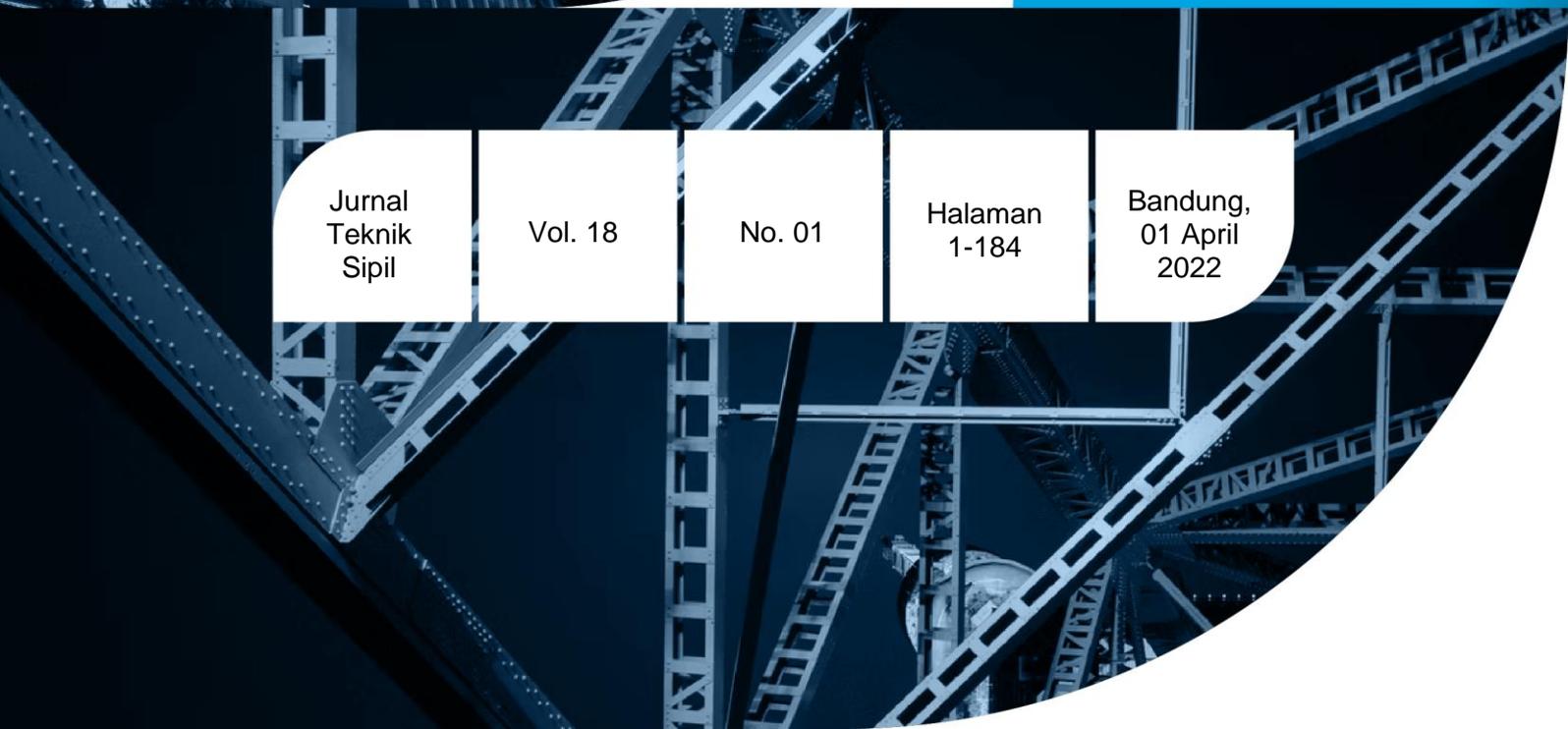


ISSN (print) 1411-9331
ISSN (online) 2549-7219



JURNAL TEKNIK SIPIL

Volume 18 Nomor 01 April 2022



Jurnal
Teknik
Sipil

Vol. 18

No. 01

Halaman
1-184

Bandung,
01 April
2022



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

Jurnal Teknik Sipil merupakan jurnal ilmiah jurusan teknik sipil di Universitas Kristen Maranatha yang terbit dua kali dalam setahun pada bulan April dan Oktober. Diterbitkan pertama kali pada bulan Oktober 2003. Tujuan publikasi adalah sebagai wadah komunikasi ilmiah dan juga untuk menyebarkan hasil penelitian, studi literatur di bidang teknik sipil atau ilmu terkait. Jurnal Teknik Sipil terakreditasi [SINTA 4](#) berdasarkan [Surat Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Nomor 158/E/KPT/2021](#).

