

Penerapan *Statistical Process Control* (SPC) Menggunakan Peta Kendali I-MR untuk Monitoring Ketebalan Plat Baja

Aulia Zahra Panjaitan¹, Risa Rozzaqi Rambe², Ira Selvia Ritonga³, Asruri Mahfuzh Sitorus⁴

^{1,2,3,4}Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: Februari 2026

Revised: April 2026

Accepted: Juni 2026

Keywords:

Ketebalan Plat Baja

Moving Range

Peta Kendali I-MR

Pengendalian Kualitas

Statistical Process Control

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan proses produksi ketebalan plat baja menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) dengan peta kendali *Individual-Moving Range* (I-MR). Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Kaggle sebanyak 100 sampel, yang dianalisis menggunakan *Microsoft Excel*. Tahapan analisis meliputi histogram untuk melihat distribusi data, peta kendali MR untuk memantau variasi antar pengamatan, serta peta kendali I untuk mengevaluasi kestabilan nilai individual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada data awal terdapat dua titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, yang mengindikasikan proses belum sepenuhnya terkendali secara statistik. Setelah dilakukan eliminasi terhadap data out of control dan analisis ulang, seluruh data berada dalam batas kendali baik pada I Chart maupun MR Chart. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi telah berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Selain itu, diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab variasi proses. Penelitian ini memberikan gambaran penting dalam pengendalian kualitas serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk perbaikan proses produksi.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Aulia Zahra Panjaitan

Department of Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Negeri Medan

20221 Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: auliazahra.4243260038@mhs.unimed.ac.id

1. INTRODUCTION

Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola, dan memperbaiki produk serta proses menggunakan metode-metode statistik [1]. Pengendalian kualitas statistik dilakukan dengan menggunakan alat bantu statistik yang terdapat pada *Statistical Process Control* (SPC). SPC merupakan pengendalian dengan melihat ketentuan apa yang harus dilaksanakan, menilai, dan mengoreksi pelaksanaannya bila diperlukan dengan maksud agar proses berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan [2]. Tujuan utama pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan dengan biaya yang efisien. Pengendalian kualitas tidak dapat dipisahkan dari pengendalian produksi karena merupakan bagian penting dalam menjaga konsistensi proses produksi [3]. Selain itu, pengendalian kualitas berfungsi untuk menjaga efektivitas sistem dalam mengintegrasikan pengembangan, pemeliharaan, dan peningkatan kualitas produk sehingga dapat memberikan kepuasan kepada pelanggan secara berkelanjutan [4].

Dalam bisnis manufaktur, perusahaan harus terus memperbaiki kualitas produk agar tetap kompetitif dan mempertahankan pelanggan. Konsumen yang semakin selektif menuntut produk yang memenuhi kebutuhan fungsional dan estetika untuk kepuasan maksimal. Oleh karena itu, kualitas produk menjadi kebijakan penting guna meningkatkan daya saing dengan memastikan produk memberikan kepuasan setara atau lebih baik dibanding pesaing. Kualitas adalah standar karakteristik produk yang bertujuan memenuhi kebutuhan pelanggan [5]. Pada industri produksi plat baja, ketebalan merupakan salah satu karakteristik kualitas yang sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap kekuatan, daya tahan, serta kesesuaian produk dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Ketebalan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan cacat produk, menurunkan kualitas, serta berpotensi menimbulkan kegagalan dalam penggunaan [6]. Ketidaksesuaian ketebalan dapat menyebabkan cacat produk, penurunan kualitas, hingga potensi kegagalan dalam penggunaan, sehingga diperlukan pengawasan yang ketat selama proses produksi.

Salah satu alat yang digunakan dalam SPC adalah peta kendali, yaitu alat statistik yang digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Peta kendali mampu menunjukkan adanya variasi dalam proses dari waktu ke waktu, meskipun tidak secara langsung mengidentifikasi penyebab variasi tersebut [7]. Bagan kendali memuat batas-batas kendali yang terdiri dari *Center Line* (CL) yang merupakan nilai rata-rata karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkendali. Dua garis mendatar lainnya dinamakan *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) [8]. Salah satu jenis peta kendali yang digunakan untuk data individual adalah peta kendali *Individual-Moving Range* (I-MR), yang digunakan ketika hanya terdapat satu pengamatan pada setiap waktu sehingga tidak membentuk subgrup data [9]. Peta kendali individual *Moving Range* (I-MR) adalah alat statistik untuk memantau kecenderungan memusat dan penyebaran data variabel dengan ukuran sampel $n = 1$, tujuan penggunaan peta kendali I-MR adalah untuk mendeteksi perubahan dalam variabilitas proses produksi, menentukan apakah proses berada dalam keadaan terkendali, dan mengidentifikasi penyebab perubahan dalam proses [10]. Dalam praktik industri, pengukuran ketebalan plat baja sering dilakukan secara individual pada setiap produk yang dihasilkan. Kondisi ini menyebabkan data yang diperoleh tidak berbentuk subgrup, melainkan berupa data tunggal yang diamati secara berurutan. Oleh karena itu, peta kendali I-MR menjadi metode yang tepat digunakan karena mampu memonitor nilai individu sekaligus variasi antar pengamatan melalui *moving range*.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Statistical Process Control* (SPC) menggunakan peta kendali I-MR dalam memonitor ketebalan plat baja berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Kaggle. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kestabilan proses produksi serta mengidentifikasi adanya penyimpangan yang terjadi sehingga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk perbaikan kualitas.

2. METHOD

Seluruh proses pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*. *Excel* digunakan untuk melakukan tahap pengolahan data, perhitungan statistik dasar, perhitungan nilai *Moving Range* (MR), penentuan batas kendali (*control limits*), serta visualisasi dalam bentuk peta kendali Individual (*I Chart*) dan *Moving Range* (*MR Chart*). Penggunaan *Excel* dipilih karena kemampuannya yang memadai dalam analisis data sederhana serta kemudahan dalam visualisasi grafik pengendalian kualitas.

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari platform Kaggle. Dataset yang digunakan adalah *Steel Plate Thickness* yang memuat informasi mengenai ketebalan plat

baja dalam satuan milimeter (mm). Dalam penelitian ini, diambil sebanyak 100 sampel data ketebalan plat baja untuk dianalisis menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC). Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu variabel utama, yaitu ketebalan plat baja sebagai karakteristik kualitas yang diamati secara individual.

2.2 Pra-pemrosesan Data

Sebelum dilakukan analisis, dilakukan tahap pra-pemrosesan data yang meliputi pemeriksaan kelengkapan data dan konsistensi nilai. Data yang memiliki nilai hilang (*missing value*) atau nilai tidak wajar akan diidentifikasi dan ditangani agar tidak mempengaruhi hasil analisis. Selain itu, data diurutkan berdasarkan urutan pengamatan untuk menjaga sifat runtun waktu (*time order*), karena peta kendali I-MR sangat bergantung pada urutan data dalam mendeteksi variasi proses.

