

PERBANDINGAN ELEMEN STRUKTUR YANG DICETAK DENGAN BEKISTING ALUMINIUM DAN KONVENSIONAL DENGAN METODE SIX SIGMA

Comparison of Structural Element Molded with Aluminium and Conventional Formwork Using Six sigma Method

Zaidhan Ramadhani Atidaputra^{1*)}, Muhammad Rakha Nugraha Azka²,
Febri Fahmi Hakim³, Julmadian Abda⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum,
Semarang, Indonesia

^{*)}Korespondensi: zaidhanrama1810@gmail.com

ABSTRAK

Bekisting konvensional untuk saat ini masih menjadi pilihan terbanyak bagi pelaksana industri konstruksi di Indonesia. Namun dengan perkembangan metode konstruksi, metode bekisting konvensional mulai digantikan dengan metode bekisting lainnya, penggunaan bekisting konvensional mulai digantikan dengan metode bekisting lain seperti bekisting aluminium. Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara bekisting aluminium dan bekisting konvensional dari segi mutu beton yang dihasilkan menggunakan metode *six sigma*. Objek pada penelitian ini adalah pekerjaan pemasangan bekisting lantai 10 sampai 12 pada Tower 2 dan Tower 3 di Proyek Pembangunan Rumah Susun proyek X di IKN. Hasil dari analisis terhadap mutu yang dihasilkan dari bekisting aluminium didapatkan nilai 4,6 *sigma* sehingga telah mencapai standarisasi kualitas industri USA, dan untuk analisis terhadap mutu yang dihasilkan dari bekisting konvensional didapatkan nilai 3,49 *sigma* sehingga telah mencapai standarisasi kualitas industri Indonesia tingkat atas. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa bekisting aluminium lebih unggul daripada bekisting konvensional dalam menghasilkan kualitas beton yang lebih kompetitif.

Kata kunci: *Aluminium, Bekisting, Konvensional, Mutu, Six sigma*

ABSTRACT

Conventional formwork is currently still the most popular choice for construction industry implementers in Indonesia. However, with the development of construction methods, conventional formwork methods began to be replaced by other formwork methods, such as aluminum formwork. In general, this study aims to find out the comparison between aluminum formwork and conventional formwork in terms of the quality of the concrete produced using six sigma method. The object of this study is the installation of formwork on the 10th to 12th floors in Tower 2 and Tower 3 in the Flats Construction Project of Project X in IKN. The results of the analysis of the quality produced from aluminum formwork obtained a value of 4.6 sigma so it has reached the standardization of the quality of the USA industry. For the analysis of the quality produced from conventional formwork, a value of 3.49 sigma was obtained so that it has reached the top level of Indonesia's industrial quality standardization. From the study, it can be concluded that aluminum formwork is superior to conventional formwork in producing more competitive concrete quality.

Keywords: *Aluminium, Formwork, Conventional, Quality, Six sigma*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi di era sekarang, industri konstruksi juga ikut mengalami kemajuan yang pesat. Hal ini ditandai dengan adanya beragam metode pelaksanaan dan manajemen konstruksi, serta berbagai jenis material dan teknologi modern guna menunjang pelaksanaan konstruksi. Terdapat berbagai teknologi yang telah dikembangkan untuk

kemajuan dunia konstruksi diantaranya adalah untuk komponen bekisting. Bekisting merupakan cetakan pembentuk struktur beton saat pengecoran yang dirakit berdasarkan ukuran, bentuk, posisi, dan keselarasan yang diinginkan[1]. Diperkirakan juga harus kuat untuk menopang beratnya sendiri, berat beton basah, serta beban hidup di atasnya hingga bekisting dapat dilepas.

Bekisting merupakan salah satu komponen yang penting dalam pekerjaan struktur, bekisting memiliki banyak peluang untuk dikembangkan dikarenakan fabrikasi bekisting dapat menyumbang biaya hingga sebesar 20% - 25% dari total biaya pekerjaan struktur[2]. Maka dari itu perencanaan bekisting harus dipertimbangkan agar memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis, harus efisien, kokoh, tidak dapat dideformasi, memenuhi persyaratan permukaan, kedap air, mudah dipasang dan dibongkar.

Pemilihan bekisting juga tidak boleh asal-asalan karena dapat memengaruhi biaya, waktu pelaksanaan, dan kualitas yang dihasilkan[3]. Maka dari itu harus dipikirkan secara matang pemilihan jenis bekisting yang paling cocok untuk sebuah proyek konstruksi agar dapat menekan biaya pengeluaran namun tetap menghasilkan kualitas hasil cetakan yang sesuai spesifikasi. Ada banyak jenis bekisting yang digunakan dalam pekerjaan proyek konstruksi, diantaranya adalah bekisting konvensional dan bekisting aluminium.

