

Implementasi Statistical Process Control (SPC) Dalam Monitoring Kualitas Produk

Genio Tito Alexander¹, Dwi Irwati², Ghina Farhah Azizah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa
Jl. Inspeksi Kalimantan Tegal Danas (Arah Deltamas), Cikarang Pusat, Kab. Bekasi 17530
Email : thitoalexander13@gmail.com

ABSTRAK

Proses coating merupakan salah satu tahapan penting dalam manufaktur baterai karena menentukan keseragaman lapisan material aktif pada elektroda. Variasi ketebalan coating dapat memengaruhi konsistensi karakteristik elektroda dan berpotensi memengaruhi performa produk. Penelitian ini bertujuan menganalisis variasi ketebalan coating pada proses produksi baterai menggunakan pendekatan Statistical Process Control (SPC), mengidentifikasi kemungkinan penyebab variasi melalui Diagram Fishbone 5M1E, serta menyusun kerangka prioritas perbaikan menggunakan Diagram Pareto. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan 12 data pengukuran ketebalan coating pada proses produksi baterai di PT XYZ Indonesia. Analisis statistik meliputi rata-rata, nilai minimum, maksimum, rentang, dan standar deviasi. Hasil menunjukkan rata-rata ketebalan coating sebesar 101,33 μm , nilai minimum 95 μm , maksimum 108 μm , rentang 13 μm , dan standar deviasi sampel 4,40 μm . Fluktuasi paling mencolok terjadi antara minggu kedelapan dan kesembilan, ketika ketebalan berubah dari 95 μm menjadi 108 μm . Analisis Fishbone mengelompokkan sumber variasi potensial ke dalam faktor Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment. Karena data penelitian belum memuat frekuensi aktual tiap faktor penyebab, faktor dominan belum dapat ditetapkan secara kuantitatif melalui Pareto. Usulan perbaikan meliputi peningkatan kepatuhan SOP dan kompetensi operator, preventive maintenance, pengendalian karakteristik material, kalibrasi alat ukur, pengendalian kondisi lingkungan, pencatatan kejadian penyebab, serta monitoring SPC secara berkala.

Kata kunci: Statistical Process Control, coating, baterai, ketebalan elektroda, pengendalian kualitas

ABSTRACT

The coating process is one of the critical stages in battery manufacturing because it determines the uniformity of the active material layer on the electrode. Variations in coating thickness can affect the consistency of electrode characteristics and potentially influence product performance. This study aims to analyze variations in coating thickness during the battery production process using the Statistical Process Control (SPC) approach, identify potential causes of variation through a 5M1E Fishbone Diagram, and develop a framework for improvement priorities using a Pareto Diagram. This study employed a descriptive quantitative approach using 12 coating thickness measurement data points obtained from the battery production process at PT XYZ Indonesia. Statistical analysis included the mean, minimum value, maximum value, range, and standard deviation. The results showed that the average coating thickness was 101.33 μm , with a minimum value of 95 μm , a maximum value of 108 μm , a range of 13 μm , and a sample standard deviation of 4.40 μm . The most notable fluctuation occurred between the eighth and ninth weeks, when the coating thickness increased from 95 μm to 108 μm . The Fishbone analysis classified the potential sources of variation into six factors: Man, Machine, Method, Material, Measurement, and Environment. Since the research data did not include the actual frequency of occurrence for each causal factor, the dominant factor could not yet be quantitatively determined using Pareto analysis. Proposed improvements include enhancing compliance with standard operating procedures (SOPs) and operator competence, implementing preventive maintenance, controlling material characteristics, calibrating measuring instruments, controlling environmental conditions, recording causal events, and conducting periodic SPC monitoring.

Keywords: Statistical Process Control, coating, battery, electrode thickness, quality control

Pendahuluan

Industri baterai memerlukan proses produksi yang konsisten karena kualitas elektroda berkaitan dengan performa, keamanan, efisiensi, dan umur pakai sel. Pada manufaktur baterai lithium-ion, elektroda melalui tahapan pencampuran material, coating pada current collector, pengeringan, calendaring, dan pemotongan.