2.3 Histogram

Histogram merupakan salah satu alat statistik yang berguna untuk menggambarkan sebaran atau distribusi dari data pengukuran berat, kumpulan individu, ketebalan plat besi, atau jenis data serupa. Alat ini menggunakan grafik batang yang menurun secara bertahap dari sebelah kiri ke kanan, sehingga memungkinkan visualisasi frekuensi distribusi data dengan jelas dan mudah dipahami [11]. Dalam penelitian ini, histogram digunakan sebagai tahap awal analisis deskriptif untuk mengidentifikasi pola penyebaran data, mendeteksi adanya kemiringan, serta melihat kemungkinan adanya nilai ekstrem (*outlier*). Informasi ini penting sebagai dasar sebelum dilakukan analisis lanjutan menggunakan peta kendali I-MR, karena distribusi data dapat memberikan gambaran awal mengenai kestabilan proses produksi.

2.4 Peta Kendali *Moving Range* (MR Chart)

Peta kendali *Moving Range* (MR Chart) digunakan untuk memonitor variasi antar pengamatan yang berurutan. Nilai *Moving Range* dihitung sebagai selisih *absolut* antara dua pengamatan berturut-turut. Komponen utama:

- ***Moving Range* (MR_i)** adalah selisih mutlak antara jumlah cacat hari ke- i dan ke- $(i-1)$, dengan rumus:

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}| \quad (1)$$

- **Rata-rata *Moving Range* ($\bar{MR}$)**, dengan rumus:

$$\bar{MR} = \frac{\sum MR_i}{n-1} \quad (2)$$

- ***Center Line* MR (CL_{MR})** adalah rata-rata dari nilai moving range, dengan rumus:

$$CL_{MR} = \bar{MR} \quad (3)$$

- **Batas kendali atas (UCL) dan bawah (LCL)**, dengan rumus:

$$UCL_{MR} = D_4 \times \bar{MR} \quad (4)$$

$$LCL_{MR} = D_3 \times \bar{MR} \quad (5)$$

Keterangan:

Nilai D_4 dan D_3 diperoleh dari tabel konstanta peta kendali.

2.5 Peta Kendali Individual (*I Chart*)

Peta kendali Individual (*I Chart*) digunakan untuk memonitor nilai pengamatan secara individual. Peta ini digunakan karena ukuran sampel pada setiap pengamatan adalah satu ($n = 1$). Komponen yang dihitung antara lain:

- ***Center Line* (CL)** adalah rata-rata proporsi cacat, dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (6)$$

Keterangan:

X_i = jumlah cacat pada hari ke- i

n = jumlah hari pengamatan

- **Batas kendali atas (UCL) dan bawah (LCL), dengan rumus:**

$$UCL = \bar{X} + 3 \left(\frac{\bar{MR}}{d_2} \right) \quad (7)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \left(\frac{\bar{MR}}{d_2} \right) \quad (8)$$

dengan:

- $\bar{X}$: rata-rata data
- $\bar{MR}$: rata-rata *Moving Range*
- Nilai d_2 diperoleh dari tabel konstanta peta kendali.

2.6 Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone*)

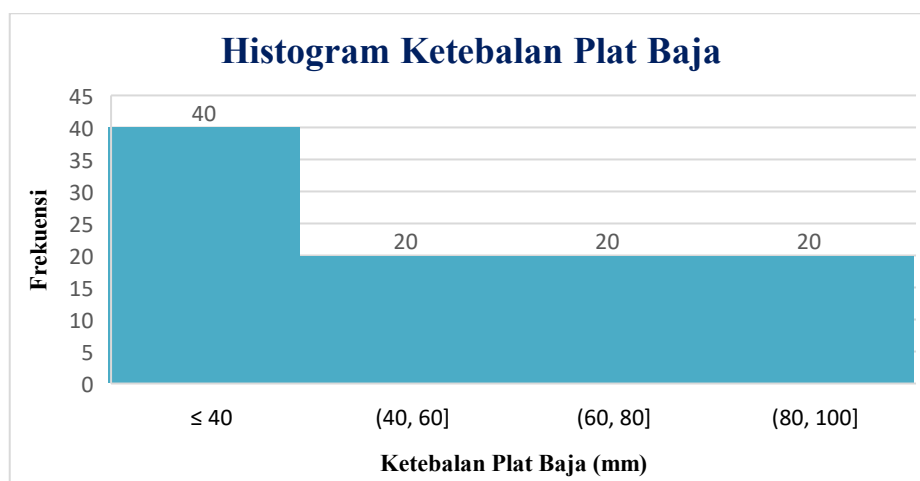
Diagram Sebab-akibat juga dikenal sebagai diagram Ishikawa dan *Fishbone* diagram karena bentuknya menyerupai tulang ikan. Dimana setiap tulang mewakili kemungkinan sumber kesalahan. Diagram ini berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas. Diagram sebab-akibat (*Fishbone* diagram) digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya penyimpangan kualitas, khususnya pada kondisi data yang berada di luar batas kendali (out of control). Diagram ini membantu dalam mengelompokkan berbagai kemungkinan penyebab secara sistematis berdasarkan hubungan sebab-akibat. Faktor-faktor penyebab utama ini dapat dikelompokkan antara lain: bahan baku (*material*), mesin (*machine*), tenaga kerja (*man*), metode (*method*), lingkungan (*environment*) serta pengukuran (*measurement*) [12]. Penggunaan diagram *Fishbone* bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap sumber variasi proses serta sebagai dasar dalam perbaikan kualitas pada proses produksi ketebalan plat baja.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Pada bagian ini disajikan hasil analisis data beserta pembahasannya menggunakan pendekatan *Statistical Process Control* (SPC) dengan peta kendali I-MR. Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari analisis deskriptif menggunakan histogram, dilanjutkan dengan penyusunan peta kendali *Moving Range* (*MR Chart*) dan peta kendali Individual (*I Chart*), serta diakhiri dengan identifikasi penyebab variasi proses menggunakan diagram *Fishbone*. Setiap tahapan dianalisis untuk mengevaluasi kestabilan dan tingkat pengendalian proses produksi ketebalan plat baja.

3.1. Histogram

Untuk mengetahui pola distribusi data ketebalan plat baja, dilakukan analisis deskriptif menggunakan histogram. Histogram menyajikan data dalam bentuk distribusi frekuensi berdasarkan interval kelas tertentu, sehingga memudahkan dalam melihat kecenderungan penyebaran data. Pada penelitian ini, data dikelompokkan ke dalam beberapa interval kelas dengan lebar yang sama untuk memperoleh gambaran distribusi yang lebih representatif terhadap kondisi proses produksi.



