



**PENGUKURAN DIMENSI PIPA BRACING DALAM PROSES
FABRIKASI JACKET PLATFORM MENGGUNAKAN
TOTAL STATION DI PT. MCDERMOTT
BATAM INDONESIA**

Measuring of Bracing Pipe Dimensions in The Process

Platform Jacket Fabrication Using

Total Station at PT. MCDERMOTT

BATAM INDONESIA

Alwi Raihan Lubis¹, Wenang Anurogo²

¹ Teknologi Geomatika, Politeknik Negeri Batam, Kota Batam, Indonesia

Penulis Korespondensi: Alwi Raihan Lubis | Email: alwilubizz@gmail.com

Diterima (*Received*): D/M/Y Direvisi (*Revised*): D/M/Y Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): D/M/Y

ABSTRAK

Proses fabrikasi jacket platform merupakan salah satu tahap penting dalam proyek offshore. Salah satu komponen penting dalam platform adalah pipa bracing yang berfungsi untuk memperkuat struktur platform. Ketepatan dimensi pipa bracing sangatlah penting untuk memastikan kekuatan dan stabilitas platform. Pengukuran dimensi pipa bracing selama proses fabrikasi biasanya dilakukan dengan menggunakan pita ukur dan meteran. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti akurasi yang rendah dan membutuhkan waktu yang lama. Total station merupakan alat ukur modern yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Total station dapat mengukur jarak, sudut, dan elevasi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan total station dalam proses pengukuran dimensi pipa bracing di PT. McDermott Batam Indonesia. Metode pengukuran dengan total station akan dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan pita ukur dan meteran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang keunggulan dan kelemahan masing-masing metode pengukuran, serta memberikan rekomendasi metode pengukuran yang paling tepat untuk digunakan dalam proses fabrikasi jacket platform. Pengukuran straightness, levelness, dan long dimensi bracing adalah elemen kunci dalam memastikan integritas struktural dan keselamatan operasi dalam industri minyak dan gas. Penelitian ini membahas penggunaan alat ukur total station Leica TS11 dengan metode set orientation untuk mendapatkan data yang akurat dan konsisten pada struktur bracing. Metode set orientation digunakan untuk mengkalibrasi alat ukur dengan mengacu pada titik-titik kontrol yang sudah ditentukan sebelumnya, sehingga memungkinkan pengukuran yang lebih presisi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan total station Leica TS11 dengan metode set orientation sangat efektif untuk pengukuran parameter kritis dalam industri minyak dan gas. Penggunaan teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses pemantauan dan pemeliharaan struktur bracing, sehingga berkontribusi terhadap keselamatan operasional dan pengurangan risiko kegagalan struktur.

Kata Kunci: Pengukuran dimensi, pipa bracing, fabrikasi jacket platform, total station, straightness, levelness, long, PT. McDermott Batam Indonesia

ABSTRACT

The jacket platform fabrication process is one of the important stages in an offshore project. One of the important components in the platform is the bracing pipe which functions to strengthen the platform structure. The correct dimensions of the bracing pipe are very important to ensure the strength and stability of the platform. Measuring the dimensions of bracing pipes during the fabrication process is usually done using a measuring tape and tape measure. This method has several limitations, such as low accuracy and requires a long time. The total station is a modern measuring instrument that can be used to overcome these limitations. Total stations can measure distances, angles and elevations with a high degree of accuracy. This research aims to apply a total station in the process of measuring the dimensions of bracing pipes at PT. McDermott Batam Indonesia. The measurement method using a total station will be compared with the conventional method using a measuring tape and meter. It is hoped that the results of this research will provide information about the advantages and disadvantages of each measurement method, as well as provide recommendations for the most appropriate measurement methods to be used in the jacket platform fabrication process. Measuring the straightness, levelness and length of bracing dimensions is a key element in ensuring structural integrity and operational safety in the oil and gas industry. This research discusses the use of the Leica TS11 total station measuring instrument with the set orientation method to obtain accurate and consistent data on bracing structures. The set orientation method is used to calibrate measuring instruments with reference to predetermined control points, thereby allowing more precise measurements. The conclusion of this research is that the use of the Leica TS11 total station with the set orientation method is very effective for measuring critical parameters in the oil and gas industry. The use of this technology can increase efficiency and accuracy in the process of monitoring and maintaining bracing structures, thus contributing to operational safety and reducing the risk of structural failure.

Keywords: Dimensional measurement, pipe bracing, jacket platform fabrication, total station, straightness, levelness, long, PT. McDermott Batam Indonesia

1. Pendahuluan

Industri offshore di Indonesia berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini mendorong peningkatan permintaan akan platform offshore yang digunakan untuk berbagai kegiatan, seperti eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi, serta pembangkit energi angin lepas pantai.