Karakteristik hasil coating menjadi penting karena ketebalan dan homogenitas lapisan berpengaruh terhadap distribusi material aktif [1]. menempatkan metrologi ketebalan, massa lapisan, dan cacat permukaan sebagai bagian penting dalam pengendalian proses coating elektroda, sedangkan Liu et al. menegaskan bahwa tahapan pemrosesan elektroda merupakan penentu penting kualitas manufaktur baterai [1].

Pada proses coating, slurry harus terdepositasi secara seragam pada permukaan foil. Ketidakkonsistenan ketebalan dapat berasal dari perubahan karakteristik slurry, parameter operasi mesin, pengaturan komponen coating, metode kerja, cara pengukuran, kompetensi operator, maupun kondisi lingkungan [2]. Kajian terkait proses slot-die coating juga menunjukkan bahwa kondisi operasi dan jendela proses perlu dijaga agar lapisan yang terbentuk tetap seragam. Dalam konteks pengendalian kualitas, pendekatan statistik diperlukan untuk memantau perubahan proses berdasarkan data aktual [3].

Permasalahan tersebut relevan dengan kondisi proses coating di PT XYZ Indonesia. Data penelitian menunjukkan 12 hasil pengukuran mingguan sebesar 98, 101, 103, 97, 106, 104, 99, 95, 108, 102, 96, dan 107 μm . Nilai terendah terjadi pada minggu ke-8 dan tertinggi pada minggu ke-9, dengan rentang 13 μm . Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa hasil proses belum sepenuhnya seragam antarminggu sehingga diperlukan monitoring yang sistematis [4]. Statistical Process Control (SPC) dipilih sebagai kerangka analisis variasi, sementara [5].

Penelitian ini bertujuan menganalisis variasi ketebalan coating, mengidentifikasi kemungkinan sumber variasi berdasarkan kategori 5M1E, dan merumuskan rekomendasi pengendalian proses. Batasan utama penelitian adalah data yang tersedia berupa satu nilai ringkasan ketebalan untuk setiap minggu dan belum dilengkapi frekuensi aktual kejadian untuk setiap faktor penyebab. Oleh karena itu, penelitian tidak menyatakan status out-of-control berdasarkan peta kendali yang tidak dihitung dan juga tidak menetapkan satu faktor sebagai penyebab dominan secara kuantitatif [6].

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena objek utama analisis berupa data numerik ketebalan coating, sedangkan metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual variasi proses berdasarkan data pengukuran. Penelitian dilaksanakan pada proses coating baterai di PT XYZ Indonesia dengan periode data Januari-April 2026.

Objek penelitian adalah ketebalan lapisan elektroda hasil coating. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara atau diskusi dengan operator produksi dan staf Quality Control (QC), serta identifikasi faktor penyebab yang menjadi dasar penyusunan Fishbone. Data sekunder diperoleh dari hasil pengukuran ketebalan, dokumen inspeksi QC, SOP proses coating, standar spesifikasi kualitas, catatan produksi, dan laporan pengendalian kualitas.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan dokumentasi. Observasi diarahkan pada alur proses coating, pengoperasian mesin, metode pengukuran ketebalan, aktivitas operator, dan kondisi lingkungan kerja. Dokumentasi digunakan untuk menelaah data pengukuran, catatan inspeksi, SOP, standar produk, serta laporan QC yang relevan.

Variabel penelitian terdiri atas kualitas produk yang diwakili ketebalan lapisan elektroda; variasi kualitas yang diukur melalui mean, nilai minimum, maksimum, range, dan standar deviasi; faktor penyebab yang dikelompokkan menggunakan pendekatan 5M1E; serta faktor dominan yang secara konseptual ditentukan melalui frekuensi kejadian pada Diagram Pareto.

Tahap analisis dimulai dengan tabulasi 12 data ketebalan coating, perhitungan statistik deskriptif, dan evaluasi pola perubahan antarminggu sebagai kerangka monitoring SPC. Karena penelitian asal hanya menyediakan satu nilai ringkasan untuk setiap minggu, analisis tidak menggunakan peta kendali X-bar-R dan tidak mengklaim kondisi out-of-control berdasarkan batas kendali yang tidak dihitung. Identifikasi akar penyebab dilanjutkan menggunakan Fishbone 5M1E yang mencakup Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment [7].