Gambar 1 . Histogram Ketebalan Plat Baja

Berdasarkan Gambar 1, distribusi data ketebalan plat baja terbagi ke dalam beberapa interval kelas. Interval kurang dari atau sama dengan 40 memiliki frekuensi tertinggi, yaitu sebanyak 40 data. Sementara itu,

interval 40–60, 60–80, dan 80–100 masing-masing memiliki frekuensi yang sama, yaitu sebanyak 20 data. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar hasil produksi berada pada nilai ketebalan rendah, khususnya pada rentang kurang dari atau sama dengan 40. Di sisi lain, distribusi pada interval lainnya relatif merata, yang mengindikasikan bahwa variasi data pada rentang menengah hingga tinggi cenderung stabil. Secara keseluruhan, distribusi data tidak menunjukkan adanya penyimpangan ekstrem, sehingga dapat disimpulkan bahwa data masih berada dalam batas yang wajar. Hasil ini memberikan indikasi awal bahwa proses produksi memiliki pola distribusi yang cukup konsisten, meskipun diperlukan analisis lebih lanjut menggunakan peta kendali I-MR untuk memastikan kestabilan proses secara statistik.

3.2. Peta Kendali *Moving Range (MR Chart)*

Pada tahap awal analisis peta kendali *Individual-Moving Range (IMR)*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *Moving Range (MR)* untuk mengetahui variasi antar dua pengamatan yang berurutan. Langkah ini dilakukan karena nilai rata-rata *Moving Range* $\overline{MR}$ diperlukan sebagai dasar dalam penentuan batas kendali pada peta kendali individual (*I Chart*). Dengan demikian, sebelum menyusun peta kendali individual, terlebih dahulu dihitung nilai *Moving Range* dari seluruh data ketebalan plat baja yang diamati secara berurutan. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*, diperoleh nilai *Moving Range* untuk setiap pasangan pengamatan berurutan dari 200 data ketebalan plat baja. Karena nilai *Moving Range* dibentuk dari dua observasi yang berurutan, maka ukuran *Moving Range* yang digunakan adalah $N = 2$. Pada peta kendali MR, konstanta yang digunakan secara langsung dalam penentuan batas kendali adalah d_3 dan d_4 . Sedangkan d_2 akan digunakan pada tahap selanjutnya untuk menyusun peta kendali individual (*I-Chart*). Setelah seluruh nilai *Moving Range* dihitung, selanjutnya ditentukan rata-rata *Moving Range* ($\overline{MR}$) yang sekaligus menjadi garis tengah (CL) pada peta kendali MR. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai rata-rata MR sebesar :

$$\overline{MR} = 9,29$$

Dengan demikian, nilai *Center Line (CL)* pada peta kendali MR adalah:

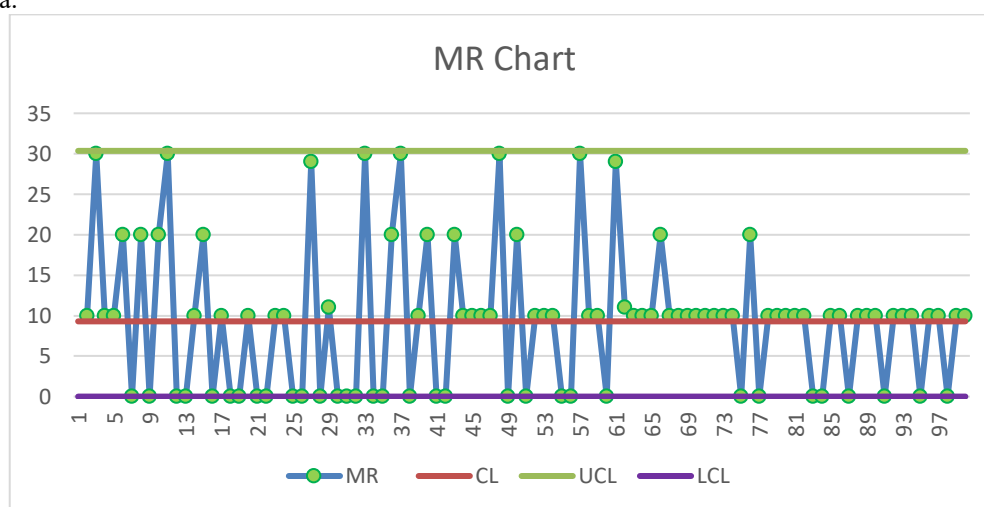
$$CL = \overline{MR} = 9,29$$

Selanjutnya, besar batas kendali atas (*Upper Control Limit/UCL*) dan besar kendali bawah (*Lower Control Limit/LCL*) pada peta kendali MR dengan menggunakan nilai $\overline{MR} = 9,29$, $d_4 = 3,267$ dan $d_3 = 0$, maka diperoleh:

$$UCL = 3,267 \times 9,29 = 30,36$$

$$LCL = 0 \times 9,29 = 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya disusun peta kendali *Moving Range (MR Chart)* untuk memvisualisasikan kestabilan variasi antar pengamatan berturut-turut pada proses produksi ketebalan plat baja.



Gambar 2. Peta Kendali *Moving Range (MR Chart)* Ketebalan Plat Baja

Berdasarkan gambar 2, seluruh nilai *Moving Range* berada di antara batas kendali bawah ($LCL = 0$) dan batas kendali atas ($UCL = 30,36$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi antar pengamatan yang berurutan masih berada dalam batas kendali statistik dan tidak menunjukkan adanya penyimpangan yang bersifat ekstrem

dari sisi keragaman jangka pendek. Dengan kata lain, proses produksi ketebalan plat baja pada tahap awal relatif stabil jika ditinjau dari variasi antar sampel yang berurutan. Meskipun demikian, kestabilan pada peta kendali MR belum sepenuhnya menunjukkan bahwa seluruh proses telah terkendali secara statistik. Hal ini disebabkan karena *MR Chart* hanya menggambarkan kestabilan variasi antar pengamatan, sedangkan evaluasi terhadap posisi nilai pengamatan individual masih perlu dilakukan melalui peta kendali Individual (*I Chart*). Oleh karena itu, setelah nilai $\overline{MR}$ diperoleh dari peta kendali MR, analisis dilanjutkan dengan penyusunan peta kendali Individual (*I Chart*) untuk menilai apakah terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali.