Bekisting konvensional merupakan suatu cetakan bekisting yang berbahan dasar balok kayu serta papan kayu atau multiplek[4]. Bekisting ini setelah dilepas dan dibongkar menjadi komponen yang terpisah dapat disusun kembali menjadi bentuk semula asal proses pembongkarannya dilakukan secara hati-hati, dan pemakaian berulangannya hanya dapat dilakukan beberapa kali saja. Untuk bentuk yang rumit, harus dilakukan pemotongan untuk menyesuaikan cetakan di lapangan.

Bekisting aluminium atau yang pada pembahasan yang berikutnya akan disebut sebagai bekisting *alform* merupakan salah satu perkembangan teknologi di bidang konstruksi, dimana bekisting ini dianggap menghasilkan kualitas beton yang lebih baik daripada penggunaan bekisting konvensional[5]. Selain itu bekisting aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan bekisting konvensional, yaitu tidak menghasilkan *waste material* dimana bekisting konvensional hanya dapat dipakai maksimal tiga hingga lima kali pemakaian sedangkan bekisting *alform* dapat dipakai secara berulang hingga ratusan kali.

Penggunaan bekisting *alform* juga diterapkan pada proyek yang dikaji pada penelitian kali ini, Walaupun terdapat 7 tower tidak semua menggunakan bekisting *alform* dikarenakan walaupun dianggap menghasilkan kualitas beton yang lebih baik daripada bekisting konvensional,

penggunaan bekisting *alform* dinilai cukup mahal apabila ketujuh tower menggunakannya secara bersamaan.

Chaitanya, (2021) pada paper yang ditulisnya menganggap bekisting *alform* memiliki kualitas *finishing* permukaan beton yang sangat baik, berbeda dengan bekisting konvensional yang dianggap menghasilkan kualitas *finishing* permukaan beton yang tidak memuaskan[6]. Namun seberapa jauh perbedaan kualitas beton yang dihasilkan oleh kedua bekisting ini sehingga kualitas beton hasil *alform* yang dinyatakan lebih baik tidak dijelaskan.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka pada penelitian ini akan menganalisis perbandingan antara penggunaan bekisting konvensional dengan bekisting *alform* dari segi kualitas beton yang dihasilkan pada kedua tower yang ditinjau. Diharapkan dengan dilakukannya penelitian menggunakan metode *six sigma* ini, dapat diketahui bekisting mana yang menghasilkan kualitas beton yang lebih kompetitif, dan apakah bekisting konvensional masih relevan dan layak digunakan saat ini.

METODE PENELITIAN

Tinjauan Umum

Berdasarkan ISO 9001, mutu didefinisikan sebagai segala suatu ciri dan atau karakteristik keseluruhan dari suatu produk yang dapat memengaruhi kepuasan pemakaian produk tersebut[7]. Dapat diartikan juga sebagai karakteristik dari suatu barang maupun jasa yang memperlihatkan kemampuan untuk memuaskan pelanggan baik secara tersurat maupun yang tersirat.

Dalam lingkup proyek, terdapat manajemen mutu yang merupakan faktor penting untuk memperoleh hasil akhir yang sesuai spesifikasi. Namun terkadang tak dapat dihindari juga adanya beberapa kecacatan pada produk, mulai dari kecacatan kecil yang bisa diabaikan, kecacatan yang memerlukan perbaikan, bahkan hingga yang memerlukan penggantian komponen yang mengalami kecacatan. Untuk mengetahui serta mengoptimalkan suatu tingkat mutu atau kualitas dari produk yang dihasilkan, salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *six sigma*[8]. Dengan adanya penerapan metode ini maka dapat kita ketahui sampai di tingkat mana kualitas atau mutu dan diharapkan dapat mengurangi cacat atau *defect* produk yang dihasilkan.