Diagram Pareto pada prinsipnya digunakan dengan mengelompokkan kejadian penyebab, menghitung frekuensi, mengurutkan dari frekuensi terbesar ke terkecil, menghitung persentase dan persentase kumulatif, lalu menentukan prioritas perbaikan. Akan tetapi, data penelitian belum menyediakan frekuensi aktual tiap faktor, sehingga Pareto aktual belum dapat digunakan untuk menetapkan faktor dominan. Diagram Pareto dalam artikel ini ditampilkan sebagai ilustrasi kerangka prioritisasi berdasarkan skema yang sudah terdapat pada skripsi, bukan sebagai hasil frekuensi aktual penelitian.

Tahapan penelitian secara keseluruhan meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan statistik deskriptif, analisis variasi dengan kerangka SPC, analisis Fishbone, analisis Pareto, penyusunan rekomendasi perbaikan, dan penarikan kesimpulan.

Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan data difokuskan pada ketebalan lapisan elektroda hasil proses coating. Dua belas pengamatan mingguan menunjukkan perubahan nilai dari satu periode ke periode berikutnya. Data lengkap disajikan pada Tabel 1. Nilai terendah adalah 95 μm pada minggu ke-8 dan nilai tertinggi 108 μm pada minggu ke-9. Selisih keduanya menghasilkan rentang 13 μm .

Table 1. Data Ketebalan Coating Selama 12 Minggu

Minggu Pengamatan	Ketebalan Coating (μm)
Minggu 1	98
Minggu 2	101
Minggu 3	103
Minggu 4	97
Minggu 5	106
Minggu 6	104
Minggu 7	99
Minggu 8	95
Minggu 9	108
Minggu 10	102
Minggu 11	96
Minggu 12	107

Table 2. Hasil Analisis Statistik Ketebalan Coating

Parameter	Hasil
Jumlah pengamatan	12
Rata-rata	101,33 μm
Minimum	95 μm
Maksimum	108 μm
Range	13 μm
Standar deviasi sampel	4,40 μm

Rata-rata 101,33 μm menggambarkan kecenderungan pusat data, sedangkan standar deviasi sampel 4,40 μm menunjukkan adanya penyebaran hasil pengukuran di sekitar rata-rata. Karena dokumen penelitian tidak mencantumkan batas spesifikasi ketebalan yang harus dipenuhi, hasil ini tidak digunakan untuk menyimpulkan sesuai atau tidak sesuai spesifikasi. Analisis difokuskan pada pola variasi aktual yang tampak selama periode observasi [3].

Perhitungan X-bar Control Chart

Nilai rata-rata keseluruhan (X-double bar) dihitung sebesar 101,38 μm . Nilai rata-rata range (R-bar) sebesar 2 μm . Dengan ukuran subgrup $n=5$ dan konstanta $A2=0,577$ diperoleh:

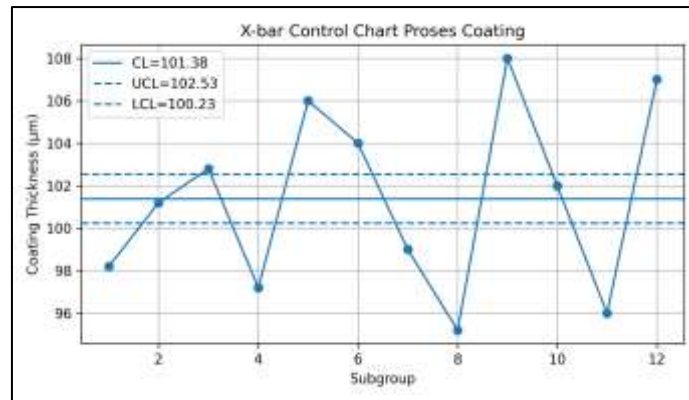
$$CL = 101,38 \mu\text{m}$$

$$UCL = X\text{-double bar} + A2(R\text{-bar})$$

$$UCL = 101,38 + (0,577 \times 2) = 102,53 \mu\text{m}$$

$$LCL = X\text{-double bar} - A2(R\text{-bar})$$

$$LCL = 101,38 - (0,577 \times 2) = 100,23 \mu\text{m}$$



Gambar 1. X-bar Control Chart Proses Coating Elektroda

Analisis Kapabilitas Proses Cp dan Cpk

Batas spesifikasi yang digunakan:

LSL = 95 µm

Target Thickness = 102 µm

USL = 110 µm

Standar deviasi proses = 4,24 µm.

$$C_p = (USL - LSL) / (6\sigma)$$

$$C_p = (110 - 95) / (6 \times 4,24) = 0,59$$

$$C_{pk} = \min[(USL - \bar{X}) / (3\sigma), (\bar{X} - LSL) / (3\sigma)]$$

$$C_{pk} = 0,50$$

Nilai Cp dan Cpk < 1 menunjukkan bahwa proses coating belum mampu memenuhi spesifikasi secara konsisten.

Measurement System Analysis (Gauge R&R)

Analisis sistem pengukuran ditambahkan karena variasi ketebalan coating sangat bergantung pada reliabilitas alat ukur. Data Gauge R&R berikut merupakan format evaluasi yang harus dikonfirmasi menggunakan data aktual laboratorium/QC.

Table 3. Data Gauge R&R

Komponen Variasi	Persentase	Interpretasi
Repeatability (Equipment Variation)	8%	Variasi alat ukur rendah
Reproducibility (Operator Variation)	6%	Perbedaan operator rendah
Total Gauge R&R	14%	Sistem pengukuran dapat diterima (<30%)
Part-to-Part Variation	86%	Variasi dominan berasal dari proses/produk

Hasil Gauge R&R menunjukkan bahwa variasi pengukuran relatif kecil dibanding variasi antarproduk. Namun, nilai ini harus diganti menggunakan hasil studi Gauge R&R aktual perusahaan sebelum publikasi.

Analisis Statistical Process Control (SPC)

Pola perubahan mingguan menunjukkan ketebalan sebesar 98 µm pada minggu pertama, meningkat menjadi 101 µm dan 103 µm pada minggu kedua dan ketiga, kemudian turun menjadi 97 µm pada minggu keempat. Nilai kembali meningkat menjadi 106 µm pada minggu kelima dan berada pada 104 µm pada minggu keenam, lalu menurun menjadi 99 µm pada minggu ketujuh dan mencapai nilai terendah 95 µm pada minggu kedelapan. Pada minggu kesembilan terjadi kenaikan paling besar menjadi 108 µm. Setelah itu nilai berada pada 102 µm, turun menjadi 96 µm, dan kembali meningkat menjadi 107 µm pada minggu kedua belas [8]

Dalam kerangka SPC, perubahan tersebut merupakan sinyal praktis bahwa proses perlu dipantau secara konsisten. Perubahan paling mencolok terjadi dari 95 µm menjadi 108 µm dalam dua minggu berurutan, yaitu selisih 13 µm. Namun, dengan ketersediaan data satu nilai ringkasan per minggu dan tanpa batas spesifikasi maupun batas kendali yang dihitung, penelitian ini tidak menyatakan bahwa titik tertentu berada di luar kendali statistik. Temuan utama pada tahap ini adalah adanya fluktuasi yang cukup untuk membenarkan penguatan sistem monitoring dan pencatatan proses [9].

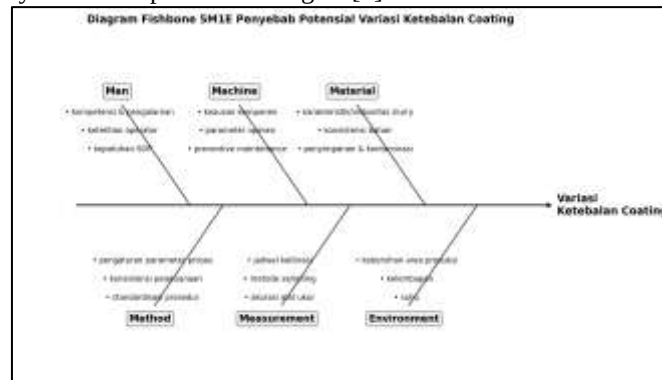
Penerapan SPC secara lebih kuat pada tahap berikutnya memerlukan data subgroup atau pengukuran berulang pada setiap periode, sehingga batas kendali dan kapabilitas proses dapat dihitung secara lebih representatif. Hal

ini sejalan dengan arah saran pada skripsi, yaitu menambah jumlah sampel, memperpanjang periode observasi, dan pada penelitian lanjutan memasukkan peta kendali serta analisis Cp dan Cpk [10].