3.3. Peta Kendali Individual (*I Chart*)

Setelah diperoleh nilai rata-rata *Moving Range* ($\overline{MR}$) dari peta kendali MR, tahap selanjutnya adalah menyusun peta kendali Individual (*I Chart*). Peta kendali individual digunakan untuk memantau kestabilan proses berdasarkan nilai pengamatan tunggal pada setiap sampel, sehingga dapat diketahui apakah terdapat data yang menyimpang dari batas kendali statistik. Dalam penyusunan peta kendali Individual (*I Chart*), garis tengah (CL) ditentukan berdasarkan rata-rata seluruh data pengamatan ($\bar{X}$), sedangkan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dihitung dengan memanfaatkan nilai $\overline{MR}$ yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Secara sistematis, rumus yang digunakan pada peta kendali Individual (*I Chart*) adalah sebagai berikut:

$$CL = \bar{X}$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \left(\frac{\overline{MR}}{d_2} \right)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \left(\frac{\overline{MR}}{d_2} \right)$$

Pada penelitian ini, karena *Moving Range* dibentuk dari dua observasi yang berurutan, maka digunakan ukuran *Moving Range* $N = 2$ dengan konstanta $d_2 = 1,128$. Nilai d_2 digunakan untuk mengestimasi simpangan baku proses dari data individual melalui pendekatan $\sigma \approx \frac{\overline{MR}}{d_2}$, sehingga batas kendali pada *I Chart* tetap dapat ditentukan meskipun data yang diamati merupakan data individual (subgroup size=1)

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*, diperoleh rata-rata data ketebalan plat baja sebesar:

$$\bar{X} = 58,27$$

Sementara itu, dari hasil perhitungan pada peta kendali MR sebelumnya, diperoleh:

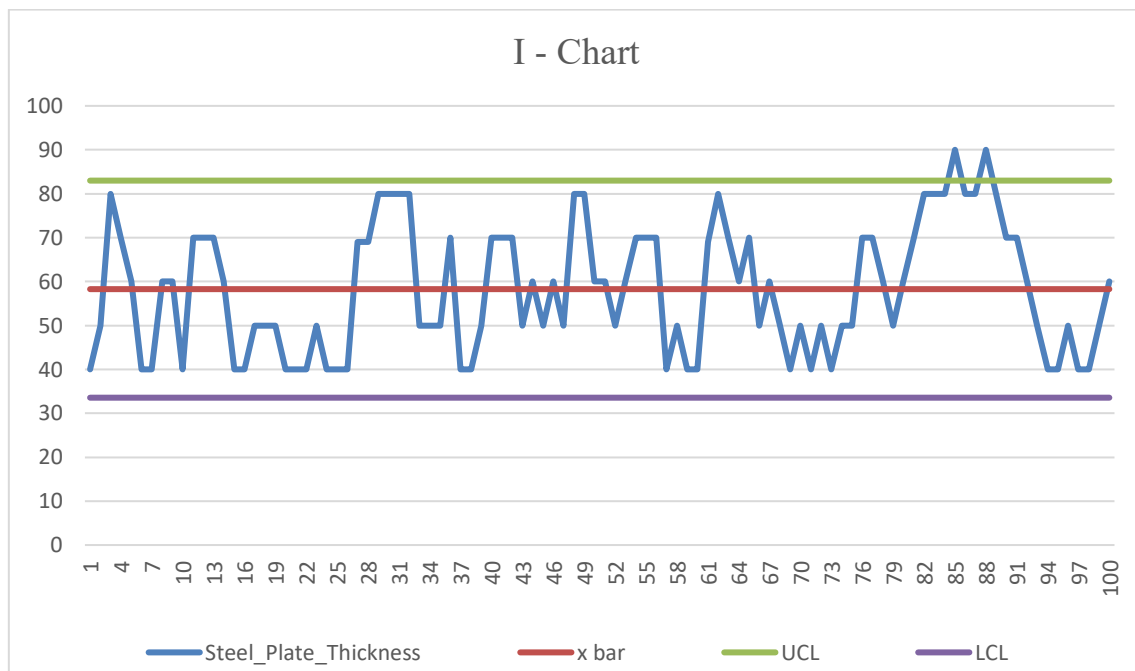
$$\overline{MR} = 9,29$$

Dengan demikian, batas kendali atas dan batas kendali bawah pada peta kendali Individual (*I Chart*) dihitung sebagai berikut :

$$UCL = 58,27 + 3 \left(\frac{9,29}{1,128} \right) = 82,9852$$

$$LCL = 58,27 - 3 \left(\frac{9,29}{1,128} \right) = 33,5548$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya disusun peta kendali Individual (*I Chart*) untuk memvisualisasikan posisi setiap nilai ketebalan plat baja terhadap batas kendali yang telah ditetapkan.