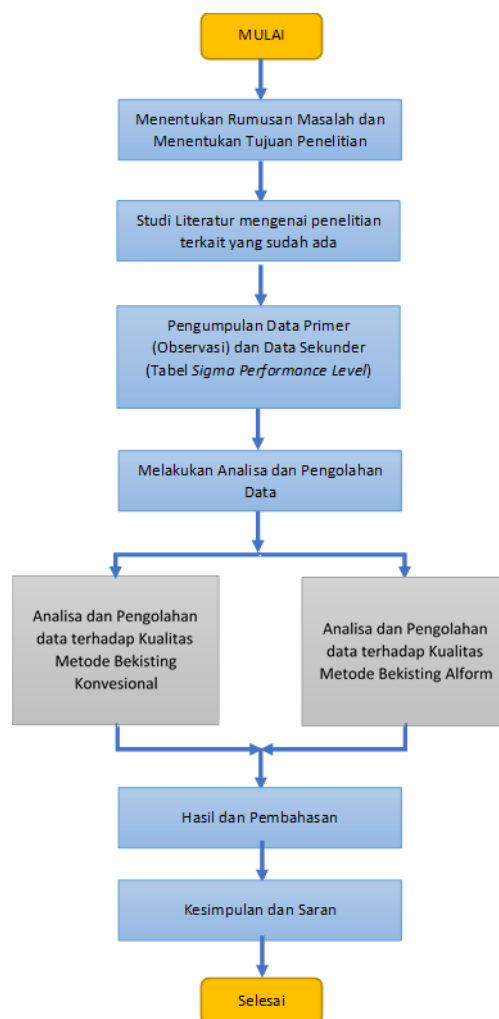
Prinsip metode *six sigma* pertama kali dikemukakan serta diimplementasikan oleh perusahaan Motorola pada tahun 1980[9]. Sejarah terciptanya prinsip *six sigma* ini sendiri lahir dimana perusahaan Motorola menerima *feedback* negatif dari para pelanggannya terhadap kecacatan produknya sama seperti banyak perusahaan Amerika lainnya. Bill Smith yang merupakan seorang insinyur serta ilmuwan di perusahaan tersebut lantas menciptakan sebuah metodologi yang dapat mengurangi jumlah kecacatan produk yang dihasilkan. Selanjutnya perusahaan Motorola menjalankan metode tersebut yang menjadi cikal bakal prinsip *six sigma* dengan Lima tahapan metodologi (Define, Measure, Analysis, Improve dan Control)[10]. Sebagai hasilnya, performa perusahaan Motorola meningkat secara drastis hingga meraih penghargaan Malcolm Baldrige Excellence pada tahun 1988.

Six sigma adalah Sebuah visi ataupun metode peningkatan kualitas menuju 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO - *Defect Per Million*

Opportunity) untuk setiap produk yang dihasilkan atau bisa juga dapat diartikan sebagai kegiatan atau aktivitas yang dilakukan sebagai upaya untuk menuju keunggulan (*Zero Defect - Kegagalan Nol*)[11].

Seperti yang telah dijelaskan diatas untuk memaksimalkan *output* dari prinsip *six sigma*, memerlukan pelaksanaan lima tahap atau fase yang biasa disebut fase DMAIC. Prosedur pelaksanaan metode *six sigma* secara berurutan yaitu *Define, Measure, Analysis, Improve*, serta *Control*. Namun pada penelitian yang dilakukan kali ini terutama yang hanya mencari nilai *sigma* suatu kualitas produk yang dihasilkan, hanya cukup melalui dua tahap penelitian untuk mendapat nilai *sigma*-nya. Fase yang dimaksud adalah fase *Define*, fase *Measure*, serta fase *Analysis*.

Alur analisis perbandingan yang akan dilakukan dapat digambarkan pada diagram alur penelitian sebagai berikut:



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Pengumpulan data dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Rumah Susun X di IKN pada 2 tower yang sedang dibangun. Sedangkan untuk waktu penelitian, dibutuhkan selama 2 bulan mulai dari bulan Juli hingga Agustus yang meliputi tinjauan pustaka hingga penyusunan kedalam jurnal.

Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung oleh pengumpul data atau penulis, untuk perolehan data primer didapatkan melalui observasi langsung di lapangan.

Observasi, merupakan kegiatan yang dilakukan seseorang mengenai sesuatu yang direncanakan ataupun yang tidak direncanakan, baik secara sepiantas ataupun dalam jangka waktu yang cukup panjang[12]. Pada penelitian ini observasi dilakukan untuk mengetahui data jumlah dan jenis *defect* apa yang dialami oleh komponen struktur dari hasil penggecoran menggunakan kedua bekisting yang ditinjau.

Perhitungan Analisis Mutu Yang Dihasilkan

Dengan analisis dan pengolahan data kualitas ini diharapkan dapat diketahui perbandingan atas kualitas beton atau komponen struktur yang dihasilkan dari metode bekisting yang berbeda. Adapun dasar dalam pengolahan data kualitas komponen struktur sebagai berikut:

Tahap awal pada metode *six sigma* ini dimulai dari Fase *Define*. Fase ini memfokuskan pada menentukan keadaan sekarang dengan membuat problem statement yang menspesifikasikan apa

yang akan di tingkatkan[13]. Dalam menentukan atau mendefinisikan masalah ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah harus spesifik mendeskripsikan suatu masalah seperti apa yang salah dan harus menyajikan bukti-bukti dan suatu masalah yang diperoleh dari pihak terkait. Seperti contohnya permukaan komponen struktur mengalami keropos, retak, dan bahkan komponen struktur tidak simetris atau terjadi penyimpangan dimensi