Proses fabrikasi jacket platform merupakan salah satu tahap penting dalam proyek offshore. Jacket platform adalah struktur baja yang berfungsi sebagai fondasi platform offshore. Jacket platform terdiri dari beberapa komponen, salah satunya adalah pipa bracing. Pipa bracing berfungsi untuk memperkuat struktur platform dan mencegah platform runtuh akibat beban angin, gelombang, dan gempa bumi. (Thompson E, 2020)

Ketepatan dimensi pipa bracing sangatlah penting untuk memastikan kekuatan dan stabilitas platform. Jika dimensi pipa bracing tidak sesuai dengan spesifikasi, maka kekuatan dan stabilitas platform akan terpengaruh, yang dapat menyebabkan keruntuhan platform dan berakibat fatal. (Brown R, 2018)

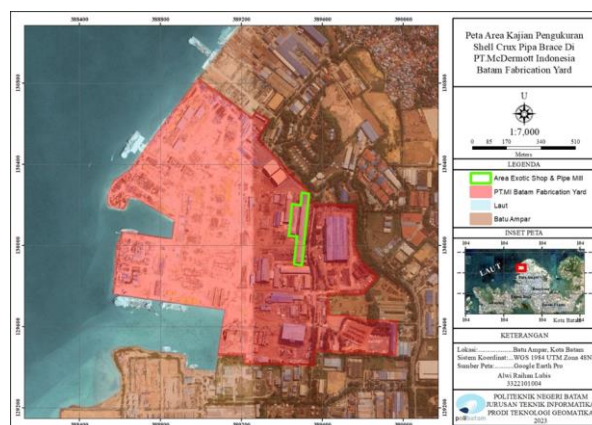
Pengukuran dimensi pipa bracing selama proses fabrikasi biasanya dilakukan dengan menggunakan pita ukur dan meteran. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti akurasi yang rendah dan membutuhkan waktu yang lama. Total station merupakan alat ukur modern yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Total station dapat mengukur jarak, sudut, dan elevasi dengan tingkat akurasi yang tinggi. (Johnson A, 2019)

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan apa saja proses dan tahapan yang dilakukan dalam pengukuran dimensi bracing untuk jacket platform. Penelitian ini juga akan menjelaskan cara mengolah hasil data pengukuran yang telah diambil di lapangan menggunakan aplikasi BestFit dan juga memaparkan bentuk hasil laporan pengukuran pipa bracing.

2. Data dan Metodologi

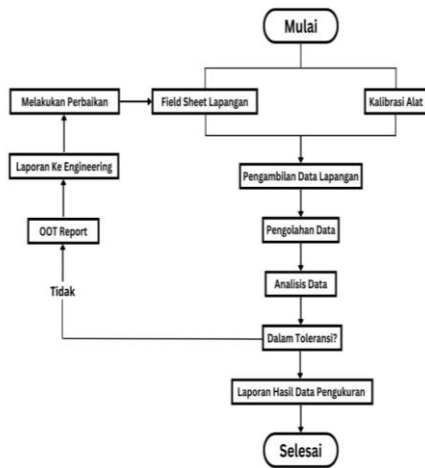
2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di area erection Scarborough PT. McDermott Indonesia, yang berlokasi di Jalan Bawal No.1 Batu Ampar Batam, Kepulauan Riau dengan Waktu pengukuran: Juli – Desember 2023. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

2.2. Metodologi



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan tentang diagram alir penelitian:

1. Tim produksi meminta bantuan DC untuk melakukan pengukuran dimensi pada pipa brace. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa dimensi pipa brace sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.
2. Sebelum melakukan pengukuran di lapangan, tim DC akan membuat gambar berdasarkan desain yang telah diberikan oleh detailing engineer. Gambar ini akan digunakan sebagai acuan dalam proses pengambilan data di lapangan.
3. Tim DC akan mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk pengukuran, seperti Leica Total Station 11, tripod, kapur, spike, meteran, magnet, siku, dan USB. USB digunakan untuk mengeksport data pengukuran ke laptop.
4. Tim DC akan menentukan dan menandai titik-titik pengukuran pada pipa brace. Penandaan ini dilakukan dengan menggunakan kapur dan spike. Tim DC juga akan membuat titik-titik buangan yang berguna untuk proses pemindahan alat jika ada titik pengukuran yang terhalang oleh objek lain.
5. Setelah pengambilan data di lapangan selesai, tim DC akan mengolah data menggunakan aplikasi BestFit. Pengolahan data dilakukan dengan cara mengeksport data koordinat hasil pengukuran dari total station ke laptop menggunakan USB dengan format data ASCII.
6. Setelah data selesai diolah, tim DC akan melakukan analisis terhadap data pengukuran dan desain gambar yang telah diberikan oleh detailing engineer. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui deviasi data, yaitu selisih antara hasil pengukuran dengan desain gambar.
7. Jika hasil analisis menunjukkan adanya deviasi data yang melebihi toleransi yang ditentukan (OOT), tim