Editor in Chief : Roi Milyardi, S.T., M.T. (Universitas Kristen Maranatha)

Executive Editors : Prof. Dr. Ir. Budi Hartanto Susilo, M.Sc. (Universitas Kristen Maranatha)

Editors : Cindrawaty Lesmana, S.T., M.Sc(Eng.), Ph.D. (Universitas Kristen Maranatha)
Dr. Amelia Makmur, S.T., M.T. (Universitas Kristen Krida Wacana)

Section Editors : Ir. Noek Sulandari, M.Sc., M.A.B. (Universitas Kristen Maranatha)
Tri Octaviani Sihombing, S.T., M.Sc. (Universitas Kristen Maranatha)

Peer Reviewer :

1. Prof. Dr. Ir. Ari Sandhyavitri, MSc, IPM (Universitas Riau)
Sinta ID: 6030624 ; Scopus Author ID: 55980455600
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Made Suangga, M.T. (Bina Nusantara University)
Sinta ID: 6025530 ; Scopus Author ID: 56180075600
3. Alfrendo Satyanaga, S.T., M.Sc., Ph.D. (Nazarbayev University)
Scopus Author ID: 37047798600
4. Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Katolik Parahyangan)
Sinta ID: 5973741 ; Scopus Author ID: 55565399200
5. Dr. Ir. Yati Muliati Sadli, M.T. (Institut Teknologi Nasional)
Sinta ID: 6673936 ; Scopus Author ID: 57200560067
6. Dr. Ir. Dwi Prasetyanto, M.T. (Institut Teknologi Nasional)
Sinta ID: 6005615 ; Scopus Author ID: 57221947510
7. Ir. A Y Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. (Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

- Sinta ID: 6007999 ; Scopus Author ID: 57225011819
8. Dr. Ir. I Gusti Lanang Bagus Eratodi, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.
(Universitas Pendidikan Nasional)
Sinta ID: 176586 ; Scopus Author ID: 24476171900
9. Dr. Alfa Narendra, S.T., M.T. (Universitas Negeri Semarang)
Sinta ID: 5979147 ; Scopus Author ID: 57201503141
10. Dr-Eng. Mia Wimala, S.T., M.T. (Universitas Katolik Parahyangan)
Sinta ID: 259833 ; Scopus Author ID: 57189385224
11. Dr. Idi Namara, S.T., M.T. (Universitas Tanri Abeng)
Sinta ID: 6060764 ; Scopus Author ID: 57194575704
12. Dr-Ing. Agustina Kiky Anggraini, S.T., M.Eng (Universitas Atma Jaya
Yogyakarta)
Sinta ID: 6698284
13. Robby Yussac Tallar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Kristen Maranatha)
Sinta ID: 24512 ; Scopus Author ID: 37048062800
14. Dr. Anang Kristianto, S.T., M.T. (Universitas Kristen Maranatha)
Sinta ID: 6006443 ; Scopus Author ID: 55552316800
15. Dr. Deni Setiawan, S.T., M.T. (Universitas Kristen Maranatha)
Sinta ID: 6670684
16. Dr. Ir. Asriwiyanti Desiani, M.T. (Universitas Kristen Maranatha)
Sinta ID: 6657641
17. Ir. Andryan Suhendra, M.T. (Bina Nusantara University)
Sinta ID: 6662433 ; Scopus Author ID: 57090830600
18. Andre Feliks Setiawan, S.T., M.Sc. (Podomoro University)
Sinta ID: 5985058 ; Scopus Author ID: 56609986600
19. Faisal Gerardo, S.T., M.T. (Institut Teknologi Nasional)
Sinta ID: 6783318 ; Scopus Author ID: 13341253
20. Hanny Juliany Dani, S.T., M.T. (Universitas Kristen Maranatha)
Sinta ID: 6728139

Alamat Redaksi : Sekretariat Jurnal Teknik Sipil
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164
Tel. 022 - 2012186 ext.1212 ; Fax. 022 - 2017622

E-mail : jurnal_ts@eng.maranatha.edu

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>
Penerbit : Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164
Web: ts.eng.maranatha.edu



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

DAFTAR ISI:

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL BERDASARKAN PENGUJIAN <i>CONE PENETRATION TEST</i> (<i>Undayani Cita Sari, Nur Fithriani Fatma Cholida, Moh. Nur Sholeh, M. Mirza Abdilah Pratama</i>)	01 - 11
EVALUASI KINERJA SARANA DAN PRASARANA PASAR TRADISIONAL (STUDI KASUS PASAR ANYAR KOTA BANDUNG) (<i>Irawati, Tri Setyowati, Rima Midiyanti</i>)	12 - 32
PENGARUH PERUBAHAN MUKA AIR BEBAS TERHADAP STABILITAS TANGGUL SUNGAI (<i>Agus Feryadi, Nurly Gofar</i>)	33 - 50
KAJIAN EVALUASI BANJIR DAERAH KELAPA GADING (<i>Anastasia Septya Wardaningrum, Teddy Wartono Sudinda</i>)	51 - 61
PENGUNAAN BATU BLONDOS UNTUK BETON POROUS (<i>Arusmalem Ginting, Suyono</i>)	62 - 74
ANALISA SARANA PENYEBERANGAN DAN PERILAKU PEJALAN KAKI MENYEBERANG DI RUAS JALAN IR. H. JUANDA KOTA JAMBI (<i>Fakhrul Rozi Yamali, Ari Setiawan, M. Fikry Ari Prasetyo</i>)	75 – 86
MANAJEMEN DAN REKAYASA LALU LINTAS PEKERJAAN PEMBANGUNAN STASIUN INTEGRASI LRT-HSR HALIM PADA SEGMENT RUAS JALAN TOL JAKARTA-CIKAMPEK KM.1+280 S.D. 1+420 (<i>Rachmat Pamuji , Filki Suri Widyatami</i>)	87 – 105
ANALISIS PENYEBAB PEKERJAAN PERBAIKAN PENGECORAN PROYEK X DENGAN PARETO CHART (<i>Ryobi Irfanto</i>)	106 – 117