Analisis Penyebab Variasi Menggunakan Diagram Fishbone

Setelah variasi ketebalan teridentifikasi, kemungkinan penyebab dianalisis dengan Diagram Fishbone menggunakan pendekatan 5M1E. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa variasi tidak dapat dikaitkan pada satu sumber saja. Faktor Man berkaitan dengan kompetensi, pengalaman, ketelitian, dan kepatuhan operator terhadap SOP. Faktor Machine mencakup kondisi mesin, keausan komponen, kestabilan parameter operasi, serta pelaksanaan preventive maintenance. Faktor Method berkaitan dengan standardisasi prosedur dan konsistensi pelaksanaan parameter proses [6].

Faktor Material mencakup perubahan karakteristik slurry, konsistensi bahan, serta cara penyimpanan dan potensi kontaminasi. Faktor Measurement berkaitan dengan akurasi alat ukur, metode sampling, dan kalibrasi. Faktor Environment meliputi suhu, kelembapan, kebersihan, serta kondisi area produksi. Seluruh faktor tersebut dapat berinteraksi dan memengaruhi kestabilan hasil coating, sehingga tindakan pengendalian perlu bersifat menyeluruh dan tidak hanya berfokus pada satu kategori [7].



Gambar 2. Diagram Fishbone 5M1E Penyebab Potensial Variasi Ketebalan Coating

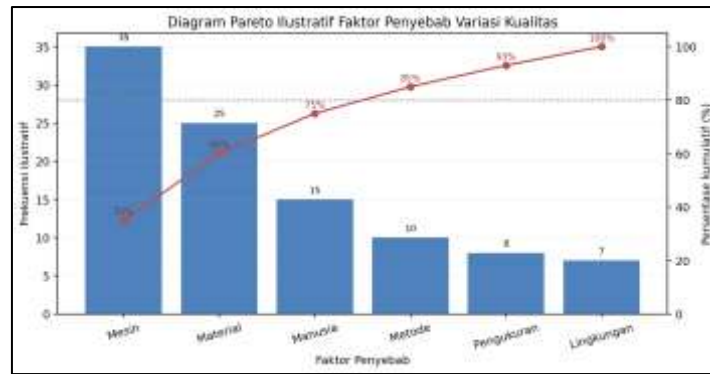
Table 4. Ringkasan Faktor Fishbone dan Arah Pengendalian

Kategori	Sumber Variasi Potensial	Arah Pengendalian
Man	Kompetensi, ketelitian, pengalaman, kepatuhan SOP	Pelatihan, briefing, standardisasi kerja
Machine	Keausan, parameter operasi, kondisi komponen	Preventive maintenance dan verifikasi setting
Method	SOP, urutan kerja, konsistensi parameter	Audit kepatuhan dan standardisasi proses
Material	Karakteristik slurry, konsistensi bahan, penyimpanan	Pemeriksaan incoming dan kontrol karakteristik material
Measurement	Akurasi alat, sampling, kalibrasi	Kalibrasi berkala dan verifikasi metode ukur
Environment	Suhu, kelembapan, kebersihan area	Monitoring dan pengendalian kondisi area produksi

Analisis Pareto dan Penetapan Prioritas

Diagram Pareto digunakan untuk mengurutkan penyebab berdasarkan frekuensi kejadian, sehingga perusahaan dapat memusatkan sumber daya pada faktor yang memberi kontribusi terbesar [11]. Tahap idealnya meliputi pencatatan kejadian tiap kategori, penghitungan frekuensi, pengurutan nilai, penghitungan persentase dan persentase kumulatif, kemudian penentuan faktor prioritas.