DC akan membuat laporan OOT. Laporan ini akan disampaikan kepada tim produksi. Apabila deviasi data dapat direktifikasi atau diperbaiki, tim DC akan memberi tahu tim produksi dan mereka akan mengajukan permintaan pengukuran ulang.

2.3 Toleransi Pengendalian Dimensi

Dalam konteks konstruksi jacket platform di industri offshore, dimana bracing (pipa atau balok penahan) berfungsi sebagai komponen kunci untuk memperkuat struktur baja platform, toleransi pengendalian dimensi memiliki peran yang krusial untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keselamatan keseluruhan platform. Toleransi pengendalian dimensi bracing adalah rentang atau batas yang diperbolehkan untuk perbedaan antara dimensi bracing yang diukur atau dibuat dengan dimensi yang seharusnya sesuai dengan desain atau spesifikasi. Toleransi pengendalian dimensi bracing dapat dilihat dari tabel 1.

Tabel 1 Toleransi Dimensi Bracing

No	Category	Tolerances	Verifying Document
Suction Pile			
1	Tubular Circumference	± 6.0 mm	Report
2	Tubular Ovality	± 6.0 mm	Report
3	Tubular Straightness	± 12.0 mm	Report
4	Tubular Levelness	± 10.0 mm	Report
5	Tubular Long Seam	± 10.0 mm	Report
6	Tubular Cope	± 8.0 mm	Report
7	Tubular Long	± 6.00 mm	Report

2.2.1 Persiapan Sebelum Pengambilan Data

2.2.1.1 Kalibrasi Alat

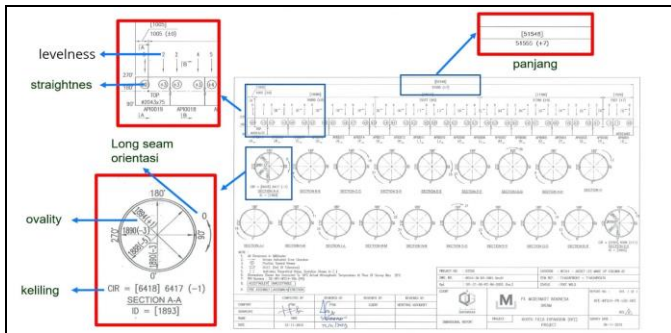
Total station adalah merupakan alat yang utama yang kita gunakan untuk pengambilan data di lapangan, oleh karena itu kita harus memastikan kalibrasi alat yang valid, dengan akurasi sudut 1 derajat dan akurasi jarak 1 mm + 1.5 ppm. Kalibrasi alat dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Optik Kolimator (Dokumentasi Penulis, 2023)

Alat total station perlu dikalibrasi menggunakan optik kolimator setiap 6 bulan karena kalibrasi adalah proses penting untuk memastikan bahwa alat tersebut memberikan hasil yang akurat. Dengan kalibrasi berkala, total station dapat dijaga dalam kondisi optimal, mengurangi risiko kesalahan pengukuran, dan memastikan bahwa hasil pengukuran sesuai dengan standar yang ditetapkan. Perlu diklarifikasi bahwa bukan saya penulis yang melakukan kalibrasi alat melainkan kalibrasi tersebut dilakukan oleh pihak lain.

2.2.1.2 Field Sheet Lapangan



Gambar 4 Referensi Gambar

Gambar referensi digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengukuran di lapangan. Contoh dari field sheet lapangan dapat dilihat pada gambar 4.