STUDI OPTIMASI POLA OPERASI PINTU BENDUNGAN CIAWI SEBAGAI FUNGSI PENGENDALIAN BANJIR (<i>Mahlil, Teddy Wartono Sudinda</i>)	118 - 139
ANALISA POTENSI LIKUIFAKSI KOTA PALU MENGGUNAKAN METODE KUALITATIF DAN KUANTITATIF (<i>Rizky Johan Adi Pratama, Krisnamurti, Luthfi Amri Wicaksono</i>)	140 - 151
PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR MRF DAN CBF TERHADAP GEMPA PADA GEDUNG PERKANTORAN SURABAYA (<i>Adi Nugroho Santoso, Sumaidi</i>)	152 - 165
PREDIKSI PENURUNAN TIMBUNAN JALAN STUDI KASUS: PENANGANAN DENGAN PRE-LOADING DI TEBING TINGGI, SUMATERA UTARA (<i>Bartholomeus, Humisar Pasaribu</i>)	166 - 184

THE ANALYSIS CAUSE OF CASTING REPAIR WORK WITH PARETO CHART IN PROJECT X

Ryobi Irfanto^[1]

^[1] Lecturer, Civil Engineering Department, Universitas Kristen Krida Wacana, Indonesia
Email: ryobi.irfanto@ukrida.ac.id

Received: 08 February 2022 / **Accepted:** 11 March 2022

DOI [10.28932/jts.v18i1.4485](https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.4485)

How to cited this article:

Irfanto, R., (2022). Analisis Penyebab Pekerjaan Perbaikan Pengecoran Proyek X dengan Pareto Chart. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 106–117. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.4485>

ABSTRACT

Construction projects are inseparable from their unique management. The unique management of construction projects makes it difficult to maintain their quality. One of the tools to measure quality in project management is the Pareto chart. Pareto chart is a statistical technique that is usually used for decision making based on the frequency of events compared to the causes of events. This research was conducted to analyze the causes of repair work on project X by using Pareto chart. The conceptual framework used in this study is based on two approaches, namely literature and field observations. The main literature for analysis is the Pareto chart then field data collection on each component first which is then categorized based on the type of work. After the data is categorized, a Pareto chart will be made from the data. The processing results obtained two dominant types of errors in the casting work, namely cracks and unevenness of the casting results. Cracks and unevenness of the casting results can be overcome by the chipping method then followed by grouting if necessary. The chipping method is used to repair porous concrete or flatten the casting if it swells, and the grouting method to fill cracks and chipping results with a mixture of cement and water until the surface becomes flat and the casting work results are better.

Keywords: Cause of Repair, Pareto Chart, Casting Repair

ANALISIS PENYEBAB PEKERJAAN PERBAIKAN PENGECORAN PROYEK X DENGAN PARETO CHART

ABSTRAK

Proyek konstruksi tidak terlepas dari pengelolaannya yang unik. Pengelolaan proyek konstruksi yang unik membuat kesulitan dalam menjaga mutunya. Salah satu alat untuk mengukur mutu pada pengelolaan proyek adalah *Pareto chart*. *Pareto chart* adalah teknik statistik yang biasanya digunakan untuk pengambilan keputusan yang didasari oleh frekuensi kejadian dibandingkan dengan penyebab kejadian. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa penyebab pekerjaan perbaikan pada proyek X dengan menggunakan *Pareto chart*. Kerangka konseptual yang digunakan pada penelitian ini didasari oleh dua pendekatan, yakni literatur dan pengamatan lapangan. Literatur utama untuk analisa adalah *Pareto chart* kemudian pengambilan data lapangan pada tiap komponen terlebih dahulu yang selanjutnya dikategorikan berdasarkan jenis pekerjaannya. Setelah data tersebut terkategori maka dibuat *Pareto chart* dari data tersebut. Hasil pengolahan didapatkan dua jenis kesalahan yang dominan pada pekerjaan pengecoran, yakni keretakan dan ketidakrataan hasil pengecoran. Keretakan dan ketidakrataan hasil pengecoran dapat diatasi dengan metoda *chipping* dilanjutkan dengan *grouting* jika diperlukan. Metode *chipping* digunakan untuk memperbaiki beton yang keropos atau meratakan hasil pengecoran jika menggelembung, dan metoda *grouting* untuk mengisi keretakan maupun hasil *chipping* dengan campuran semen dan air hingga permukaan menjadi rata dan hasil pekerjaan pengecoran menjadi lebih baik.

Kata kunci: Penyebab Repair, Pareto Chart, Repair Hasil Pengecoran

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi bersifat unik antara satu proyek dan yang lainnya dan juga bersifat memiliki batas waktu tertentu (Project Management Institute, 2008). Keunikan proyek tersebut membuat pengelolaan proyek menjadi sulit. Pengelolaan proyek juga bergantung dari tiga aspek, yakni biaya, mutu, dan waktu. (Setiawan, Dwivania, & Sunaris, 2019).

Menurut Behnam (2017) salah satu alat untuk mengukur mutu pada pengelolaan organisasi adalah *Pareto chart*. *Pareto chart* adalah teknik statistik yang biasanya digunakan untuk pengambilan keputusan yang didasari oleh frekuensi kejadian dibandingkan dengan penyebab kejadian. *Pareto chart* yang sudah dibuat kemudian dianalisa dan digunakan untuk pemilihan beberapa penyebab yang akan memberikan dampak yang signifikan (Talib, 2010). Beberapa jenis *Pareto chart* yang ada pada proyek adalah 80% kejadian disebabkan oleh 20% penyebab.

