakukan, kecuali produk itu harus dibuat dengan benar sejak awal. Ini berarti bahwa proses produksi harus stabil dan mampu beroperasi sedemikian

hingga sebenarnya semua produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi. Pengendalian proses statistik pada jalur adalah alat utama yang digunakan dalam membuat produk dengan benar sejak awal. Grafik pengendali adalah macam prosedur pengendalian proses statistik pada jalur yang paling sederhana (Montgomery, 1990).

2.2.1. DPMO

Ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas Six Sigma yang menunjukkan kegagalan per sejuta kesempatan atau *defect per million opportunities (DPMO)* (Effendy dkk, 2007). *DPMO* dirumuskan sebagai berikut (Syukron dan Kholil, 2012).

$$DPMO = \frac{D}{O \cdot U} \cdot 1.000.000 \dots\dots\dots (1)$$

dimana *D(defect)* adalah jumlah cacat yang ditemukan, *O(opportunity)* adalah jumlah kemungkinan cacat pada setiap unit produk dan *U(unit)* adalah total produk.

Kemudian nilai *DPMO* tersebut dikonversikan dengan level kualitas (sigma) berdasarkan pada tabel konversi *DPMO* untuk mengetahui perusahaan tersebut sudah mencapai berapa level kualitas.

2.2.2. Histogram

Histogram juga merupakan salah satu alat dari tujuh alat pengendalian kualitas. Manfaat dari penggunaan histogram adalah untuk memberikan informasi mengenai variasi dalam proses dan membantu manajemen dalam membuat keputusan dalam upaya peningkatan proses yang berkesimbangan (*Continous Process Improvement*) (Budi, 2016).

2.2.3. Grafik Pengendali

a. Grafik Pengendali-p

Karakteristik kualitas dapat dipilih dengan kategori unit ke yang cacat dan yang tidak cacat. Karakteristik kualitas seperti ini disebut dengan jenis atribut. Dalam proses produksi terkadang ada kesalahan ataupun hasil produksi yang tidak sesuai dengan keinginan. Dalam hal ini dapat menggunakan pengendalian kualitas statistik data atribut. Data atribut dalam pengendalian kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang sesuai dengan spesifikasi atau tidak sesuai dengan spesifikasi (Irwan dan Didi, 2015). Grafik pengendali-p adalah perbandingan antara jumlah produk yang cacat dengan total produksi seluruhnya.

Berikut untuk langkah-langkah pembuatan diagram pengendali-p (Irwan dan Didi, 2015).

5. Menghitung untuk setiap subgroup nilai proporsi unit yang cacat

$$\hat{p}_i = \frac{p_i}{n}; i = 1, 2, \dots, m \dots\dots\dots (2)$$

dengan \hat{p}_i = proporsi cacat pada setiap sampel;

p_i = banyaknya produk cacat; dan n = ukuran subgroup.

6. Menghitung nilai rata-rata dari sampel p , yaitu \bar{p} dapat dihitung dengan

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{n \cdot m} \dots\dots\dots (3)$$

dengan \bar{p} = garis pusat peta pengendali

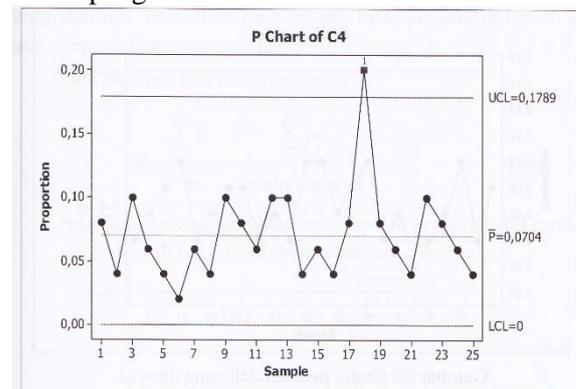
proporsi kesalahan; p_i = proporsi kesalahan setiap sampel dalam setiap observasi; n = banyaknya sampel yang diambil tiap observasi; dan m = banyaknya observasi yang dilakukan.

7. Menghitung batas kendali dari peta kendali-p

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots\dots\dots (5)$$

8. Plot data proporsi (persentase) unit cacat serta amati apakah data berada dalam pengendalian atau tidak.



Gambar 2.1. Contoh peta pengendali-p (Irwan dan Haryono, 2015).

b. Grafik Pengendali \bar{x} R

Grafik kendali tepat bagi pengambil keputusan karena model akan melihat yang

baik dan yang buruk. Grafik kendali memang tepat dalam menyelesaikan masalah melalui perbaikan kualitas, walaupun ada kelemahan apabila digunakan untuk memonitor atau mempertahankan proses.