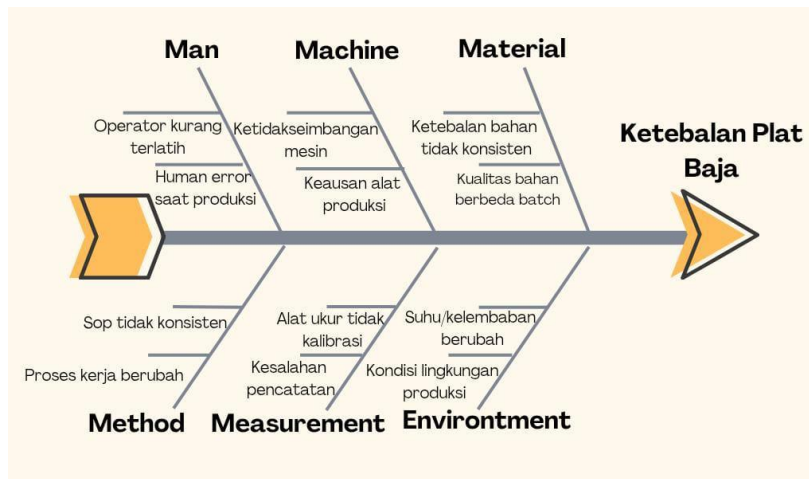


Gambar 3. Peta Kendali Individual (*I Chart*) Data Awal Ketebalan Palt Baja

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa sebagian besar data pengamatan berada di dalam batas kendali statistik. Namun demikian, terdapat dua titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas ($UCL = 82,9852$), yaitu pada sampel ke-85 dan sampel ke-88. Kedua titik tersebut memiliki nilai ketebalan sebesar 90 mm, sehingga melebihi batas kendali atas yang telah ditentukan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada data awal, proses produksi belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik, karena masih terdapat variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus (*assignable cause*). Keberadaan titik di luar batas kendali menunjukkan bahwa terdapat pengamatan yang menyimpang secara signifikan dari pola proses normal. Dalam konteks pengendalian kualitas, kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun variasi jangka pendek antar pengamatan pada *MR Chart* masih relatif stabil, terdapat nilai individual tertentu yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan proses belum memenuhi kriteria in control pada *I Chart*. Oleh karena itu, dua titik pengamatan pada sampel ke-85 dan sampel ke-88 perlu dievaluasi lebih lanjut sebagai dugaan penyebab khusus, misalnya akibat ketidaksesuaian pengaturan mesin, kesalahan pengukuran, atau gangguan sesaat pada proses produksi. Berdasarkan hasil analisis pada peta kendali Individual (*I Chart*) data awal, dapat disimpulkan bahwa proses produksi ketebalan plat baja belum sepenuhnya terkendali secara statistik, karena masih terdapat dua titik pengamatan di luar batas kendali, yaitu pada sampel ke-58 dan sampel ke-88. Oleh karena itu, dilakukan revisi peta kendali dengan mengeluarkan kedua titik tersebut, kemudian dilakukan perhitungan ulang terhadap peta kendali Individual (*I Chart*) dan peta kendali *Moving Range* (*MR Chart*) agar diperoleh gambaran proses yang lebih mencerminkan kondisi pengendalian statistik yang sesungguhnya.

3.4. Diagram Fishbone

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *out of control* pada peta kendali individual ketebalan plat baja, digunakan diagram sebab-akibat (*Fishbone diagram*). Diagram ini membantu dalam mengelompokkan berbagai kemungkinan penyebab yang berkontribusi terhadap ketidaksesuaian kualitas produk berdasarkan beberapa aspek utama dalam proses produksi [13]. Dalam penelitian ini, faktor-faktor penyebab dikelompokkan ke dalam enam kategori utama, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), material (*material*), metode (*method*), pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*). Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran yang sistematis terhadap sumber variasi dalam proses produksi.



Gambar 4 . Diagram *Fishbone* Penyebab Out of Control

Berdasarkan Gambar tersebut, terdapat beberapa faktor yang berpotensi mempengaruhi ketebalan plat baja. Penyebab yang mungkin terjadi antara lain:

- **Man (Manusia)**
Variasi ketebalan plat baja dapat disebabkan oleh faktor manusia, seperti operator yang kurang terlatih dan human error saat proses produksi. Operator yang belum memiliki keterampilan yang memadai cenderung kurang konsisten dalam mengoperasikan mesin, sehingga dapat menghasilkan ketebalan yang tidak seragam. Selain itu, kesalahan manusia seperti kurang teliti dalam pengaturan parameter mesin atau pengawasan proses juga dapat memicu penyimpangan hasil produksi.
- **Machine (Mesin)**
Variasi ketebalan juga dapat dipengaruhi oleh kondisi mesin produksi, seperti ketidakseimbangan mesin dan keausan alat produksi. Mesin yang tidak stabil atau mengalami getaran dapat menyebabkan hasil ketebalan yang tidak konsisten. Selain itu, komponen mesin yang telah aus dapat menurunkan performa alat sehingga tidak mampu menghasilkan produk sesuai standar yang diharapkan.
- **Material (Bahan Baku)**
Faktor material berperan penting dalam menentukan ketebalan plat baja. Ketidakkonsistenan ketebalan bahan baku serta perbedaan kualitas antar batch dapat menyebabkan variasi hasil produksi. Bahan baku yang tidak homogen atau memiliki spesifikasi yang berbeda akan mempengaruhi hasil akhir meskipun proses produksi dilakukan dengan kondisi yang sama.
- **Method (Metode)**
Variasi juga dapat muncul akibat metode kerja yang tidak konsisten, seperti SOP yang tidak diterapkan dengan baik atau adanya perubahan proses kerja. Ketidaksesuaian dalam prosedur operasional dapat menyebabkan perbedaan cara kerja antar operator, sehingga menghasilkan variasi pada ketebalan produk.
- **Measurement (Pengukuran)**
Kesalahan dalam pengukuran menjadi salah satu penyebab variasi data ketebalan. Alat ukur yang tidak dikalibrasi secara berkala dapat menghasilkan nilai yang tidak akurat. Selain itu, kesalahan dalam pencatatan data juga dapat menyebabkan informasi yang diperoleh tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya.
- **Environment (Lingkungan)**
Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi proses produksi dan hasil akhir. Perubahan kondisi lingkungan dapat memengaruhi sifat material maupun performa mesin. Lingkungan produksi yang tidak stabil juga dapat menyebabkan ketidakkonsistenan dalam hasil ketebalan plat baja.

3.5. Statistical Process Control (SPC) Kelanjutan

- *I Chart* Revisi

Berdasarkan hasil analisis pada peta kendali Individual (*I Chart*) data awal, diketahui bahwa terdapat dua titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas (out of control), yaitu pada sampel ke-85 dan sampel ke-88. Kedua titik tersebut memiliki nilai ketebalan sebesar 90 mm, sehingga melebihi nilai *Upper Control Limit* (UCL) yang telah ditetapkan pada peta kendali individu data awal. Dalam pengendalian kualitas

statistik, titik yang berada di luar batas kendali menunjukkan adanya penyebab khusus (assignable cause) yang menyebabkan proses tidak sepenuhnya mencerminkan variasi alami. Oleh karena itu, untuk memperoleh gambaran proses yang lebih representatif terhadap kondisi variasi alami (common cause variation), dilakukan revisi peta kendali dengan mengeluarkan dua titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, yaitu sampel ke-85 dan sampel ke-88. Setelah kedua titik tersebut dieliminasi, jumlah data pengamatan berkurang dari 100 data menjadi 98 data, kemudian dilakukan perhitungan ulang terhadap parameter peta kendali Individual (*I Chart*). Sebagaimana pada tahap sebelumnya, peta kendali individual (*I Chart*) disusun dengan menggunakan rata-rata pengamatan sebagai garis Tengah (CL), sedangkan batas kendali bawah (LCL) dan batas kendali atas (UCL) dihitung berdasarkan nilai rata-rata *Moving Range* $\overline{MR}$ dari data hasil revisi. Rumus yang digunakan tetap sama, yaitu:

$$CL = \bar{X}$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \left(\frac{\overline{MR}}{d_2} \right)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \left(\frac{\overline{MR}}{d_2} \right)$$

Pada data revisi, karena perhitungan *Moving Range* tetap didasarkan pada dua pengamatan berurutan, maka ukuran *Moving Range* yang digunakan adalah $N = 2$, sehingga konstanta yang digunakan tetap $d_2 = 1,128$. Nilai ini digunakan untuk mengestimasi simpangan baku proses dari data individual melalui pendekatan $\sigma \approx \frac{\overline{MR}}{d_2}$. Berdasarkan hasil pengolahan ulang data menggunakan *Microsoft Excel*, diperoleh rata-rata ketebalan plat baja setelah dieliminasi dua titik out of control sebesar:

$$\bar{X} = 57,62$$

Selanjutnya, dari data hasil revisi diperoleh nilai rata-rata *Moving Range* sebesar:

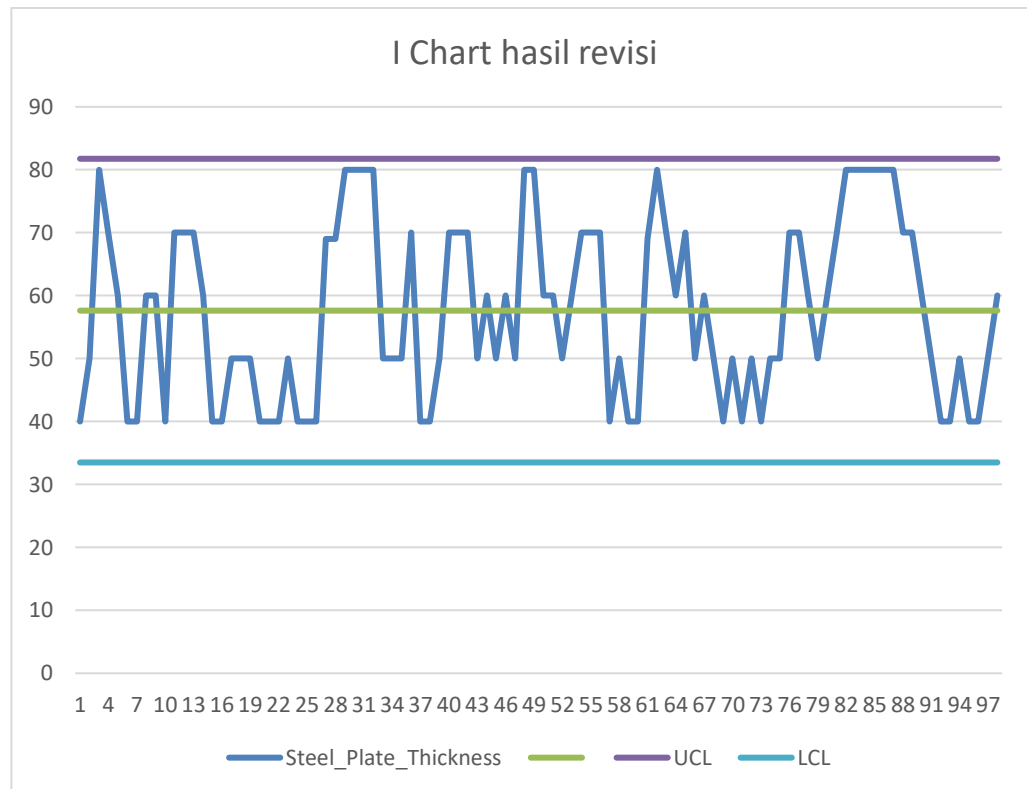
$$\overline{MR} = 9,07216$$

Dengan demikian, batas kendali pada peta kendali Individual (*I Chart*) hasil revisi dihitung sebagai berikut :

$$UCL = 57,62 + 3 \left(\frac{9,07216}{1,128} \right) = 81,7505$$

$$LCL = 57,62 - 3 \left(\frac{9,07216}{1,128} \right) = 33,4944$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya disusun peta kendali Individual (*I Chart*) hasil revisi untuk mengevaluasi kembali kestabilan proses setelah dua titik yang berada di luar batas kendali dikeluarkan dari analisis.



Gambar 5. Peta Kendali individual (*I Chart*) Hasil Revisi Ketebalan Plat Baja

Berdasarkan gambar 5, terlihat bahwa setelah dilakukan eliminasi terhadap sampel ke-85 dan sampel ke-88, seluruh titik pengamatan berada di antara batas kendali bawah (LCL = 33,4944) dan batas kendali atas (UCL = 81,75). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat lagi titik pengamatan yang berada di luar batas kendali statistik, sehingga proses produksi ketebalan plat baja pada data revisi dapat dikatakan lebih stabil dan berada dalam kondisi terkendali secara statistik (in control) berdasarkan peta kendali Individual (*I Chart*). Penurunan nilai rata-rata pengamatan ($\bar{X}$) dari 58,27 pada data awal menjadi 57,6224 pada data hasil revisi menunjukkan bahwa dua titik yang dieliminasi memang memberikan pengaruh terhadap posisi garis tengah. Selain itu, nilai batas kendali atas (UCL) juga mengalami penurunan dari 82,9852 menjadi 81,7505, yang menunjukkan bahwa setelah data ekstrem dihilangkan, rentang pengendalian proses menjadi lebih representatif terhadap kondisi proses normal. Dengan demikian, revisi peta kendali individual memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kestabilan proses produksi ketebalan plat baja. Meskipun pada peta kendali Individual (*I Chart*) hasil revisi seluruh titik telah berada dalam batas kendali, evaluasi terhadap kestabilan proses belum lengkap apabila belum ditinjau dari variasi antar pengamatan yang berurutan. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa proses tidak hanya stabil dari sisi nilai individual tetapi juga stabil dari sisi variasi jangka pendek, analisis selanjutnya dilanjutkan dengan penyusunan peta kendali *Moving Range (MR Chart)* hasil revisi berdasarkan data yang telah dieliminasi.

- *MR Chart* Revisi

Setelah dilakukan revisi pada peta kendali Individual (*I Chart*) dengan mengeluarkan dua titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, yaitu pada sampel ke-85 dan sampel ke-88, langkah selanjutnya adalah menyusun kembali peta kendali *Moving Range (MR Chart)* berdasarkan data hasil revisi. Penyusunan ulang *MR Chart* ini bertujuan untuk mengevaluasi kembali kestabilan variasi antar dua pengamatan yang berurutan setelah data yang terindikasi sebagai penyebab khusus (*assignable cause*) dikeluarkan dari analisis. Berdasarkan hasil pengolahan ulang data menggunakan *Microsoft Excel*, setelah eliminasi terhadap sampel ke-85 dan sampel ke-88, diperoleh nilai rata-rata *Moving Range (MR)* sebesar:

$$\overline{MR} = 9,07216$$

Nilai tersebut sekaligus menjadi garis tengah (CL) pada peta kendali *Moving Range (MR Chart)* hasil revisi, sehingga:

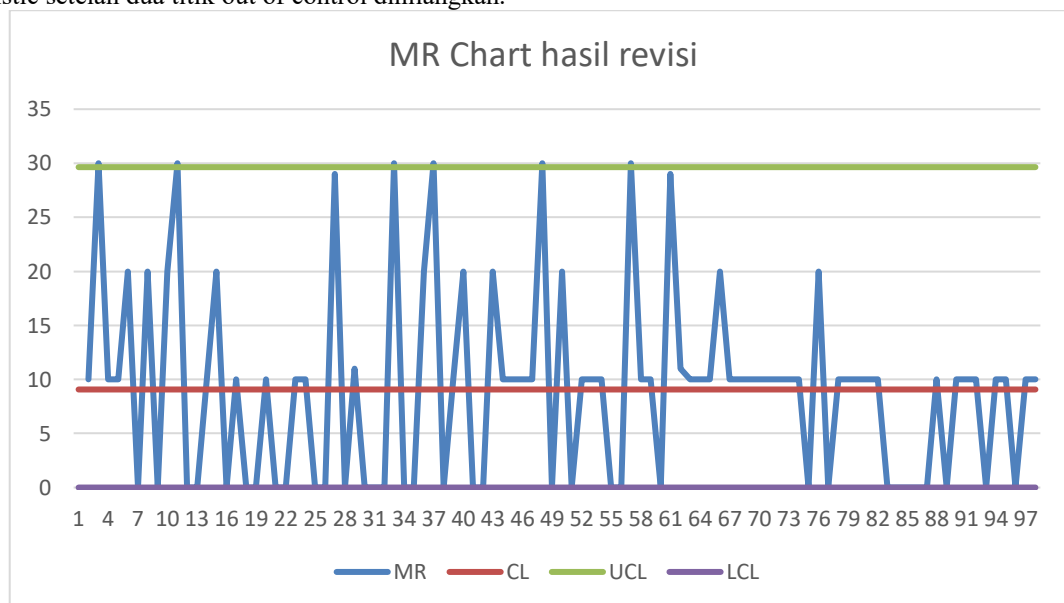
$$UCL = \overline{MR} = 9,07216$$

Selanjutnya, batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) pada *MR Chart* hasil revisi dihitung menggunakan nilai $\overline{MR} = 9,07216$, $d_4 = 3,267$ dan $d_3 = 0$, maka diperoleh:

$$UCL = 3,267 \times 9,07216 = 29,6388$$

$$LCL = 0 \times 9,07216 = 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya disusun peta kendali *Moving Range (MR Chart)* hasil revisi untuk melihat apakah variasi antr pengamatan berturut-turut masih berada dalam batas kendali statistik setelah dua titik out of control dihilangkan.



Gambar 6. Peta Kendali *Moving Range (MR Chart)* Hasil Revisi Ketebalan Plat Baja

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa seluruh nilai *Moving Range* pada data hasil revisi berada di antara batas kendali bawah (LCL = 0) dan batas kendali atas (UCL = 29,6388). Tidak terdapat titik yang melewati batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi jangka pendek antar pengamatan yang berurutan berada dalam kondisi terkendali secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dua titik pengamatan ekstrem pada sampel ke-85 dan sampel ke-88 dieliminasi, proses produksi ketebalan baja tidak lagi menunjukkan fluktuasi yang bersifat tidak wajar dari sisi keragaman antar sampel berturut-turut. Hasil analisis pada *MR Chart* hasil revisi juga memperkuat temuan pada *I Chart* hasil revisi, di mana seluruh titik pengamatan telah berada dalam batas kendali statistik. Dengan demikian, baik dari sisi nilai individual maupun dari sisi variasi antar pengamatan berturut-turut, proses produksi ketebalan plat baja pada data hasil revisi dapat dinyatakan berada dalam kondisi terkendali secara statistik (statistical control). Artinya, variasi yang tersisa pada proses cenderung berasal dari penyebab umum (*common cause variation*), bukan lagi dari penyebab khusus (*assignable cause*).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Atalan (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan *Statistical Process Control (SPC)*, khususnya peta kendali untuk data individual, mampu menunjukkan kondisi kestabilan proses ketika seluruh titik berada dalam batas kendali. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa jika tidak terdapat titik yang melewati batas kendali, maka variasi yang terjadi merupakan variasi alami sistem dan proses dapat dikatakan berada dalam kondisi terkendali secara statistik [14]. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian ini, di mana setelah eliminasi titik *out of control*, seluruh data berada dalam batas kendali. Selain itu, hasil ini juga didukung oleh penelitian Jamadar (2020) yang menyatakan bahwa penerapan SPC efektif dalam mengidentifikasi dan mengurangi variasi proses produksi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa setelah penyebab khusus diidentifikasi dan dihilangkan, proses akan menunjukkan pola yang stabil dan terkendali, dengan variasi yang tersisa berasal dari *common cause* [15]. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian ini, di mana setelah penghapusan dua titik ekstrem, tidak ditemukan lagi penyimpangan pada *MR Chart* maupun *I Chart*. Berdasarkan hasil analisis pada peta kendali *Moving Range (MR Chart)* hasil revisi, dapat disimpulkan bahwa seluruh nilai *Moving Range* berada dalam batas kendali statistik, sehingga variasi antar dua pengamatan yang berurutan berada dalam kondisi terkendali. Hasil ini

konsisten dengan temuan pada peta kendali Individual (*I Chart*) hasil revisi, di mana seluruh data pengamatan juga berada dalam batas kendali. Dengan demikian, setelah eliminasi terhadap dua titik pengamatan out of control, proses produksi ketebalan plat baja secara keseluruhan dapat dinyatakan terkendali secara statistik.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan *Statistical Process Control (SPC)* menggunakan peta kendali *Individual-Moving Range (I-MR)* terbukti efektif dalam memonitor kestabilan proses produksi ketebalan plat baja pada data individual. Analisis awal menggunakan histogram menunjukkan bahwa distribusi data berada dalam pola yang wajar tanpa penyimpangan ekstrem, sehingga memberikan indikasi awal kestabilan proses. Namun, hasil peta kendali I-MR pada data awal mengidentifikasi adanya dua titik pengamatan di luar batas kendali, yang menunjukkan keberadaan penyebab khusus (*assignable cause*). Hal ini menandakan bahwa meskipun variasi jangka pendek relatif stabil, proses belum sepenuhnya terkendali secara statistik. Setelah dilakukan evaluasi melalui diagram Fishbone dan eliminasi terhadap titik *out of control*, hasil revisi menunjukkan bahwa seluruh data berada dalam batas kendali pada *I Chart* dan *MR Chart*, sehingga proses dapat dinyatakan terkendali secara statistik (*in control*) dengan variasi yang berasal dari penyebab umum (*common cause variation*). Dengan demikian, peta kendali I-MR tidak hanya mampu mendeteksi penyimpangan secara akurat, tetapi juga memberikan dasar yang kuat dalam pengambilan keputusan untuk perbaikan dan peningkatan kualitas proses secara berkelanjutan. Untuk penelitian selanjutnya, analisis dapat dikembangkan dengan menambahkan studi kapabilitas proses seperti *Cp* dan *Cpk*, serta penggunaan data aktual industri agar hasil penelitian menjadi lebih komprehensif dan aplikatif.