Struktur beton adalah bahan bangunan yang paling umum digunakan karena daya tahannya yang baik, yang telah digunakan untuk membangun sejumlah besar konstruksi dari rumah hingga jembatan selama bertahun-tahun. Struktur beton yang sering digunakan juga tidak terlepas dari pekerjaan perbaikan yang dikarenakan berbagai macam faktor seperti kesalahan dalam perhitungan atau perencanaan awal, kesalahan manusia (*human error*) pada saat pelaksanaan, faktor biaya, dan bencana alam (Agustinus & Lesmana, 2019). Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya kebutuhan untuk perbaikan struktur telah menyebabkan pembengkakan biaya. Biaya perbaikan beton diperkirakan hingga 25-30% dari total pengeluaran pekerjaan konstruksi (Tetteh, 2020).

Sjafei Amri (2006) menjelaskan bahwa definisi perbaikan (*repair*) adalah suatu usaha untuk mengembalikan kinerja bangunan atau komponen kepada keadaan awalnya, untuk memenuhi standar yang telah ditentukan agar kualitas bangunan yang dihasilkan bagus. Pekerjaan perbaikan pada beton ini dilakukan guna untuk mempertahankan kekuatan struktural bangunan dan menjaga hasil akhir agar tetap terjaga mutunya.

Tinjauan proyek untuk penelitian adalah Proyek X yang berada di wilayah Jakarta Pusat. Proyek tersebut adalah proyek pembangunan gedung perkantoran dengan rincian 8 lantai dan 2 *basement* yang didominasi oleh struktur beton pada konstruksinya. Pada proyek ini nilai pekerjaan struktur yang didominasi oleh pekerjaan kolom, balok, lantai, *shear wall concrete* memiliki nilai \pm Rp 35.000.000.000,- dari nilai keseluruhan proyek \pm Rp 79.000.000.000,- atau 44,3% dari total nilai proyek.

Penelitian ini akan mengaplikasikan *Pareto chart* untuk menemukan penyebab utama terjadinya pekerjaan perbaikan pada pekerjaan pengecoran beton. Tujuannya adalah

mengetahui frekuensi pekerjaan perbaikan pada setiap komponen pekerjaan pada Proyek X. Identifikasi pekerjaan perbaikan pengecoran untuk struktur beton tersebut nantinya akan menjadi acuan untuk menganalisa perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki hasil pengecoran yang tidak sesuai.

2. KERANGKA KONSEPTUAL DAN LITERATUR

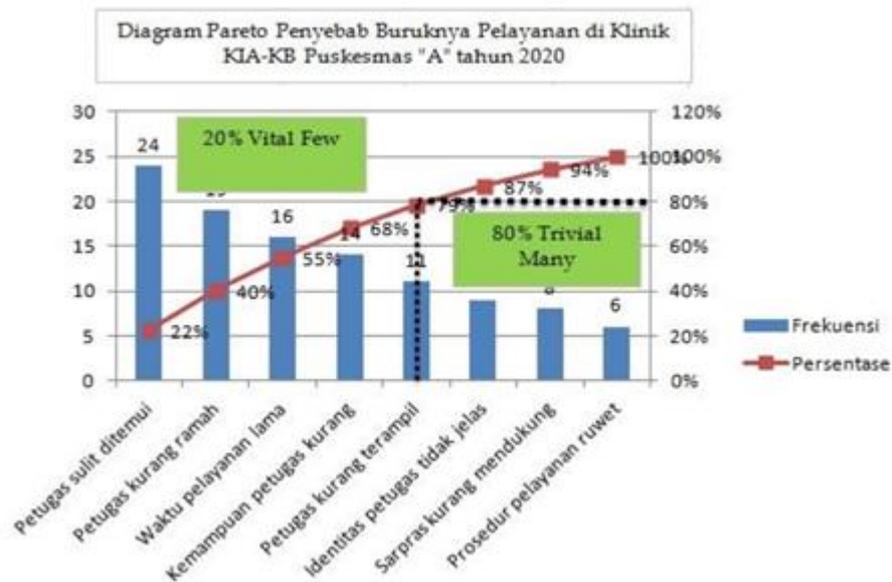
2.1. Pustaka Acuan

2.1.1. Pareto Chart

Pareto chart merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan. *Pareto chart* ditemukan oleh ilmuwan Vilfredo Federico Damaso Pareto yang mengemukakan suatu perbandingan 80:20 dimana hasil tersebut didapatkan dari penelitian sosial-ekonomi pada masyarakat atau bangsawan Italia, yang berkesimpulan bahwa 80% kekayaan di Italia dikuasai oleh elit yang jumlahnya tidak lebih dari 20% (Sunarto & Nugroho, 2020).

Prinsip *Pareto* 80:20 bukan merupakan prinsip mutlak, namun sebagai acuan awal dalam pembuatan *Pareto chart*. Hal ini didukung oleh penjelasan dari Sunarto (2020), yakni metoda 80:20 adalah hipotesis awal yang kemudian akan dikumpulkan fakta sehingga hubungan sebenarnya bisa terungkap. *Pareto* adalah prosedur empiris sehingga dapat memberikan beberapa hasil lainnya seperti 50:50 hingga 99,9:0,1. Jika hasilnya memang menunjukkan ketidakseimbangan yang mencolok antara input dan output (katakanlah hubungan 65/35 atau yang lebih tidak seimbang), maka perlu diambil tindakan untuk perbaikan.