2.2.2 Pengambilan Data Lapangan

2.2.2.1. Pengukuran Circum

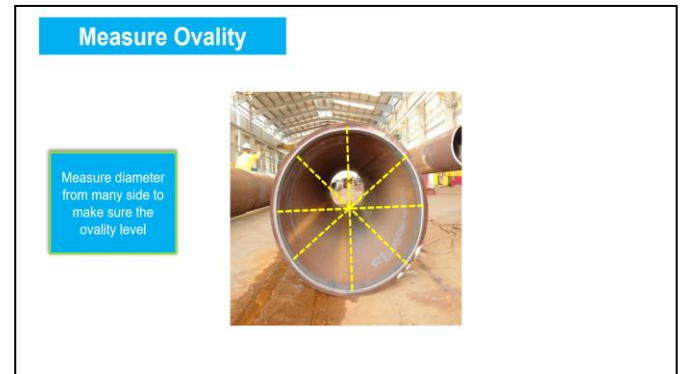
Teknik pengukuran circum dengan cara mengukur keliling pipa menggunakan meteran Panjang dengan theoretical yaitu ± 6 dan rumus Keliling / OD (Out Diameter) = $d \times \pi$



Gambar 5 Pengukuran Circum

2.2.2.2. Pengukuran Ovality

Teknik pengukuran ovality dengan cara mengukur suatu pipa dengan theoretical toleransi yaitu ± 6 dan rumus Kebulatan / ID (Inside Diameter) = $d - \text{thickness} \times 2$ dengan cara menarik meteran pendek di setiap per 45° Degree. Pengukuran ovality dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Pengukuran Ovality

2.2.2.3 Pengukuran Panjang, Kelurusan, dan Kerataan

Adapun cara yang harus dilakukan untuk mendapatkan panjang, kelurusan dan kerataan pipa menggunakan total station yaitu:

1. Pembuatan Center Point Sebagai Target Tembakan
Dalam pengambilan data, sebelumnya dibutuhkan Center Point (titik tengah). Titik ini digunakan sebagai titik tembakan. Pembuatan point sesuai datum pipa seperti gambar di atas. Datum ini dibuat menyesuaikan kebutuhan yang mempermudah Dimensional Control Technician dalam melakukan pengambilan data.
2. Pengambilan Data Koordinat
Dalam melakukan pengambilan data koordinat, pengukuran menggunakan Total Station TS11, dengan metode survey yang menghasilkan berupa data koordinat. Data koordinat tersebut digunakan sebagai data perbandingan antara hasil pengambilan data di lapangan dengan aktual Pipa Bracing. Pengambilan data koordinat berdasarkan Center Point yang telah dibuat dengan metode Set Orientation. Metode Set Orientation pada Total Station Leica TS 11 adalah prosedur yang digunakan untuk mengatur orientasi atau arah alat total station secara relatif terhadap sistem koordinat yang ditetapkan. Data yang diambil dicatat dalam Field Sheet atau sketsa kerja yang berguna sebagai data yang mempermudah dalam melakukan pengolahan data.

3. Perencanaan Koordinat Lokal

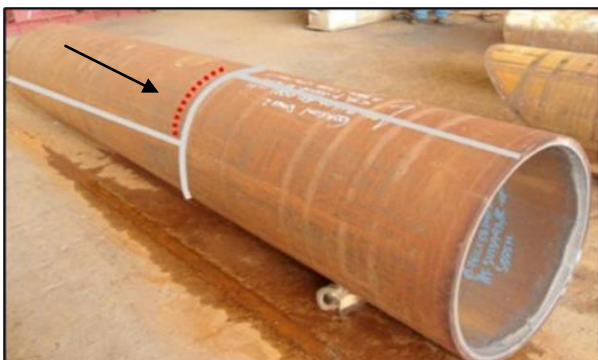
Sistem pengukuran yang digunakan oleh Dimensional Control Technician dalam pengukuran pipa Bracing adalah koordinat Cartesians, yaitu sistem koordinat tiga dimensi (3D) yang menampilkan koordinat Easting, Northing dan Elevation. Pada pengukuran Pipa Bracing, perencanaan koordinat tidak melibatkan jaringan kontrol yang terhubung secara geometris oleh sistem pengukuran umum (Global). Perencanaan koordinat ini menggunakan koordinat lokal yang berfungsi sebagai referensi atau acuan yang dibuat berdasarkan drawing kerja.



Gambar 7 Pengukuran Panjang, Kelurusan, dan Kerataan

2.2.2.4 Pengukuran Long Seam Orientation

Long seam orientation merupakan proses pengecekan dan pengaturan sambungan panjang pada pipa yang akan disambungkan ke pipa lainnya. Orientasi sambungan ini sangat penting dalam pengelasan pipa untuk memastikan bahwa sambungan berada pada posisi yang tepat dan sejajar. Pengukuran orientasi sambungan pengelasan menggunakan meteran dengan toleransi yaitu ± 10 .