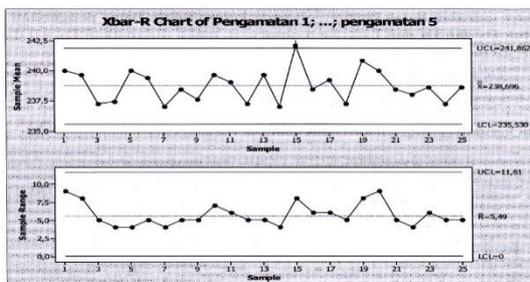
Batas pengendali atas (*UCL*) dan batas pengendali bawah (*LCL*) untuk grafik pengendali rata-ratanya adalah (Ariani, 2004).

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} \dots \dots \dots (6)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} \dots \dots \dots (7)$$

dimana *UCL* (*Upper Control Limit*) adalah batas kendali atas, *LCL* (*Lower Control Limit*) = batas kendali bawah, A_2 adalah nilai tabel diagram pengendali dan $\bar{\bar{X}}$ adalah nilai rata-rata seluruh observasi.

Suatu proses dikatakan berada dalam kendali statistik jika nilai pengamatan jatuh diantara garis *UCL* dan *LCL*. Dalam kondisi ini proses tidak memerlukan tindakan apapun sebagai perbaikan. Namun, jika ada nilai pengamatan yang jatuh diluar batas *UCL* dan *LCL*, itu berarti ada proses yang tidak terkendali.



Gambar 2.2. Peta kendali \bar{x} R (Sumber: Irwan dan Haryono, 2015).

2.2.4. Indeks Kapabilitas

Nilai indeks kemampuan proses (*Cpk*) mewakili kemampuan sesungguhnya dari suatu proses dengan parameter nilai tertentu. Nilai *Cpk* dibentuk dengan persamaan berikut.

$$Cpk = \min \left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right] = \min(CPU, CPL) \dots \dots (8)$$

dimana *USL* (*Upper Specification Limit*) adalah batas spesifikasi atas yang telah ditetapkan perusahaan, *LSL* (*Upper Specification Limit*) adalah batas spesifikasi bawah yang telah ditetapkan perusahaan, μ adalah rata-rata proses dan σ adalah standar deviasi.

Jika $CPU \geq 1$, maka proses tersebut baik (*capable*), jika $CPL < 1$, maka proses kurang baik (*not capable*). Nilai *cpk* ini menunjukkan kemampuan sesungguhnya dari proses dengan

nilai-nilai parameter yang ada. Apabila nilai rata-rata yang sesungguhnya sama dengan nilai tengah, maka sebenarnya nilai $Cpk =$ nilai *Cp*. Semakin tinggi indeks kemampuan proses maka semakin sedikit produk yang berada di luar batas-batas spesifikasi.

2.2.5. Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik itu menggunakan statistika deskripsi maupun statistika inferensia, yang bertujuan untuk mengubah peubah *input* menjadi suatu *output* yang merupakan respon dari percobaan tersebut (Mattjik dan Sumertajaya, 2006).

Menurut Montgomery (Muhammad dkk, 2014) Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana diantara rancangan-rancangan percobaan yang lain. Dalam rancangan ini perlakuan dikenakan sepenuhnya secara acak terhadap satuan-satuan percobaan atau sebaliknya. Pola ini dikenal sebagai pengacakan lengkap atau pengacakan tanpa pembatasan. Penerapan percobaan satu faktor dalam RAL biasanya digunakan jika kondisi satuan-satuan percobaan relatif homogen. Dengan keterbatasan satuan-satuan percobaan yang bersifat homogen ini, rancangan percobaan ini digunakan untuk jumlah perlakuan dan jumlah satuan percobaan yang relatif tidak banyak.

Tabel 2.1. Tabel anova RAL.

Sumber keragaman	Jumlah derajat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F-hitung
Nilai tengah kolom	$\frac{JKK}{\sum_{i=1}^k T_i} = \frac{T^2}{nk}$	k-1	$S_1^2 = \frac{JKK}{k-1}$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$
Galat (error)	JKG=JKT -JKK	k(n-1)	$S_2^2 = \frac{JKG}{k(n-1)}$	
Total	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{T^2}{k}$	nk-1		

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yaitu data pengamatan yang dilakukan oleh Dhika Nur Rofik pada pengukuran produksi kayu lapis. Variabel

yang digunakan adalah panjang kayu, lebar kayu dan tebal kayu.