Pareto chart berisikan grafik batang (*bars graph*) dan grafik garis (*line graph*). Grafik batang menunjukkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan grafik garis menunjukkan jumlah kumulatif data. Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan dari peringkat tertinggi ke peringkat terendah. Peringkat tertinggi merupakan prioritas atau masalah terpenting yang perlu segera ditangani, sedangkan peringkat terendah adalah masalah yang tidak perlu segera ditangani. *Pareto chart* mengidentifikasi 2 hal yakni, 20% penyebab masalah vital (*Vital few*) untuk mewujudkan 80% perbaikan secara keseluruhan (*Trivial Many*) (Sunarto & Nugroho, 2020). Berikut adalah contoh gambaran *Pareto chart* (Gambar 1).



Gambar 1. Contoh *Pareto Chart* (Sunarto & Nugroho, 2020)

2.1.2. Pembuatan *Pareto Chart*

Penggunaan *Pareto chart* menurut Tague (2005) untuk menganalisa data tentang frekuensi masalah dan penyebab sehingga dapat disimpulkan penyebab utama dari keseluruhan permasalahan. Pembuatan *Pareto chart* mengikuti arahan yang dibuat oleh Tague (2005):

1. Menentukan kategori pengelompokan berdasarkan objek analisa.
2. Menentukan pengukuran yang tepat. Pengukuran yang umum adalah frekuensi, kuantitas, biaya, atau waktu.
3. Mengumpulkan data sesuai pengukuran yang tepat. Dapat mengolah data jika sudah ada.
4. Menghitung dan mengolah data pada langkah 3, kemudian dikelompokkan dalam kategori yang telah ditentukan pada langkah 1.
5. Menentukan skala yang sesuai untuk pengukuran yang telah dikumpulkan kemudian dibuat dalam bentuk tabel dan diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil.
6. Menghitung nilai kumulatif dan persentase kumulatif dari seluruh nilai kategori yang telah diurutkan sebelumnya.
7. Membuat *Pareto chart* dengan diagram batang adalah nilai frekuensi dan diagram garis adalah persentase kumulatif.

8. Menganalisa hasil tersebut dan dari *Pareto chart* akan terlihat penyebab utama berdasarkan kategori yang telah dikelompokkan dari langkah 1.

2.1.3. Studi *Pareto Chart* pada Proyek Konstruksi

Studi literatur yang dilakukan oleh Moon, dkk. (2015) menyimpulkan bahwa upaya pengendalian dalam proyek konstruksi perlu fokus pada faktor-faktor penting yang dipilih untuk meningkatkan efisiensi dan kesuksesannya oleh karena itu perlunya digunakan prinsip analisis *Pareto* pada proyek konstruksi. Penekanan dari analisis *Pareto* adalah identifikasi penyebab utama dan memberikan gambaran diagram *Pareto*.

Penelitian mengenai analisa *Pareto* pada proyek konstruksi perihal kendala produktivitas dan teknik peningkatan dalam industri konstruksi dilakukan oleh Durdvey dan Ismail (2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi produktivitas pada pengaruh terhadap pembiayaan proyek tertinggi disebabkan oleh pekerjaan perbaikan.

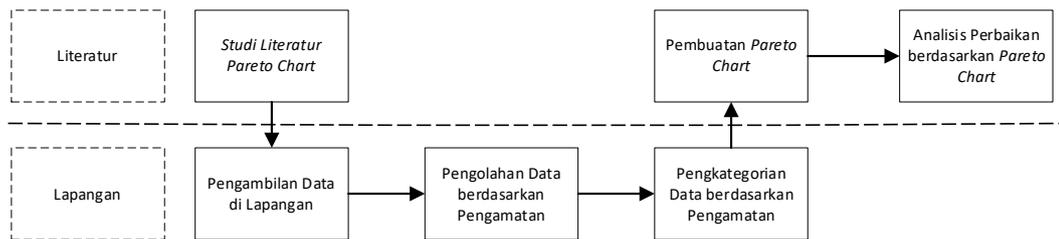
Studi analisis *Pareto* pada konstruksi yang terbaru dilakukan oleh Hedao, dkk. (2021) adalah mengidentifikasi permasalahan kritis di Industri konstruksi menggunakan *Pareto*. Studi tersebut melakukan analisa *Pareto* pada 5 hal yakni ketidaksesuaian penggunaan anggaran proyek, sisa material, teknik pengecoran yang tidak tepat, buruknya K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja), dan ketidakefektifan penggunaan sumber daya. Teknik pengecoran yang tidak tepat pada penelitian ini membagi kepada 4 hal, yakni masalah pekerja, masalah bekisting, masalah kolom dan balok, dan masalah pembesian.

Berdasarkan ketiga jurnal terdahulu banyak peluang penelitian lebih dalam lagi mengenai analisis *Pareto* pada proyek konstruksi karena masih banyak sekali hal yang dapat diidentifikasi dengan *Pareto*.