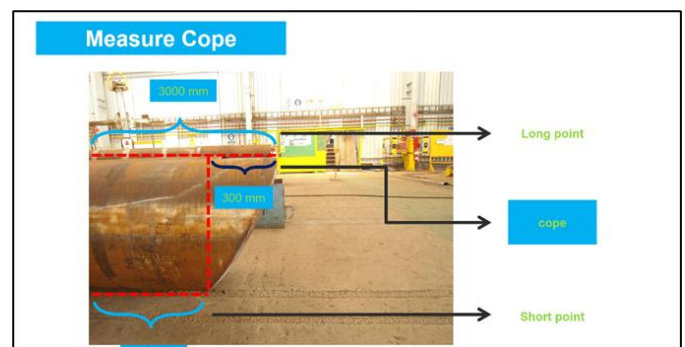


Gambar 8 Pengukuran Long Seam Orientation

2.2.2.5 Pengukuran Cope

Teknik pengukuran cope, yang sering digunakan dalam konstruksi, pengelasan, dan pengerjaan logam, melibatkan penggunaan alat seperti siku untuk memastikan potongan yang tepat dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan yaitu toleransi yaitu ± 8 . Berikut ini adalah langkah-langkah umum untuk melakukan pengukuran cope dengan menggunakan siku untuk mendapatkan nilai short point dan long point:

1. Penentuan Short Point dan Long Point:
Short Point (SP) adalah titik pendek dari potongan atau sudut yang lebih pendek pada material. Long Point (LP) adalah titik panjang dari potongan atau sudut yang lebih panjang pada material.
2. Pengukuran dan Penandaan:
Tentukan lokasi di mana material akan dipotong berdasarkan rencana atau desain yang ada. Gunakan pita pengukur untuk mengukur panjang yang dibutuhkan dari short point ke long point. Tempatkan siku pada titik yang telah diukur untuk memastikan sudut yang benar. Tandai short point dan long point pada material dengan pensil atau spidol.
3. Penggunaan Siku:
Tempatkan siku pada titik short point yang telah ditandai. Sesuaikan siku agar sejajar dengan tanda yang dibuat, sehingga memastikan bahwa potongan akan dilakukan pada sudut yang benar. Lakukan pengukuran ulang untuk memastikan bahwa short point dan long point telah ditandai dengan akurat.



Gambar 9 Pengukuran Cope

2.2.3 Teknik Pengolahan Data

2.2.3.1 Export Data dari Total Station

Setelah selesai, kita kembali ke container office dan melakukan pemindahan data dari alat total station ke PC untuk melakukan pengolahan data. Kita memakai USB dan kita colokkan ke total station, di menu utama kita klik

job kita dan kita klik export data dalam format ASCII. Setelah itu kita eject USBnya dan kita matikan alat total station.

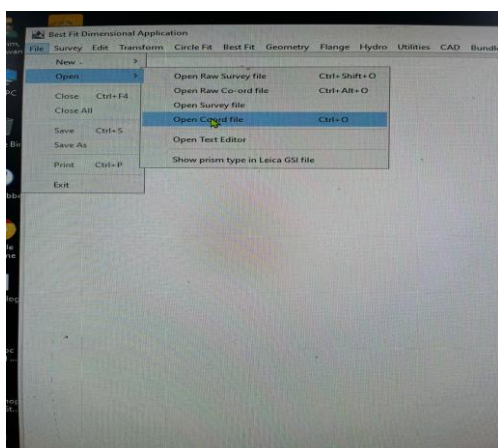
2.2.3.2 Data menggunakan Aplikasi BestFit Dimensional Control Mengolah

Kita mengolah hasil data pengukur menggunakan aplikasi BestFit namun untuk mengaksesnya diperlukan dongle BestFit. Penggunaan dongle dalam aplikasi BestFit Dimensional Control berfungsi sebagai perangkat kunci keras (hardware key) untuk mengamankan dan mengontrol lisensi perangkat lunak. Dongle adalah perangkat keras fisik yang harus disambungkan ke komputer saat kita menjalankan aplikasi. Ini berfungsi sebagai tanda otentikasi yang memungkinkan kita menggunakan perangkat lunak secara sah. Setelah kita memasukkan dongle dan sudah copy paste job kita tadi maka kita dapat lanjut membuka aplikasi BestFit Dimensional Control. Tampilan halaman utama BestFit dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Halaman Utama BestFit Dimensional Application

Pada tampilan awal aplikasi, kita langsung ke File -> open coord file -> DATA -> BestFit -> Co-Data ASCII -> All files lalu pilih data kita tadi dan klik. Tampilan akan menampilkan point-point beserta koordinat x, y dan z nya data hasil ukuran.