Acknowledgments

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dian Septiana, S.Pd., M.Sc. selaku dosen pengampu mata kuliah Pengendalian Kualitas Statistik atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Dukungan dan pendampingan beliau sangat membantu dalam memahami penerapan metode regresi serta penyelesaian penelitian ini dengan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Funding Information

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan dari lembaga, instansi, maupun pihak mana pun. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan secara mandiri tanpa dukungan dana eksternal.

Author Contributions Statement

Name of Author	C	M	So	Va	Fo	R	D	O	E	Vi
Aulia Zahra Panjaitan	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	
Risa Rozzaqi Rambe			✓	✓	✓		✓		✓	✓
Ira Selvia Ritonga	✓					✓				✓
Asruri Mahfuzh Sitorus									✓	

C : **C**onceptualization

M : **M**ethodology

So : **S**oftware

Va : **V**alidation

Fo : **F**ormal analysis

R : **R**esources

D : **D**ata Curation

O : Writing - **O**riginal Draft

E : Writing - Review & **E**ding

Vi : **V**isualitation

Conflict Of Interest Statement

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik dalam bentuk finansial maupun non-finansial, yang dapat memengaruhi secara langsung maupun tidak langsung terhadap hasil dan pelaporan penelitian ini. Penelitian ini dilakukan secara independen tanpa adanya afiliasi, hubungan pribadi, atau kepentingan tertentu yang berpotensi menimbulkan bias dalam proses penelitian.

Ethical Approval

Penelitian ini tidak melibatkan subjek manusia maupun hewan secara langsung. Seluruh data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersifat publik dan anonim sehingga tidak memerlukan persetujuan komite etik. Oleh karena itu, penelitian ini tidak memerlukan persetujuan dari *Institutional Review Board (IRB)* atau komite etik setara, dan seluruh proses penelitian dilakukan sesuai dengan ketentuan serta kaidah etika penelitian yang berlaku.

Data Availability

Data yang mendukung temuan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari sumber publik (*Kaggle*) dan telah diolah oleh penulis. Dataset yang digunakan dapat diperoleh dari sumber aslinya atau tersedia dari penulis korespondensi.

REFERENSI

- [1] L. R. Alinka, "Analisis Kapabilitas Proses Produksi Kecap Manis Dengan Metode Statistical Process Control (Studi Kasus: PT XYZ)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 12, no. 4, pp. 1–8, 2023.
- [2] K. Nadiyah and G. S. Dewi, "Quality Control Analysis Using Flowchart , Check Sheet , P-Chart , Pareto Diagram and Fishbone Diagram," *Opsi*, vol. 15, no. 2, pp. 183–188, 2022, doi: <https://doi.org/10.31315/opsi.v15i2.7445> Received:
- [3] Y. Y. Amarta and Hazimah, "Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Processing Control (SPC) Pada PT Surya Teknologi," *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, vol. 3, pp. 218–228, 2022.
- [4] M. V. Alkharami, J. Arifin, and A. T. Septiansyah, "Penerapan Metode Statistical Process Control Pada Pengendalian Kualitas Single Part BS-62631-60M00," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 4, pp. 31–36, 2022, doi: [10.5281/zenodo.6354912](https://doi.org/10.5281/zenodo.6354912).
- [5] M. C. Lubis, S. D. Payana, and F. A. Simanjuntak, "Analisis Menggunakan Peta Kendali I-MR dan Diagram Pareto pada Produksi Kayu Lapis di PT. SLJ Global Tbk, Samarinda," *Jurnal Sains Ekonomi dan Edukasi*, vol. 2, no. 6, pp. 1221–1236, 2025, doi: <https://doi.org/10.62335/aksioma.v2i6.1340>.
- [6] E. Setyawan, P. Hartono, and C. Yazirin, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Ketebalan Plat Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pemotongan Baja Aisi 1041 Dengan Mesin CNC Plasma," *Jurnal Sains dan Teknologi Teknik Mesin unisma*, vol. 23, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [7] U. Hanifah, D. Fakhira, and H. Panggabean, "Penyajian Data Dalam Bentuk Diagram dan Tabel Ummu," *Aurelia: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 3276–3282, 2025.
- [8] N. Imro'ah, N. Satyahadewi, and H. Perdana, "Implementasi Bagan Kendali Individual Moving Range Dalam Evaluasi Proses Perkuliahan di Jurusan Matematika Fmipa Universitas Tanjungpura," *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, vol. 1, pp. 57–60, 2018, doi: <https://doi.org/10.33019/snppm.v1i0.496>.
- [9] N. Imro'ah and N. M. Huda, "Control Chart As Verification Tools In Time Series Model," vol. 16, no. 3, pp. 995–1002, 2022, doi: <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss3pp995-1002>.
- [10] R. A. Sukmawati and T. N. Wijayaningrum, "Analisis Pengendalian Kualitas Semen di PT X Menggunakan Metode Peta Kendali I-MR," *Indonesian Journal of Humanities and Social Sciences*, vol. 5, no. 2, pp. 889–902, 2024.
- [11] M. Rizal and S. M. Khoiroh, "Penerapan Metode Statistical Process Control Dalam Pengendalian Kualitas Kawat Baja," *Metode Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, no. 2, pp. 48–62, 2023, doi: <https://doi.org/10.33506/mt.v9i2.2536>.
- [12] D. Hamdani, "Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Pada PT X," *Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Perbankan (Journal of Economics, Management and Banking)*, vol. 6, no. 3, pp. 139–143, 2022, doi: <https://doi.org/10.35384/jemp.v6i3.237>.
- [13] A. A. K. Elsa, N. Rahmawati, S. A. Efendi, A. S. Purnomo, G. G. Algozaly, and Warcito, "Penerapan Diagram Pareto Dan Fishbone Untuk Pengendalian Kualitas Lele Bumbu 222," *Jurnal Sosial Dan Humaniora*, vol. 3, no. 2, pp. 396–404, 2025, doi: <https://doi.org/10.62017/arima>.
- [14] Y. A. Atalan and A. Atalan, "Integration of the Machine Learning Algorithms and I-MR Statistical Process Control for Solar Energy," *Sustainability*, vol. 15, no. 18, pp. 1–20, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/su151813782>.
- [15] S. Jamadar, "Statistical Process Control," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 8, no. 15, pp. 92–98, 2020, doi: [10.17577/IJERTCONV8IS15022](https://doi.org/10.17577/IJERTCONV8IS15022).