2.2. Kerangka Konseptual

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini yaitu analisis pekerjaan perbaikan hasil pengecoran dengan *Pareto chart* maka konsep pemikiran awalnya adalah mengidentifikasi dahulu cara membuat *Pareto chart*. Hal ini dilakukan dengan cara studi literatur terlebih dahulu mengenai teori *Pareto* dan pemanfaatannya. Kemudian menentukan objek pengamatan Proyek X, selanjutnya melakukan pengamatan lapangan proyek tersebut. Proyek X merupakan proyek pembangunan gedung 8 lantai + 2 *basement* yang berlokasi di Kota Jakarta Pusat. Hasil pengamatan berupa data frekuensi kejadian yang menyebabkan

perlu dilakukan pekerjaan perbaikan. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel sebelum nantinya akan dikategorikan untuk beberapa pekerjaan yang serupa namun pada lokasi/jenis pekerjaan yang berbeda. Setelah pengkategorian berdasarkan penyebab kendala yang harus diperbaiki maka akan dibuat *Pareto chart* untuk melihat pekerjaan yang dominan dan persentase berdasarkan penyebab yang telah dikategorikan pada pekerjaan perbaikan di Proyek X. Terakhir akan dilakukan analisis cara untuk memperbaiki berdasarkan literatur untuk permasalahan pada hasil pengecoran. Kerangka konseptual seperti pada Gambar 2.



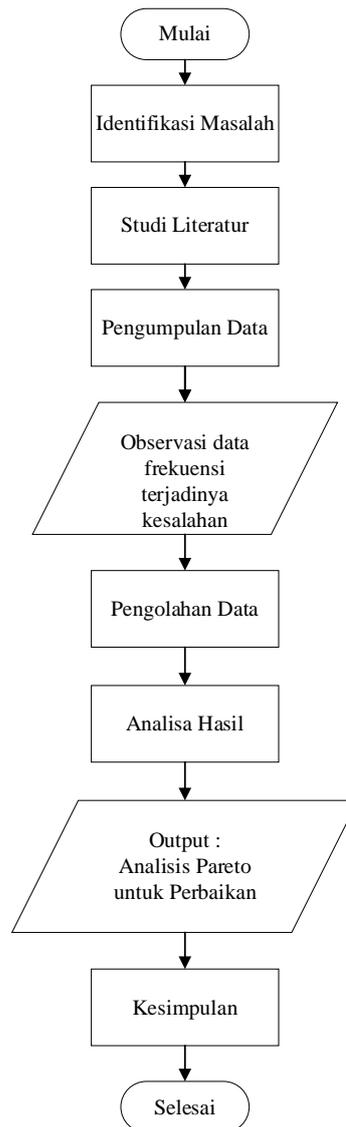
Gambar 2. Kerangka Konseptual Penelitian.

2.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan melakukan studi kasus observasi pada proyek X yang berada di daerah Jakarta Pusat. Gambar diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan mengenai adanya pekerjaan perbaikan pada proyek X. Pada penelitian ini permasalahan tersebut difokuskan pada pekerjaan hasil pengecoran karena 44,3% dari total nilai proyek X tersebut merupakan pekerjaan kolom, balok, pelat, dan *shearwall concrete*. Setelah identifikasi masalah ditemukan, maka dilakukan studi literatur mengenai diagram *Pareto* dan penggunaannya pada pekerjaan konstruksi lainnya, kemudian melakukan pengumpulan data dengan observasi lapangan untuk mengambil data frekuensi terjadinya kesalahan pada hasil pengecoran yang perlu diperbaiki pada tiap komponen pekerjaannya. Selanjutnya dilakukan pengolahan data terhadap hasil hingga didapatkan gambaran diagram *Pareto* yang sudah dikategorikan berdasarkan pekerjaan hasil pengecorannya tanpa melihat komponen dan berfokus pada jenis kesalahannya.

Analisa hasil dilakukan untuk mengetahui jenis kesalahan yang paling dominan terjadi dan memilah menggunakan prinsip *Pareto* sehingga didapatkan solusi untuk penyelesaian perbaikannya. Setelah analisa dilakukan, diambil kesimpulan hasil identifikasi dengan diagram *Pareto* dan juga solusi untuk mengatasi kesalahan tersebut.



Gambar 3. Diagram Alir Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengolahan Data Lapangan

Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi lapangan pada pekerjaan perbaikan akibat pengecoran didapatkan bahwa terdapat 11 item pekerjaan hasil pengecoran yang memerlukan perbaikan. Jenis pekerjaan tersebut adalah keretakan pada kolom, ketidakrataan sudut balok, ketidakrataan *retaining wall*, kebocoran *retaining wall*, pembengkakan balok, *laitance* sudut balok, ketidakrataan lantai, pembengkakan *soffit* lantai, celah pada *retaining wall*, keretakan balok, ketidakrataan sambungan *ramp*. Hasil pengamatan terhadap frekuensi kejadian tersebut didapatkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Frekuensi Pekerjaan Perbaikan Hasil Pengecoran.

No	Jenis Pekerjaan	Frekuensi
1	Keretakan pada kolom	72
2	Ketidakrataan sudut balok	38
3	Ketidakrataan <i>retaining wall</i>	24
4	Kebocoran <i>retaining wall</i>	15
5	Pembengkakan balok	10
6	Pembengkakan <i>soffit</i> lantai	9
7	<i>Laitance</i> sudut balok	8
8	Ketidakrataan lantai	6
9	Celah pada <i>retaining wall</i>	3
10	Keretakan balok	3
11	Ketidakrataan sambungan <i>ramp</i>	2

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa terdapat kejadian yang dapat dikategorikan sama seperti keretakan kolom dan keretakan balok, kemudian ketidakrataan pada beberapa tempat, serta pembengkakan beton. Hasil dari penggabungan beberapa jenis pekerjaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengkategorian Pekerjaan Perbaikan Hasil Pengecoran

No	Jenis Pekerjaan	Frekuensi
1	Keretakan	75
2	Ketidakrataan	70
3	Pembengkakan	19
4	Kebocoran	15
5	<i>Laitance</i> sudut balok	8
6	Celah pada <i>retaining wall</i>	3

Pada hasil Tabel 2 dapat dilihat bahwa kejadian paling banyak terjadi adalah keretakan hasil pengecoran dan ketidakrataan hasil pengecoran. Setelah didapatkan hasil tersebut maka dapat dibuat Pareto chart untuk menganalisa pekerjaan perbaikan.