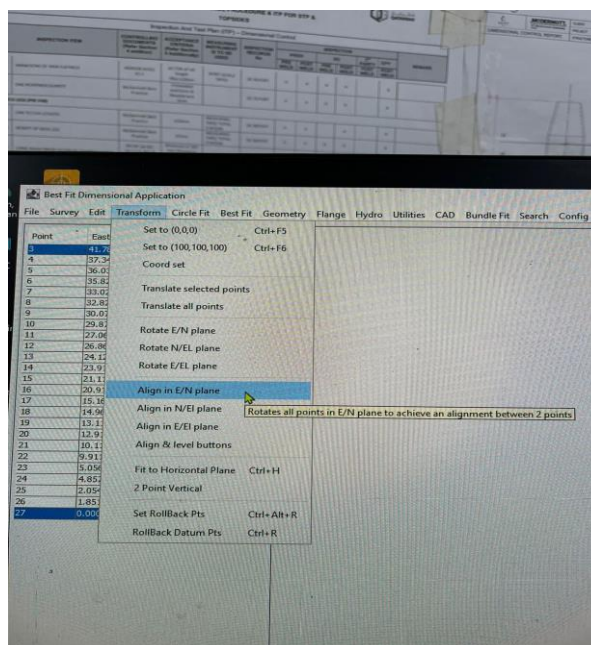
Gambar 11 Export Data dari Total Station

Lanjut memulai pengolahan data, berikut adalah tahap-tahap pengolahan datanya:

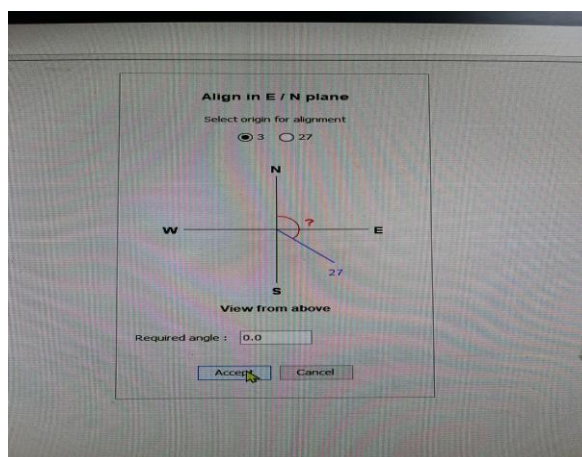
1. Penyelarasan Koordinat

Untuk menyelaraskan koordinat pada poin pertama dan terakhir menggunakan fitur "Align in E/N plane" pada software Best Fit Dimensional Application, Seperti pada gambar yaitu:

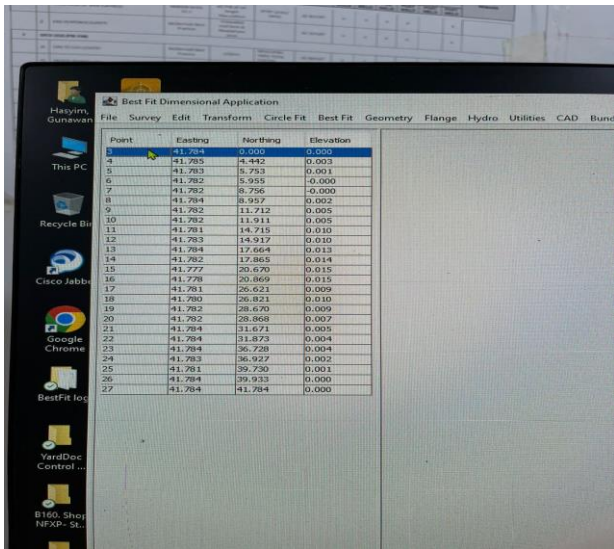
1. Pilih Titik yang Akan Diselaraskan, pilih Point id pertama (Point 3: Easting = 41.784, Northing = 0.000, Elevation = 0.000), dan pilih Point id terakhir (Point 27: Easting = 0.000, Northing = 0.000, Elevation = 0.000).
2. Gunakan Fitur Transformasi Pergi ke menu *Transform* di bagian atas aplikasi., pilih opsi *Align in E/N plane* dari menu *dropdown*.