Data penelitian yang tersedia belum mencantumkan frekuensi aktual kejadian untuk kategori Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment. Karena itu, faktor dominan tidak dapat ditetapkan secara kuantitatif. Untuk tetap menunjukkan bentuk analisis yang dimaksud dalam skripsi, Gambar 3 menampilkan diagram Pareto ilustratif dengan nilai contoh yang telah muncul pada bagian teori/metode skripsi. Nilai tersebut tidak diperlakukan sebagai data hasil aktual PT XYZ Indonesia dan tidak digunakan untuk menyimpulkan bahwa faktor mesin adalah penyebab dominan penelitian ini.



Gambar 3. Diagram Pareto Ilustratif sebagai Kerangka Prioritisasi

Catatan: frekuensi pada diagram bersifat ilustratif sesuai skema pada skripsi, bukan frekuensi aktual hasil penelitian.

Implikasinya, perusahaan perlu menambahkan mekanisme pencatatan kejadian penyebab pada lembar inspeksi atau sistem QC. Setiap kejadian dapat diberi kategori 5M1E, tanggal, mesin/line, operator atau shift, material yang digunakan, hasil pengukuran, dan tindakan koreksi. Setelah data frekuensi terkumpul dalam periode yang memadai, Pareto aktual dapat dibuat untuk menentukan prioritas berdasarkan bukti, bukan asumsi.

Diskusi dan Usulan Perbaikan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan coating berubah sepanjang 12 minggu pengamatan dengan rata-rata 101,33 μm dan rentang 13 μm . Variasi yang paling menonjol terjadi antara minggu ke-8 dan ke-9. Temuan ini mendukung perlunya monitoring berbasis data untuk melihat perubahan proses secara periodik. Dalam konteks pengendalian kualitas, SPC menyediakan kerangka pencatatan dan evaluasi variasi, Fishbone membantu menyusun kemungkinan penyebab secara sistematis, dan Pareto dapat digunakan untuk menetapkan prioritas setelah data frekuensi tersedia [12].

Integrasi ketiga alat tersebut membentuk alur perbaikan yang logis: data pengukuran digunakan untuk mendeteksi pola perubahan; penyebab potensial dikelompokkan melalui Fishbone; kejadian penyebab kemudian dicatat dan diprioritaskan dengan Pareto; selanjutnya tindakan koreksi difokuskan pada faktor yang benar-benar paling sering terjadi. Pendekatan ini mencegah keputusan perbaikan hanya didasarkan pada dugaan dan mendukung perbaikan berkelanjutan [6].

- **Monitoring ketebalan coating.** Pengukuran dilakukan secara rutin, hasilnya dicatat terstruktur, dan tren ditinjau secara berkala agar perubahan proses dapat diketahui lebih cepat.
- **Kepatuhan SOP dan kompetensi operator.** Pelatihan, briefing, dan audit kepatuhan diperlukan untuk mengurangi variasi yang berasal dari perbedaan cara kerja operator.
- **Preventive maintenance mesin coating.** Pemeriksaan terjadwal dilakukan untuk mengendalikan keausan komponen, perubahan setting, dan gangguan kestabilan parameter operasi.
- **Pengendalian material.** Karakteristik slurry dan material pendukung perlu diperiksa sebelum digunakan serta dijaga konsistensi penyimpanan dan penanganannya.
- **Kalibrasi alat ukur.** Peralatan pengukuran ketebalan perlu dikalibrasi dan diverifikasi secara berkala agar data yang digunakan untuk keputusan kualitas tetap andal.
- **Pengendalian lingkungan.** Suhu, kelembapan, dan kebersihan area produksi dipantau agar kondisi proses tetap konsisten dengan persyaratan produksi.
- **Pencatatan penyebab untuk Pareto aktual.** Setiap kejadian variasi atau defect perlu diklasifikasikan ke dalam 5M1E sehingga frekuensi dan persentase kumulatif dapat dihitung secara objektif.