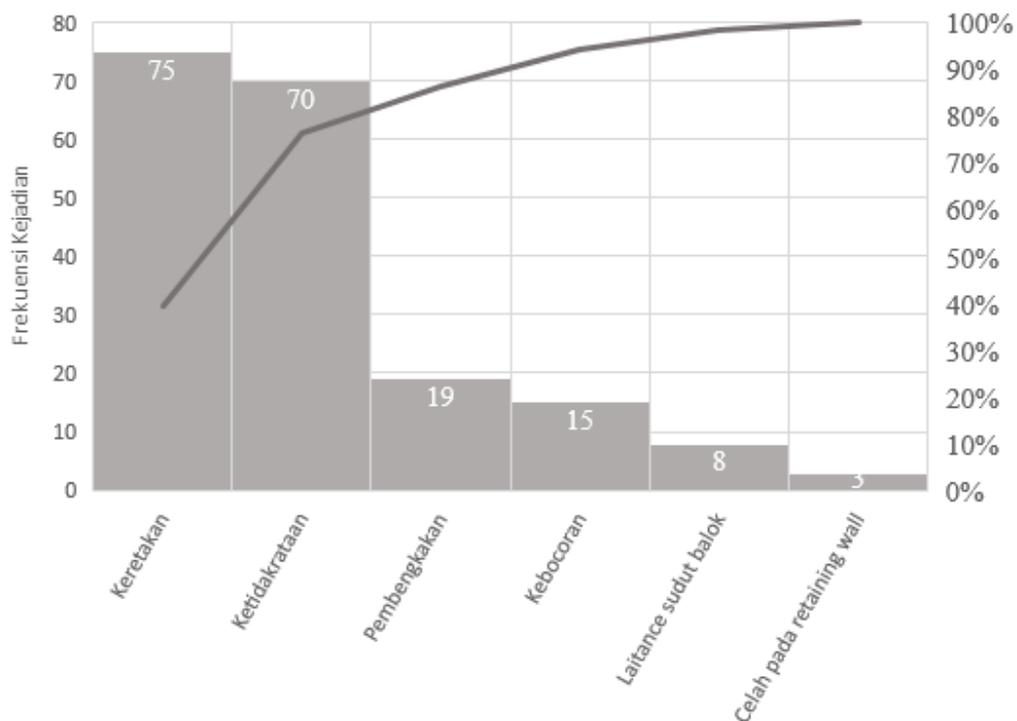
Langkah untuk menganalisis dengan Pareto chart diawali dari perhitungan frekuensi kumulatif, selanjutnya menghitung persentase kumulatif, dan terakhir membuat grafik Pareto. Hasil pengolahan perhitungan kumulatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa kejadian yang paling banyak terjadi adalah keretakan yang mencapai 39,47%, kemudian ketidakrataan 36,84%, pembengkakan 10%, kebocoran 7,89%, *laitance* 4,21% dan celah pada *retaining wall* 1,58% terhadap keseluruhan kejadian kesalahan pengecoran yang terjadi pada proyek X sebanyak 190 kali. Tabel 3

kemudian diolah hingga menjadi grafik Pareto. Gambaran grafik Pareto tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data Perhitungan *Pareto chart*.

No	Jenis Pekerjaan	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Keretakan	75	75	39,47%	39,47%
2	Ketidakrataan	70	145	36,84%	76,32%
3	Pembengkakan	19	164	10,00%	84,21%
4	Kebocoran	15	179	7,89%	94,21%
5	<i>Laitance</i> sudut balok	8	187	4,21%	98,42%
6	Celah pada <i>retaining wall</i>	3	190	1,58%	100,00%



Gambar 4. *Pareto chart* Penyebab Perbaikan Pekerjaan Pengecoran

Mengikuti prinsip *Pareto* untuk mengidentifikasi 80% persentase penyebab didapatkan bahwa terdapat dua penyebab yang berada pada *range* mendekati 80% yakni 76,32%. Penyebab perbaikan tersebut adalah keretakan dan ketidakrataan. Hal ini menunjukkan bahwa dari 6 kategori penyebab pekerjaan perbaikan, hanya 2 kategori saja yang mendominasi atau 33,33% kategori.

3.2. Analisis Pareto Chart Untuk Perbaikan

Berdasarkan hasil yang didapat pada pengolahan data terdapat dua penyebab yang frekuensinya paling sering terjadi dan mempengaruhi hasil pengecoran yakni keretakan dan ketidokrataan. Keretakan menurut Daniel Alfredo (2014) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit. Penyebab keretakan itu sendiri sangat beragam. Beberapa contoh penyebab keretakan adalah kesalahan pada proses *curing*, kelebihan beban saat pengecoran, faktor cuaca, dst. Keretakan yang terjadi pada penelitian ini adalah keretakan non-struktural dikarenakan tidak mempengaruhi hasil pengecoran bukan akibat pembebanan. Ketidokrataan pada penelitian ini dikenal juga sebagai *void*. *Void* menurut Daniel Alfredo (2014) adalah lubang-lubang pada beton. *Void* pada beton biasanya dikarenakan pemadatan yang dilakukan dengan *vibrator* kurang baik, jarak antar bekisting-tulangan ataupun tulangan-tulangan terlalu sempit sehingga mortar tidak bisa mengisi rongga antara agregat kasar dengan baik.