Tahap selanjutnya pada pengimplementasian metode *six sigma* adalah fase *Measure*. Pada fase ini hal yang perlu dilakukan adalah pengukuran tingkat cacat serta kemampuan suatu proses, sehingga pada tahap atau fase inilah akan dapat terlihat jelas terhadap suatu proses yang akan di tingkatkan kualitasnya. Dalam fase ini terdapat hal yang perlu dilakukan yaitu, pengukuran hasil pekerjaan dengan menggunakan pengukuran level *sigma*. Fase ini diawali dengan menghitung nilai *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) yang merupakan suatu ukuran kegagalan dalam program peningkatan kualitas *Six sigma* yang menunjukkan kegagalan per satu juta kesempatan[11]. Adapun rumus persamaan untuk mencari nilai DPMO adalah sebagai berikut :

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Jumlah Produk}} \times 1.000.000$$

Untuk mengetahui seberapa besar *baseline* kinerja suatu proses yang diamati maka perlu diketahui berada di level *six sigma* berapa suatu produk atau proses tersebut dengan cara mengonversikan nilai DPMO kedalam *Six sigma Conversion Table*[14]. Dengan begitu dapat diketahui tingkat kualitas beton yang dihasilkan sehingga dapat diketahui jenis bekisting mana yang lebih menghasilkan kualitas beton yang lebih tinggi

Tabel 1. *Sigma Performance Level*

Persentase yang memenuhi spesifikasi (percentage yield)	DPMO	Level Sigma	Keterangan
31 %	691.462	1-sigma	Sangat tidak kompetitif
69.20 %	308.538	2-sigma	Rata-rata industri Indonesia
93.32 %	66.807	3-sigma	
99.379 %	6.210	4-sigma	Rata-rata industri USA
99.977 %	233	5-sigma	
99.9997 %	3,4	6-sigma	Industri kelas dunia

Sumber: V. Gaspersz, 2002

Bisa dilihat dari tabel, *sigma* level 1 menunjukkan toleransi *defects per million opportunities* sebanyak 690.000 dengan persentase *yield* sebesar 31% terhadap suatu proses. Sedangkan *sigma* level 6 hanya mentolerir *defects per million opportunities* sebanyak 3,4 dengan persentase *yield* sebesar 99,9997%. Arti *yield* dalam *six sigma* sendiri mendefinisikan seberapa banyak persentase dari sebuah produk atau jasa yang dihsailkan dengan memenuhi spesifikasi. Apabila nilai DPMO berada diantara nilai atas dan bawah, maka diperlukan interpolasi terhadap data yang didapat untuk menghasilkan nilai yang lebih akurat, dengan menggunakan persamaan seperti di berikut :

$$Y = Y1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} \times (Y2 - Y1)$$

Tahap selanjutnya pada fase Analyze akan dibuat diagram *pareto*. *Pareto* merupakan grafik yang menunjukkan masalah berdasarkan frekuensi jumlah kejadian, dalam hal ini kecacatan ataupun *defect* pada elemen struktural. Dengan diketahuinya jumlah frekuensi kejadian, maka diagram ini juga dapat menentukan dimana harus memprioritaskan suatu perihal yang mempunyai dampak paling besar terhadap kualitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fase Define

Pada fase pengelompokan cacat atau fase define ini merupakan tahap pertama dalam mencari nilai *six sigma*, dengan mengidentifikasi dan membuat daftar jenis cacat atau *defect* yang ditemukan terhadap hasil cetakan bekisting yang ditinjau[13].

Data jenis cacat pekerjaan pada komponen struktur diperoleh melalui pengamatan serta observasi di lapangan pada tiap tower yang menggunakan metode bekisting yang berbeda. dari data tersebut dapat diidentifikasi menjadi beberapa kategori lagi berdasarkan *defect* pada item pekerjaannya, diantaranya seperti:

- Permukaan komponen struktur mengalami keropos
- Permukaan komponen struktur mengalami keretakan
- Permukaan komponen Struktur tidak simetris atau ada penyimpangan dimensi

Untuk mendapatkan data jumlah jenis *defect* yang terjadi, maka selama observasi dan pengamatan digunakanlah form pengamatan yang berfungsi mengidentifikasi *defect* yang membedakan jenis *defect* serta jenis masing-masing komponen struktur yang ditinjau. Untuk lebih memudahkan dalam pembacaan jumlah cacat dan jumlah total pekerjaan dapat dilihat pada contoh tabel berikut

Tabel 2. Form pengumpulan data *defect* saat observasi di lapangan

Form Pengumpulan data defect komponen struktur pada hasil cetakan bekisting Alform						
No	Jenis Cacat Pekerjaan	Tower / Lantai Ditinjau	Jumlah Cacat	Jumlah Komponen yang ditinjau	Satuan	Presentase Cacat
A Cacat pada pekerjaan komponen Kolom Beton						
1	Komponen struktur kolom keropos					
2	Komponen struktur kolom retak					
3	Komponen struktur kolom tidak simetris					
4	Sambungan joint Kolom-Balok tidak rapi					
Jumlah Cacat pada Pekerjaan Kolom						