Metode analisis data yang digunakan dalam analisis ini adalah pendekatan DMAIC dengan bantuan perhitungan *DPMO*, histogram, diagram pengendali-p, diagram pengendali \bar{x} R, indeks kapabilitas, dan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Analisis ini digunakan untuk peningkatan kualitas produk kayu lapis. Hasil akhir dari penelitian ini adalah langkah peningkatan kualitas untuk meminimalisir cacat produk.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Define

Sebuah produk kayu lapis dikatakan cacat apabila ukuran panjang, lebar, serta tebal kayu tidak memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan perusahaan. Jika dalam pengukuran suatu produk ditemukan hasil pengukuran salah satu variabel tersebut berada diluar batas spesifikasi, maka produk tersebut dikatakan cacat.

Pada produksi kayu lapis tersebut terdapat tiga variabel sesuai spesifikasi pelanggan, yaitu:

Tabel 4.1. Kebutuhan pelanggan

No.	Parameter	Kebutuhan Pelanggan
1.	Panjang kayu	2395 mm – 2400 mm
2.	Lebar kayu	1220 mm – 1225 mm
3.	Tebal kayu	10,5 mm – 13,5 mm

4.2. Measure

Berdasarkan data pengamatan yang ada, dilakukan perhitungan nilai *DPMO* (*defect permillion opportunity*)

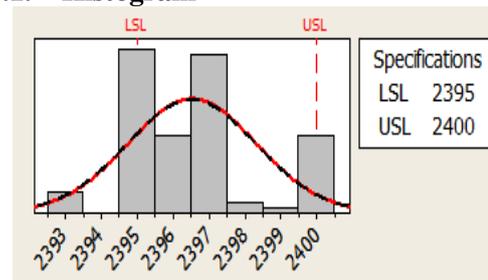
$$DPMO = \left(\frac{6}{100(3)} \right) \times 1.000.000 = 20.000$$

Dari hasil perhitungan nilai *DPMO* tersebut kemudian dikonversikan dengan level kualitas. Dari hasil konversi sesuai pada tabel konversi *DPMO* didapatkan nilai level kualitas pada perusahaan adalah sebesar 3,56.

Level kualitas produk kayu lapis yang didapatkan adalah 3,56 sigma dengan 20.000 *DPMO*. Artinya dalam satu juta produk akan ditemukan 20.000 produk cacat.

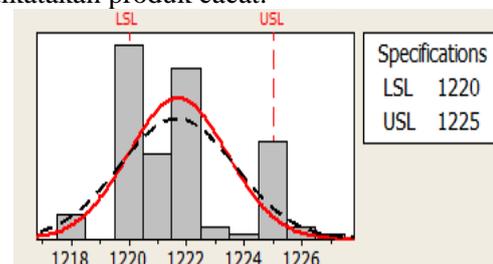
4.3. Analyze

4.3.1. Histogram



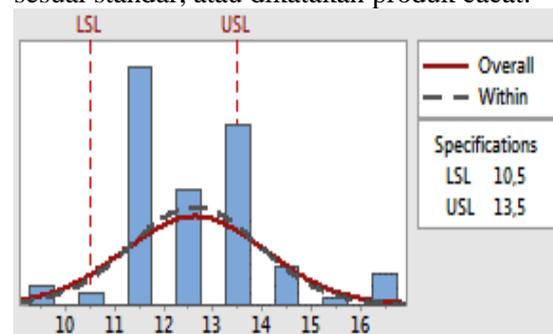
Gambar 4.1. Histogram panjang kayu (Sumber: Minitab).

Dari hasil histogram pada panjang kayu, data pengukuran yang ada berada diantara USL dan LSL. Namun ada beberapa data yang berada dibawah USL. Artinya ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.



Gambar 4.2. Histogram lebar kayu (Sumber: Minitab).

Berdasarkan hasil histogram pada lebar kayu, ada beberapa data yang berada diluar batas USL dan LSL. Data yang ada menyebar terlalu luas. Dari hasil histogram tersebut, terlihat ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.



Gambar 4.3. Histogram tebal kayu (Sumber: Minitab).