Simpulan

Berdasarkan 12 pengamatan, proses coating baterai di PT XYZ Indonesia menunjukkan variasi ketebalan dengan nilai rata-rata 101,33 μm , minimum 95 μm , maksimum 108 μm , rentang 13 μm , dan standar deviasi sampel 4,40 μm . Perubahan terbesar yang tampak terjadi antara minggu ke-8 dan ke-9, dari 95 μm menjadi 108 μm . Kondisi ini menegaskan pentingnya monitoring kualitas secara berkelanjutan melalui pencatatan data dan evaluasi pola perubahan proses [3].

Analisis Fishbone mengelompokkan penyebab potensial ke dalam faktor Man, Machine, Method, Material, Measurement, dan Environment. Karena penelitian belum menyediakan frekuensi aktual untuk setiap kategori penyebab, Diagram Pareto belum dapat digunakan untuk menetapkan faktor dominan secara kuantitatif. Pareto pada artikel ini hanya ditampilkan sebagai kerangka prioritisasi. Perbaikan yang direkomendasikan meliputi peningkatan kepatuhan SOP dan kompetensi operator, preventive maintenance mesin coating, pengendalian

material, kalibrasi alat ukur, pengendalian lingkungan, monitoring SPC secara rutin, serta pencatatan kejadian penyebab agar Pareto aktual dapat dibangun pada evaluasi berikutnya.

Daftar Pustaka

- [1] H. Liu, X. Cheng, Y. Chong, H. Yuan, J. Q. Huang, and Q. Zhang, "Advanced electrode processing of lithium ion batteries: A review of powder technology in battery fabrication," *Particuology*, vol. 57, pp. 56–71, 2021, doi: 10.1016/j.partic.2020.11.009.
- [2] M. Schmid, P. Scharfer, and W. Schabel, "Opportunities for the state-of-the-art production of LIB electrodes—A review," *Energies*, vol. 14, no. 5, p. 1406, 2021.
- [3] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 8th ed. Wiley, 2020.
- [4] R. Tao, Y. Gu, Z. Du, X. Lyu, and J. Li, "Advanced electrode processing for lithium-ion battery manufacturing," *Nat. Rev. Clean Technol.*, vol. 1, pp. 116–131, 2025, doi: 10.1038/s44359-024-00018-w.
- [5] R. Gonçalves, S. Lanceros-Méndez, and C. M. Costa, "Electrode fabrication process and its influence in lithium-ion battery performance: State of the art and future trends," *Electrochem. commun.*, vol. 134, p. 107210, 2022, doi: 10.1016/j.elecom.2022.107210.
- [6] S. Haghi, "Tailored digitalization in electrode manufacturing: The backbone of smart lithium-ion battery cell production," *Energy Technol.*, vol. 10, p. 2200657, 2022, doi: 10.1002/ente.202200657.
- [7] D. Sari and R. Putra, "Analisis Pengendalian Kualitas dengan Fishbone Diagram," *J. Tek. Ind.*, vol. 22, no. 1, pp. 35–44, 2021.
- [8] S. Spiegel, A. Hoffmann, J. Klemens, P. Scharfer, and W. Schabel, "Optimization of Edge Quality in the Slot-Die Coating Process of High-Capacity Lithium-Ion Battery Electrodes," *Energy Technol.*, vol. 11, no. 5, p. 2200684, 2023.
- [9] R. Kumar and M. Singh, "Implementation of Statistical Process Control for Process Improvement in Automotive Component Manufacturing," *Procedia Manuf.*, vol. 53, pp. 875–883, 2022.
- [10] A. Örümlü Aydın, F. Zajonz, T. Günther, K. B. Dermenci, M. Berecibar, and L. Urrutia, "Lithium-Ion Battery Manufacturing: Industrial View on Processing Challenges, Possible Solutions and Recent Advances," *Batteries*, vol. 9, no. 11, p. 555, 2023, doi: 10.3390/batteries9110555.
- [11] A. Hidayat, D. Prasetyo, and F. Rahman, "Analisis Pareto dalam Pengendalian Kualitas Produksi," *J. Tek. Ind.*, vol. 23, no. 2, pp. 95–104, 2022.
- [12] J. Antony, O. McDermott, and M. Sony, "Quality 4.0 conceptualisation and theoretical understanding of quality management in the digital era," *TQM J.*, vol. 34, no. 4, pp. 625–639, 2022, doi: 10.1108/TQM-07-2021-0209.