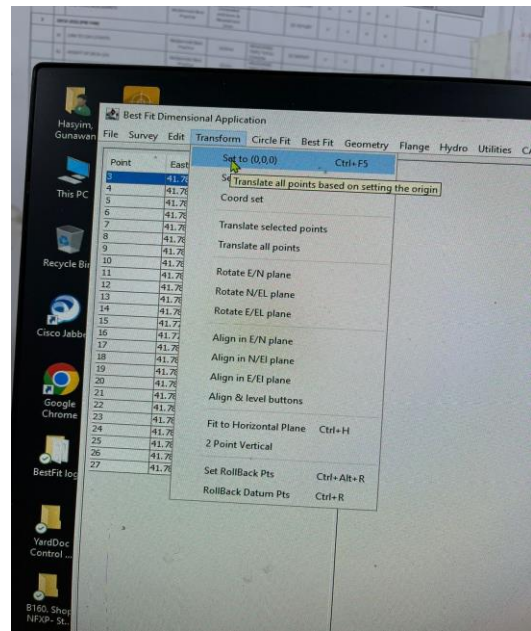
Gambar 12 Align in E/N plane



Gambar. 13 Fitur Transformasi Align in E/N plane



Gambar 14 Hasil dari *Align in E/N plane*

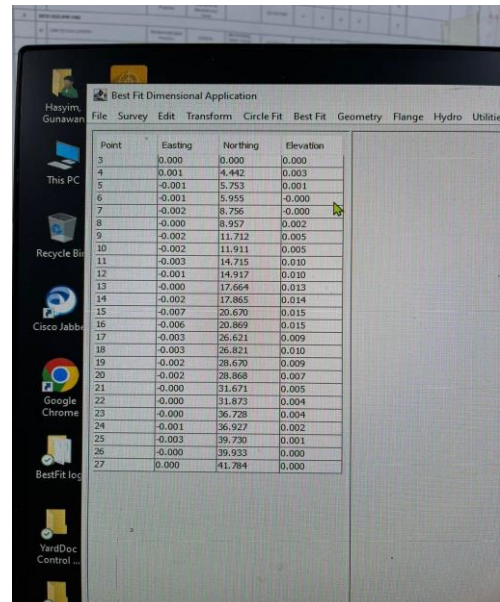


Gambar 15 Fitur Transformasi Set to (0,0,0)

2. Mengatur Poin Pertama Menjadi (0,0,0)

Untuk membuat poin pertama menjadi koordinat (0,0,0) menggunakan fitur "Set to (0,0,0)" pada software Best Fit Dimensional Application, ikuti langkah-langkah berikut:

1. Buka Data dalam Software:
Pastikan Anda sudah mengimpor data ke dalam BestFit Dimensional Application seperti yang ditunjukkan dalam gambar.
2. Pilih Poin Pertama:
Pilih Point ID pertama yang akan diatur menjadi koordinat (0,0,0). Berdasarkan gambar, Point ID pertama adalah Point 3 dengan koordinat (41.784, 0.000, 0.000).
3. Gunakan Fitur Transformasi:
Pergi ke menu *Transform* di bagian atas aplikasi, pilih opsi *Set to (0,0,0)* dari menu *dropdown*.
4. Penjelasan Fitur "Set to (0,0,0)":
Fitur "Set to (0,0,0)" akan menerjemahkan semua titik dalam dataset berdasarkan pengaturan titik asal (origin). Ini berarti Point 3 akan dipindahkan ke koordinat (0,0,0), dan semua titik lainnya akan disesuaikan relatif terhadap pergeseran ini.
5. Langkah Penyelesaian:
Setelah memilih opsi *Set to (0,0,0)*, software akan secara otomatis menghitung transformasi yang diperlukan. point 3 akan menjadi titik asal (origin) baru dengan koordinat (0,0,0).



Gambar 16 Hasil Transformasi Set to (0,0,0)

3. Hasil dan Pembahasan

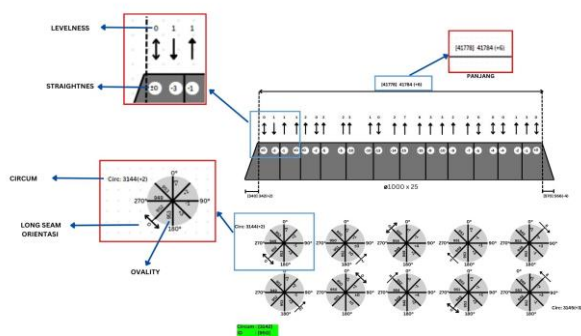
3.1 Analisis Data

Dapat dilihat pada tabel 2 merupakan hasil data koordinat yang sudah diolah di Bestfit, selanjutnya adalah proses perhitungan *ERROR*, adapun toleransi yang ditetapkan yaitu: *Straightness* = ± 12 , *Long* = ± 6 , dan *Levelness* = ± 10 .