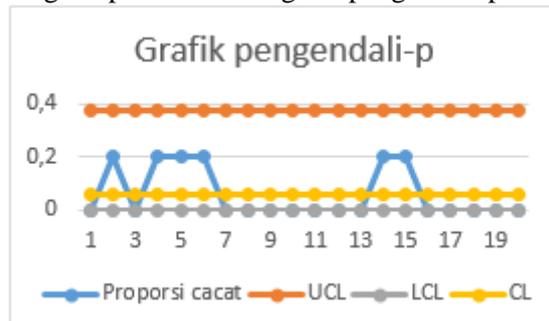
Berdasarkan hasil histogram pada tebal kayu, ada beberapa data yang berada diluar batas USL dan LSL. Data yang ada menyebar terlalu luas. Dari hasil histogram tersebut, terlihat ada beberapa produk yang belum sesuai standar, atau dikatakan produk cacat.

Dari hasil histogram pada ketiga variabel, didapatkan terdapat produk cacat pada setiap

variabel yang ada. Maka akan dilakukan rencana tindakan untuk perbaikan pada proses tersebut.

4.3.2. Grafik pengendali-p

Dari hasil histogram, terlihat ada beberapa sampel produk pada setiap variabel yang berada diluar batas spesifikasi. Pembuatan diagram pengendali-p untuk melihat berapa besar proporsi cacat pada produksi kayu lapis tersebut. Berikut langkah-langkah pembuatan diagram pengendali-p.

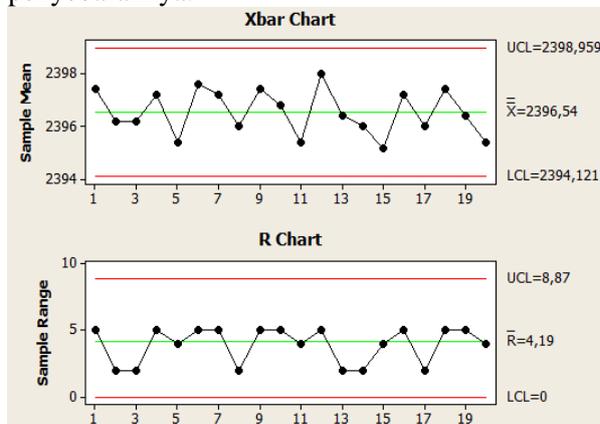


Gambar 4.4. Digram pengendali-p.

Dari diagram pengendali-p yang terbentuk dapat memberikan informasi kualitas dari keseluruhan karakteristik. Dari grafik pengendali yang terbentuk terlihat bahwa semua titik berada dalam batas kendali. Artinya jumlah proporsi cacat produk yang ada masih berada dalam batas kendali. Meskipun demikian, akan dilakukan analisis lanjutan untuk mengetahui variabel mana yang banyak menyebabkan cacat produk. Karena produksi sudah terkendali, maka tidak perlu dilakukan revisi.

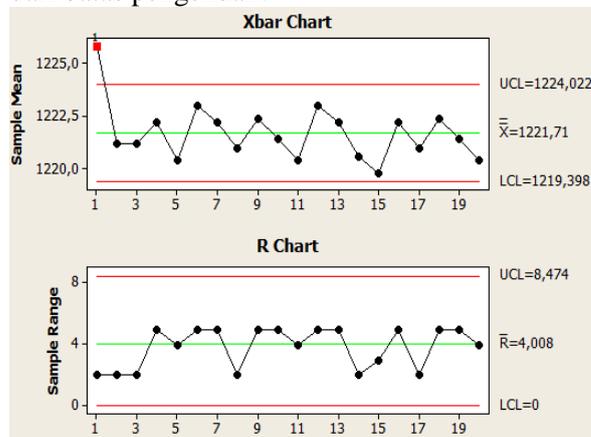
4.3.3. Grafik pengendali \bar{x} R

Diagram pengendali \bar{x} R mengamati sebaran suatu variabel dan mengetahui apakah masih berada dalam batas kendali atau tidak, serta mengamati perubahan dalam penyebarannya.