Sumber: Dokumen Pribadi

Fase Measure

Pengukuran nilai *sigma* dilakukan dengan menggunakan parameter *Defect Per Million Opportunity* (DPMO), nilai DPMO ini digunakan untuk mengetahui level nilai *sigma* yang tertera pada tabel *six sigma*[15]. Setelah didapatkan nilai *sigma* maka dapat dilihat apakah produk yang dihasilkan sudah kompetitif atau tidak atau

dalam hal ini komponen struktur dengan jenis metode bekisting *alform*. Berikut contoh perhitungan dalam mencari nilai DPMO serta nilai *sigma*:

Permukaan Kolom mengalami keropos

$$-DPMO = \frac{\text{Jumlah defect}}{\text{Jumlah komponen yang ditinjau}} \times 1000000$$

$$-DPMO = \frac{12}{144} \times 1000000 = 83.333,33$$

Pada tabel, nilai *sigma* untuk level 2 *sigma* memiliki nilai DPMO sebesar 308.537 serta nilai *sigma* untuk level 3 *sigma* memiliki nilai DPMO sebesar 66.807. Karena nilai DPMO yang didapat berada diantara kedua nilai tersebut, maka perhitungan nilai *sigma* menggunakan pendekatan interpolasi berdasarkan kedua nilai tersebut guna mengetahui nilai yang lebih akurat[16]. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai *sigma*:

$$Y = Y1 + \frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} \times (Y2 - Y1)$$

Yang diketahui:

$$\begin{aligned} Y1 &= 2 \\ Y2 &= 3 \\ X &= 83.333,33 \\ X1 &= 308.537 \\ X2 &= 66.807 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai sigma} &= 2 + \frac{(83.333,3 - 308537)}{(66807 - 308537)} \times (3 - 2) \\ &= 2,93163 \end{aligned}$$

Jadi nilai *sigma* untuk *defect* atau cacat pekerjaan permukaan kolom mengalami keropos untuk pekerjaan bekisting metode *alform* sebesar 2,93 *Sigma* dan dapat dimasukkan kategori rata-rata industri Indonesia. Adapun untuk rekapitulasi penentuan nilai *sigma* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai *Sigma* yang didapatkan untuk hasil cetakan bekisting *alform*

Data defect komponen struktur pada hasil cetakan bekisting Alform							
No	Jenis Cacat Pekerjaan	Jumlah Cacat	Jumlah Komponen yang ditinjau	Satuan	Presentase Cacat	Nilai DPMO	Nilai Sigma
A Cacat pada pekerjaan							
1	kolom keropos	12	144	Sisi	8,33%	83333,33	2,93
2	kolom retak	4	144	Sisi	2,78%	27777,78	3,64
3	kolom tidak simetris	0	144	Sisi	0,00%	0,00	6,00
4	Sambungan joint tidak rapi	0	144	Sisi	0,00%	0,00	6,00
Jumlah Cacat pada Pekerjaan Kolom		16					
B Cacat pada pekerjaan							
1	Komponen struktur Balok keropos	11	380	Sisi	2,89%	28947,37	3,62
2	Komponen struktur balok retak	2	380	Sisi	0,53%	5263,16	4,02
3	Komponen struktur Balok tidak simetris	0	380	Sisi	0	0,00	6,00
Jumlah Cacat pada Pekerjaan Balok		13					

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai *Sigma* yang didapatkan untuk hasil cetakan bekisting konvensional

Data defect komponen struktur pada hasil cetakan bekisting konvensional							
No	Jenis Cacat Pekerjaan	Jumlah Cacat	Jumlah Komponen yang ditinjau	Satuan	Presentase Cacat	Nilai DPMO	Nilai Sigma
A Cacat pada pekerjaan							
1	kolom keropos	10	144	Sisi	6,94%	69444,44	2,99
2	kolom retak	8	144	Sisi	5,56%	55555,56	3,19
3	kolom tidak simetris	7	144	Sisi	4,86%	48611,11	3,30
4	Sambungan joint tidak rapi	4	144	Sisi	2,78%	27777,78	3,64
Jumlah Cacat pada Pekerjaan Kolom		29					
B Cacat pada pekerjaan							
1	Komponen struktur Balok keropos	14	380	Sisi	3,68%	36842,11	3,49
2	Komponen struktur balok retak	5	380	Sisi	1,32%	13157,89	3,89
3	Komponen struktur Balok tidak simetris	4	380	Sisi	1,05%	10526,32	3,93
Jumlah Cacat pada Pekerjaan Balok		23					

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari kedua tabel diatas dapat dilihat hasil nilai σ dari tiap jenis-jenis *defect* cacat pekerjaan komponen struktur kolom dan balok dengan metode bekisting *alform*. Level terendah berada pada *defect* cacat pekerjaan permukaan kolom mengalami keropos dengan nilai σ sebesar 2,93 dan untuk level tertinggi berada pada *defect* cacat pekerjaan kolom tidak simetris dengan nilai σ sebesar 6. Apabila dirata-rata maka nilai σ untuk hasil pekerjaan beton dengan metode pekerjaan bekisting *alform* sebesar 4,6 yang mana masuk rata-rata industri USA.