Tabel 2 Koordinat Hasil Olahan di MK3B

Hasil Pengolahan Data di Bestfit				
No	Point	Easting	Norting	Elevation
1	3	0.000	0.000	0.000
2	4	0.001	4.442	0.003
3	5	-0.001	5.753	0.001
4	6	-0.001	5.955	-0.000
5	7	-0.002	8.756	-0.000
6	8	-0.000	8.957	0.002
7	9	-0.002	11.712	0.005
8	10	-0.002	11.911	0.005
9	11	-0.003	14.715	0.010
10	12	-0.001	14.917	0.010
11	13	-0.000	17.664	0.013
12	14	-0.002	17.865	0.014
13	15	-0.007	20.670	0.015
14	16	-0.006	20.869	0.015
15	17	-0.003	26.621	0.009
16	18	-0.003	26.821	0.010
17	19	-0.002	28.670	0.009
18	20	-0.002	28.868	0.007
19	21	-0.000	31.671	0.005
20	22	-0.000	31.873	0.004
21	23	-0.000	36.728	0.004
22	24	-0.001	36.927	0.002
23	25	-0.003	39.730	0.001
24	26	-0.000	39.933	0.000
25	27	0.000	41.784	0.000

Setelah semua *ERROR* sudah di dapat maka saatnya kita untuk membuat laporan hasil data pengukuran data yang kita ambil dilapangan, satuan ukuran yang digunakan pada pengukuran ini adalah satuan nilai milimeter (mm).



Gambar 17 Laporan Hasil Data Pengukuran

Pada laporan gambar Dimensional Control menampilkan hasil penyimpangan pada Brace untuk mengetahui berapa *ERROR* pada Brace tersebut. Laporan disajikan dalam bentuk arah panah kesalahan, arah panah tersebut menjadi acuan perbaikan objek jika ada *ERROR* di luar toleransi. Pada laporan di penelitian ini objek tidak memiliki *ERROR* yang di luar toleransi sehingga laporan akan di publikasikan dan tidak perlu melakukan perbaikan.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana proses kerja Dimensional Control terutama pekerjaan pada pengukuran Brace, mulai dari bagaimana melakukan persiapan yang matang, teknik pembuatan point sebagai target tembakan yang tepat, pengambilan data yang akurat dengan metode resection dengan Total Station, serta pengolahan data yang benar menggunakan aplikasi Bestfit. Hasil dari pengolahan data dengan aplikasi Bestfit dapat menghitung nilai Straightness, Long dan Elevation, dan bagaimana perhitungan koordinat lokal yang benar pada pengukuran Brace dengan teknik pembacaan gambar dan perhitungan yang tepat, hal ini menjadi faktor penting untuk dipelajari. Jadi dari penelitian ini ditarik kesimpulan bahwa proses rekayasa pada konstruksi berjalan dengan cukup baik dibuktikan dengan hasil yang didapat sesuai dengan standar toleransi yang sudah ditetapkan.

5. Referensi

Badan Informasi Geospasial. (2018). *Pedoman Teknis Pengukuran dan Pemetaan Kadastral dalam Industri Minyak dan Gas*. Jakarta: BIG.

Brown, J. (2016). *Surveying in the Oil and Gas Industry: Principles and Applications*. New York: Wiley.

Cosser, E., Roberts, G. W., Meng, X., & Dodson, A. H. (2003). *Mengukur Deformasi Dinamis Jembatan Menggunakan Total Station*. In Proceedings of the 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece (Vol. 25).

Deboni, J. E., Rogers, Z., & Juricic, I. (2015), *Metrologi Portabel dan Pengontrolan Dimensi secara Terintegrasi terhadap Proses Perakitan Pembuatan Kapal*.

Leica Geosystem. 2023. *Technical Reference Manual*. Leica Geosystem.

Rahim, Fitri Ramadani. (2021). *Analisis Respon Konstruksi Cellar Deck Pada Struktur Jacket Akibat Pengaruh Beban Instalasi*. Sulawesi Selatan: Universitas Hasanuddin

Rahman, A. (2020). *Penggunaan Total Station dalam Pemantauan Deformasi Struktur di Industri Minyak dan Gas*. Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rausch, C., Edwards, C., & Haas, C. (2020). *Tolak Ukur dan Peningkatan Kualitas Dimensi pada Proyek Konstruksi Module*. International Journal of Industrialized Construction.

Smith, R., & Jones, M. (2018). "The Role of Total Station in Modern Surveying Practices within the Oil and Gas Industry." In *Proceedings of the International Conference on Geospatial Technologies in Oil and Gas* (pp. 102-112). Singapore: ICGT Press.

Veriyanto, V., Yudo, H., & Adietya, B. A. (2016). *Analisa Kekuatan Konstruksi Jacket Platform Terhadap Beban Gravitasi Dan Interferensi Lingkungan Di Perairan Madura Menggunakan Fem*. Jurnal Teknik Perkapalan,