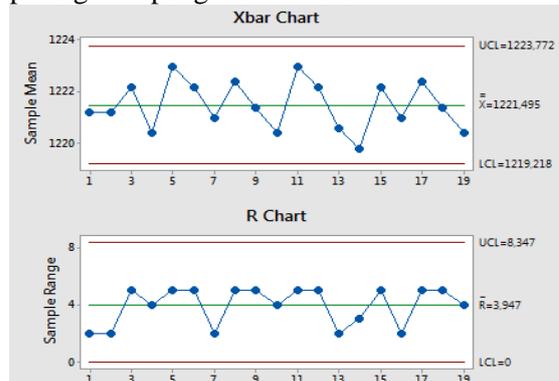
Gambar 4.5. Diagram pengendali \bar{x} R dan histogram panjang kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan grafik pengendali \bar{x} menunjukkan bahwa data yang berada didalam grafik kendali masih dalam batas pengendalian statistik dan diagram pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali.



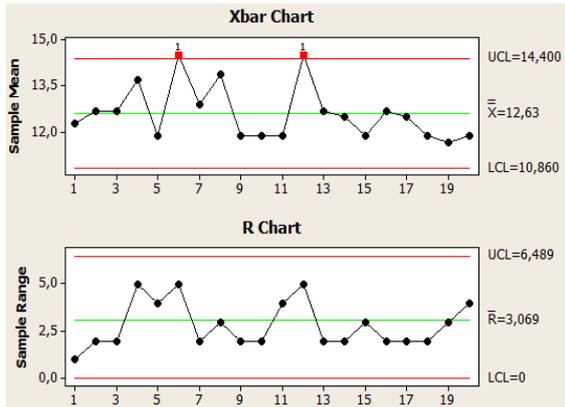
Gambar 4.6. Diagram pengendali \bar{x} lebar kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan grafik pengendali \bar{x} menunjukkan bahwa ada satu observasi yang berada diluar batas pengendalian statistik dan diagram pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali. Karena terdapat data yang berada diluar batas pengendali, maka dilakukan revisi pada grafik pengendali tersebut.



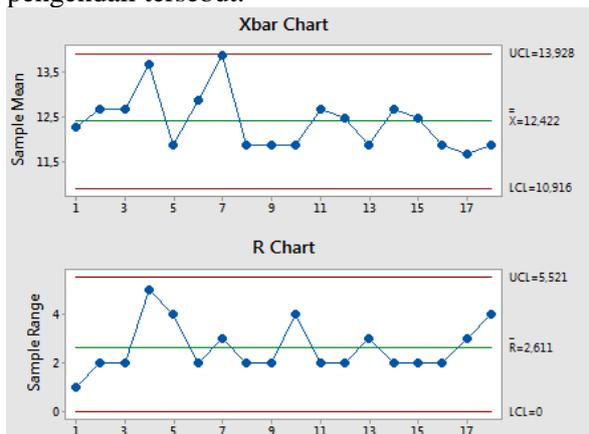
Gambar 4.7. Digram pengendali \bar{x} R lebar kayu yang telah direvisi (sumber: Minitab).

Berdasarkan grafik \bar{x} yang telah direvisi kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam pengukuran tidak keluar dari batas pengendali.



Gambar 4.8 Digram pengendali \bar{x} tebal kayu (sumber: Minitab).

Berdasarkan grafik pengendali \bar{x} menunjukkan ada dua data yang berada diluar batas pengendalian statistik dan diagram pengendali R menunjukkan kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam ketepatan proses tidak keluar dari batas pengendali. Karena terdapat data yang berada diluar batas pengendali, maka dilakukan revisi pada grafik pengendali tersebut.



Gambar 5.9. Digram pengendali \bar{x} R tebal kayu yang telah direvisi (Sumber: Minitab).

Berdasarkan grafik \bar{x} yang telah direvisi kemampuan untuk tingkat ketelitian dalam pengukuran tidak keluar dari batas pengendali.

4.3.4. Indeks Kapabilitas

Setelah melakukan analisis dengan diagram \bar{x} R dan melakukan revisi pada data yang berada diluar batas pengendali, berikutnya dilakukan perhitungan indeks kapabilitas untuk mengetahui akurasi dan ketepatan dari proses.

Tabel 4.2. Nilai Cpk tiap variabel.

Variabel	Cpk
Panjang kayu	0,31
Lebar kayu	0,097
Tebal kayu	0,29

Dari hasil perhitungan nilai Cpk ketiga variabel, didapatkan bahwa proses yang berjalan pada masing-masing variabel tersebut belum baik dan perlu dilakukan analisis lanjutan untuk melihat variabel mana yang paling berpengaruh pada cacat produk.