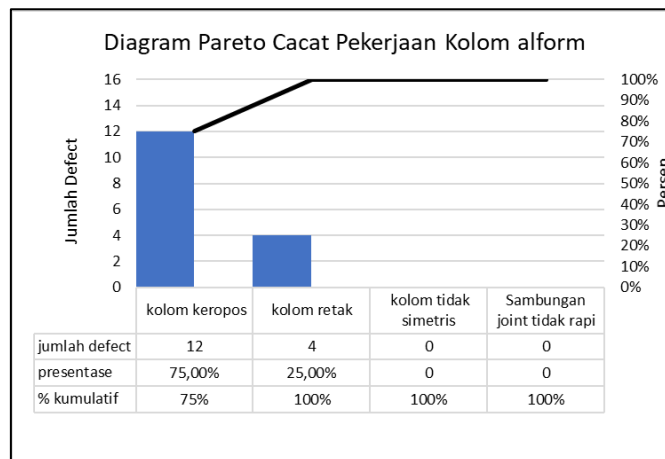
Dapat dilihat hasil nilai σ dari tiap jenis-jenis *defect* cacat pekerjaan komponen struktur kolom dan balok dengan metode bekisting konvensional. Level terendah berada pada *defect* cacat pekerjaan permukaan kolom mengalami keropos dengan nilai σ sebesar 2,99 dan untuk level tertinggi berada pada *defect* cacat pekerjaan balok tidak simetris dengan nilai σ

sebesar 3,93. Apabila dirata-rata maka nilai σ untuk hasil pekerjaan beton dengan metode pekerjaan bekisting konvensional sebesar 3,49 yang mana masuk ke dalam rata-rata industri indonesia tingkat atas

Fase Analyze

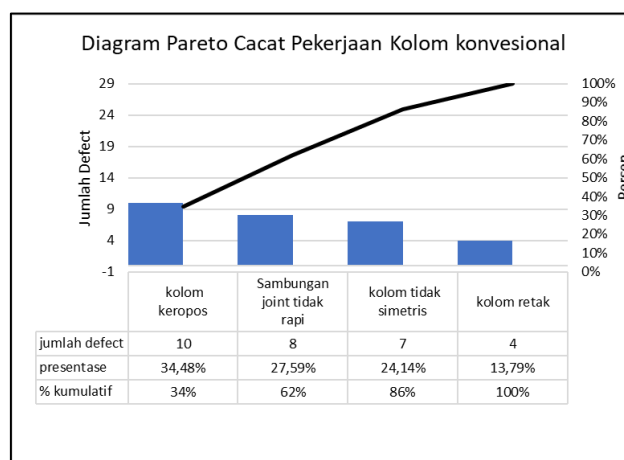
Pada fase *Analyze* bertujuan untuk menguji data yang telah dikumpulkan pada fase *Measure* sebelumnya, Setelah Jenis *defect* teridentifikasi langkah selanjutnya adalah memasukan data *defect* tersebut kedalam diagram *pareto*. Diagram *pareto* merupakan adalah suatu gambar yang mengurutkan suatu klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah[17] Dalam penelitian ini diagram *pareto* berguna untuk mengetahui presentase tiap-tiap *defect* dan jenis *defect* apa yang sering terjadi pada komponen struktur yang ditinjau.

Berikut adalah gambar diagram *pareto* yang telah diolah :