Keretakan dan ketidokrataan dapat diperbaiki dengan metoda *chipping* kemudian dilanjutkan dengan *grouting*. Metode *chipping* dilakukan untuk memperbaiki beton yang keropos, vertikaliti kolom yang kurang baik dan ketidokrataan balok yang kurang baik atau menggelembung, dengan melakukan *cutting* pada ukuran dimensi yang berlebih pada permukaan beton. *Chipping* juga biasanya digunakan pada awal pekerjaan perbaikan jika diperlukan pengisian material lainnya untuk meratakan permukaan hasil pengecoran yang sudah mengeras (Five Star Product Inc., 2012). Jika terdapat keretakan yang cukup dalam maka dilakukan perbaikan dengan metode *grouting*. Metode *grout* dilakukan untuk memperbaiki permukaan beton yang terlihat adanya keretakan dalam maupun dari luar. Injeksi pada *grout* adalah proses memberikan semen dimana campuran semen dan air disuntikkan dengan tekanan ke dalam rongga kemudian campuran tersebut memadat dan menutup rongga tersebut sehingga keretakan maupun ketidokrataan dapat diperbaiki (Five Star Product Inc., 2012).

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah identifikasi penyebab pekerjaan perbaikan pada hasil pengecoran dengan *Pareto chart* yang dilakukan pada Proyek X menunjukkan terdapat dua penyebab pekerjaan perbaikan, yakni keretakan dan ketidokrataan hasil pengecoran. Kedua penyebab tersebut memiliki persentase 76,32% dari total keseluruhan frekuensi terjadinya kesalahan pada hasil pengecoran. Kedua penyebab tersebut juga menunjukkan dari 6 kategori penyebab pekerjaan perbaikan hanya 2 kategori saja yang mendominasi atau 33,33% kategori. Keretakan dan ketidokrataan dapat

diperbaiki dengan metoda *chipping* kemudian dilanjutkan dengan *grouting* agar hasil pengecoran menjadi baik.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan acuan alat manajemen mutu lainnya yang mendukung penelitian ini selain *Pareto Chart* seperti *Histogram*, grafik *Control Limit*, *Fishbone* diagram, dan lainnya. Selain itu dapat mengganti objek pengamatan selain dari pada pekerjaan pengecoran, yakni pekerjaan pembesian ataupun pekerjaan arsitektural.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak pengurus Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha untuk kesempatan publikasinya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Yurika dan Livia yang telah membantu dalam pengumpulan data, tidak terluca Universitas Kristen Krida Wacana yang telah membantu dukungan finansial terhadap penelitian ini, dan Proyek X yang telah mengijinkan proyeknya untuk diamati secara langsung dalam pengumpulan data.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus, S., & Lesmana, C. (2019). Perbandingan Analisis Perkuatan Struktur Pelat dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Volume 15 Nomor 1*, 1-25.
- Alfredo, D., Hutomo, K., Sudjarwo, P., & Buntoro, J. (2014). Analisa Penyebab dan Metode Perbaikan yang Tepat pada Beton yang disebabkan oleh Faktor Non-Struktural. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 1-5.
- Amri, S. (2006). *Teknologi Audit, Repair dan Retrofit untuk Rumah dan Bangunan*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech.
- Durdyev, S., & Ismail, S. (2012). Pareto analysis of on-site productivity constraints and improvement techniques in construction industry. *Scientific Research and Essays Vol. 7(7)*, 824-833.
- Five Star Product Inc. (2012). *A Professional's Guide to Grouting and Concrete Repair*. Five Star Product Inc.
- Hedaoo, D. N., Jain, H., Kabra, M., & Chhajed, S. (2021). Identifying Critical Issues in Construction Industry Using Pareto Analysis. *International Journal for Science and Advance Research in Technology Volume 7 Issue 1*, 1-4.
- Moon, S., Lopez, R., Forlani, J., Xu, S., & Wang, X. (2015). Applying Pareto Principle to Process Control in Construction. *International Conference on Innovative Production and Construction*, (pp. 129-132). Perth.
- Neyestani, B. (2017). *Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Quality Techniques for Solving Quality Problem in the Organization*. doi: 10.5281/zenodo.400832.
- Project Management Institute. (2008). *A Guide to Project Management Body of Knowledge 4th Ed.*
- Setiawan, A. F., Dwivania, N., & Sunaris, M. L. (2019). Analisis Keterlambatan Pengiriman Material Beton (Studi Kasus Proyek Breeze Tower, Bintaro PT. Tatamulia Nusantara Indah). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha Volume 15 Nomor 1*, 26-35.
- Sunarto, & Nugroho, H. S. (2020). *Buku Saku Analisis Pareto*. Surabaya: Prodi Kebidanan Magetan Politeknik Kemenkes.
- Tague, N. R. (2005). *The Quality Toolbox (2nd Edition)*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Talib, F. R. (2010). Pareto analysis of total quality management factors critical to success for service industries. *International journal for quality research Vol. 2* , 155-168.
- Tetteh, A. R. (2020). Repair of Cracks on Concrete Structures. *International Journal of Science and Research, Vol. 9 Issue 4*, 82-92.