4.4. Improve

Pada tahap *improve* dilakukan analisis menggunakan rancangan percobaan rancangan acak lengkap pada setiap variabel, untuk mengetahui variabel mana yang paling banyak menyebabkan *defect*.

Tabel 4.3. Tabel perhitungan RAL.

Variabel	<i>p-value</i>	α	Keputusan
Panjang kayu	0,353	0,05	Gagal Tolak H_0
Lebar kayu	0,00		Tolak H_0
Tebal kayu	0,007		Tolak H_0

Dari hasil analisis tersebut, didapatkan pada variabel panjang kayu rata-rata tiap sampel sama, sedangkan pada variabel lebar kayu dan tebal kayu terdapat hasil observasi yang memberikan respon berbeda. Artinya pada pengukuran lebar dan tebal kayu belum baik karena masih menimbulkan hasil yang berbeda. Dari uji RAL pada masing-masing variabel dapat diambil kesimpulan bahwa penyebab cacat terbanyak adalah pada pengukuran lebar kayu dan tebal kayu.

4.5. Control

Berdasarkan hasil pada tahap *improve*, selanjutnya pada tahap *control* adalah lebih mengawasi dan memperhatikan pada pengukuran lebar kayu dan tebal kayu untuk meminimalisir cacat produk yang ada.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dengan pendekatan DMAIC didapatkan level kualitas pada produksi kayu lapis adalah 3,56 sigma dengan 20.000 *DPMO*. Pada pengujian indeks kapabilitas didapatkan hasil bahwa proses pada ketiga variabel belum berjalan dengan baik. Untuk meningkatkan level kualitas pada perusahaan kayu lapis ini dapat dilakukan dengan mengawasi dan memperhatikan pada pengukuran lebar kayu dan tebal kayu untuk meminimalisir produk cacat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2013. Pengendalian Kualitas Menurut Fungsi Management. <http://ilmuindustri.blogspot.co.id/2013/11/pengendalian-kualitas-menurut->

- [fungsi.html](#). Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 09.30 WIB.
- Anonim. 2015. Lima Langkah Penerapan DMAIC. <http://shiftindonesia.com/limalangkah-penerapan-dmaic/>. Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 09.45 WIB.
- BPS. Konsep Kayu Lapis. <https://www.bps.go.id/>. Diakses pada 29 Januari 2017 pukul 11.45 WIB.
- Effendy, Jimmy; Mulyono, Joko dan Sianto, Martinus Edy. 2007. Perbaikan dan Peningkatan Kualitas Di Perusahaan Mie Sumber Rasa dengan Pendekatan DMAIC. Jurnal WIDYA TEKNIK Vol. 6 No. 2, 2007 (207-217).
- Kho, Budi. 2016. Pengertian Histogram dan Cara Membuatnya. <http://ilmu-manajemenindustri.com/pengertian-histogram-dan-cara-membuatnya/>. Diakses pada Minggu, 19 Februari 2017 pukul 22.25 WIB.
- Mattjik, Ahmad Ansori dan Sumertajaya, I Made. 2006. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Bogor: IPB Press.
- Muhammad, Ilham; Rusgiyono, Agus dan Mukid, Moch. Abdul. 2014. Penilaian Cara Mengajar menggunakan Rancangan Acak Lengkap (Studi kasus: Cara Mengajar Dosen Jurusan Statistika UNDIP). Jurnal Gaussian, Vol 3, No 2, 2014, (183 – 192).
- Rofik, Dhika Nur. 2016. Evaluasi Pengawasan Kualitas Produk Kayu Lapis pada CV. Cipta Usaha Mandiri. Skripsi S1 pada Jurusan Manajemen Universitas Islam Indonesia.
- Gaspersz, Vincent. 1998. Statistical Process Control Penerapan Teknik-Teknik Statistikal dalam Manajemen Bisnis Total. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2002. Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Irwan dan Haryono, Didi. 2015. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif). Bandung: Alfabeta.
- Pavol Gejdoš. 2015. “*Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control*”. Journal Procedia Economics and Finance 34 (2015) 565 – 572.
- Suardi, Rudi. 2003. Sistem Manajemen Mutu ISO 9000:2000 Penerapannya untuk mencapai TQM. Jakarta: PPM.
- Syukron, Amin dan Kholil, Muhammad. 2012. *Six Sigma Quality for Bussiness Improvement*. Jakarta: Graha Ilmu.