Sumber: Data Olahan Pribadi

Gambar 2. Diagram *Pareto defect* kolom hasil cetakan bekisting *alform*

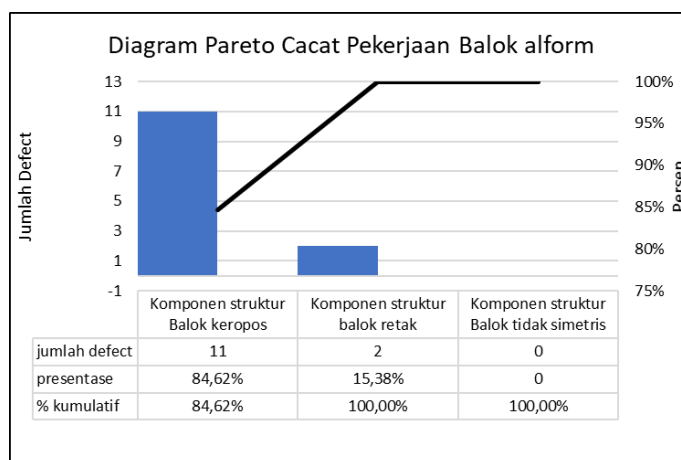


Sumber: Data Olahan Pribadi

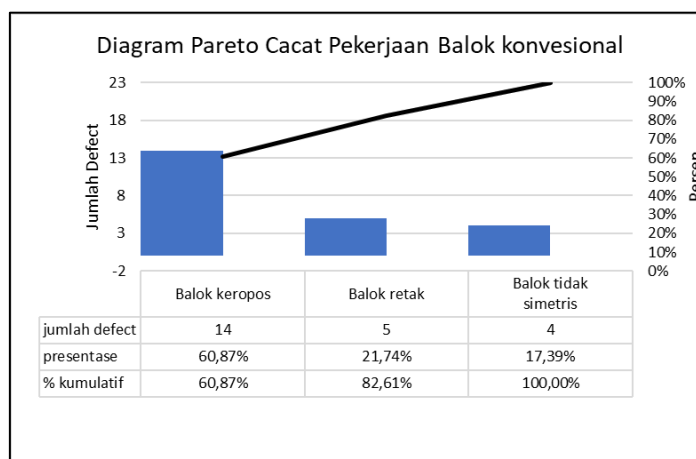
Gambar 3. Diagram *Pareto defect* kolom hasil cetakan bekisting konvensional

Pada gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa dari keempat jenis *defect* atau cacat pekerjaan pada komponen struktur kolom yang menggunakan metode bekisting *alform*, cacat / *defect* yang paling sering terjadi adalah permukaan kolom struktur yang mengalami keropos dengan persentase sebesar 75%. Yang dilanjut dengan cacat / *defect* permukaan kolom mengalami keretakan dengan persentase sebesar 25%. Kemudian, terdapat 2 jenis cacat / *defect* yang tidak ditemukan pada komponen struktur kolom dengan metode bekisting *alform* yaitu, kolom tidak simetris dan sambungan *joint* struktur tidak rapi

Sedangkan pada gambar 3 dapat dilihat dari keempat jenis *defect* atau cacat pekerjaan pada komponen struktur kolom yang menggunakan metode bekisting konvensional, cacat yang paling sering terjadi adalah permukaan kolom struktur mengalami keropos dengan presentase sebesar 34,48%. Yang dilanjut dengan *defect* permukaan sambungan kolom-balok tidak rapi dengan presentase sebesar 27,59%. Lalu untuk jenis *defect* kolom tidak simetris atau terdapat penyimpangan dimensi dengan presentase 24,14% serta *defect* yang paling sedikit terjadi adalah permukaan kolom mengalami keretakan dengan presentase sebesar 13,79%.



Gambar 4. Diagram *Pareto defect* balok hasil cetakan bekisting *alform*
Sumber: Data Olahan Pribadi



Gambar 5. Diagram *Pareto defect* balok hasil cetakan bekisting konvensional
Sumber: Data Olahan Pribadi

Pada gambar 4 diatas dapat dilihat dari keempat jenis *defect* atau cacat pekerjaan pada komponen struktur balok yang menggunakan metode bekisting *alform*, cacat yang paling sering terjadi adalah permukaan balok struktur mengalami keropos dengan presentase sebesar 84,62%. Yang

dilanjut dengan *defect* permukaan kolom mengalami retak dengan presentase sbesar 15,38%. Lalu untuk jenis *defect* yang tidak ditemukan pada komponen struktur kolom yang ditinjau ada balok tidak simetris.

Sedangkan, pada gambar 5 dapat dilihat dari keempat jenis *defect* atau cacat pekerjaan pada komponen struktur balok yang menggunakan metode bekisting konvensional, cacat yang paling sering terjadi adalah permukaan balok struktur mengalami keropos dengan presentase sebesar 60,87%. Yang dilanjut dengan *defect* permukaan kolom mengalami retak dengan presentase sebesar 21,74%. Serta *defect* yang paling sedikit terjadi adalah permukaan balok tidak rapi dengan presentase sebesar 17,39%.

KESIMPULAN

Jenis *defect* yang dapat terjadi pada hasil cetakan bekisting berdasarkan observasi dilapangan meliputi permukaan komponen struktur mengalami keretakan, permukaan komponen struktur mengalami keropos, permukaan komponen struktur tidak simetris, serta sambungan *joint* kolom-balok tidak rapi

Untuk nilai kualitas beton yang dihasilkan oleh bekisting *alform* sebesar 4,6 *sigma*, yang mana kualitas beton hasil cetakan bekisting *alform* sudah mencapai rata-rata industri USA. Untuk nilai kualitas beton yang dihasilkan oleh bekisting sebesar 3,49 *sigma*, yang mana kualitas beton hasil cetakan bekisting konvensional sudah mencapai rata-rata industri Indonesia tingkat atas

Berdasarkan analisis diagram *pareto* didapatkan hasil bahwa dwari beberapa jenis *defect* yang ditinjau, kedua hasil cetakan jenis bekisting yang berbeda memiliki beberapa kesamaan. Pada jenis *defect* yang memiliki frekuensi paling sering terjadi yaitu permukaan komponen struktur mengalami keretakan dan disusul oleh permukaan komponen struktur mengalami keropos. Namun terdapat perbedaan dimana pada hasil cetakan bekisting konvensional masih ditemukannya jenis *defect* permukaan komponen struktur tidak simetris dan sambungan *joint* tidak rapi, sedangkan hasil cetakan beton menggunakan bekisting *alform* tidak ditemui *defect* tersebut

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. A. Priastiwi, S. Silviana, and R. Purwaningsih, "Kumkang, Sistem Konstruksi Bekisting Aluminium Formwork dengan Konsep Green Construction," *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, vol. 1, no. 6, Aug. 2023, doi: 10.14710/jpii.2023.18429.

- [2] S. R. Mundale and L. S. Pammar, "Comparative analysis for high rise building of tunnel formwork system and aluminum formwork system," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 06, no. 04, pp. 3079–3081, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net
- [3] M. Ilham and A. Herzanita, "Analisis Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting Aluminium Ditinjau Dari Aspek Biaya dan Waktu Pelaksanaan Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan The Lana Apartment-Tangerang," *Jurnal Artesis*, vol. 1, no. 1, pp. 23–30, 2021.
- [4] H. S. Pratama and R. K. Anggraeni, "Analisa Perbandingan Penggunaan Bekisting Konvensional, Semi Sistem, dan Sistem (PERI) Pada Kolom Gedung Bertingkat," *JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL*, vol. 6, no. 1, pp. 303–313, 2017, [Online]. Available: [http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.:](http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jktsTelp.)
- [5] B. Hartoyo, *ALFORM EFFECT Perubahan Paradigma untuk Efektivitas Pelaksanaan Proyek Gedung*, vol. 1. Tim Proyek AYOMA Apartement, 2018.
- [6] Rash Sultan Khan Chaitanya, "Comparison of Convetional Formwork System Construction With Alumunium Formwork System," 2021, *Amara Raja, Telangana*.
- [7] International Organization of Standardization, "Quality management systems-Requirements," 2015, *International Organization of Standardization, Geneva, Switzerland*. [Online]. Available: www.iso.org/TehSTANDARDPREVIEW
- [8] A. Tri Wahyuningtyas and A. Prahutama, "Implementasi Metode *Six sigma* Menggunakan Grafik Pengendali Ewma Sebagai Upaya Meminimalisasi Cacat Produk Kain Grei," *JURNAL GAUSSIAN*, vol. 5, pp. 61–70, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- [9] S. Rahma Permatasari, N. Widha Setyanto, and L. Tri Wijaya Nata Kusuma, "Penerapan Metode *Six sigma* Dengan Pendekatan Metode Taguchi Untuk

- Menurunkan Produk Cacat,” Malang, 2014.
- [10] A. Patel and C. Chudgar, “Understanding basics of *Six sigma*,” *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, no. 5, 2020, [Online]. Available: www.ijert.org
- [11] V. Gaspersz, *Pedoman Implementasi Program Six sigma*, vol. 1. GRAMEDIA, 2002.
- [12] Hardani, H. Andriani, J. Ustiawaty, and D. Juliana Sukmana, *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, 1st ed. Yogyakarta: Pustaka Ilmu Grup, 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/340021548>
- [13] H. Hakim Hidajat and A. Momon Subagyo, “Analisis Pengendalian Kualitas Produk X Dengan Metode *Six sigma* (DMAIC) Pada PT. XYZ,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 9, pp. 234–242, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6648878.
- [14] M. Smętkowska and B. Mrugalska, “Using *Six sigma* DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study,” *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 238, pp. 590–596, 2018, doi: 10.1016/j.sbspro.2018.04.039.
- [15] S. Tampubolon and H. H. Purba, “Lean *six sigma* implementation, a systematic literature review,” *International Journal of Production Management and Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 125–139, 2021, doi: 10.4995/IJPME.2021.14561.
- [16] K.-L. Lee and Y. Su, “Applying *Six sigma* to Quality Improvement in Construction,” *Journal of Management in Engineering*, vol. 29, no. 4, pp. 464–470, Oct. 2013, doi: 10.1061/(asce)me.1943-5479.0000155.
- [17] G. Suci Ramadhani, Yuciana, and Suparti, “Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Diagram Kendali Demerit,” *Gaussian*, vol. 3, no. 3, pp. 401–410, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/gaussian>