



PENGUKURAN DIMENSI PADA LEG JACKET MENGGUNAKAN TOTAL STATION (Studi Kasus : Proyek Pembuatan Jacket Fixed Platform – PT McDermott Indonesia)

*Measuring The Dimensions of The Leg Jacket Using Total Station
(Case Study: Fixed Platform Jacket Manufacturing Project – PT. McDermott Indonesia)*

Muhammad Sherino Maulana¹, Farouki Dinda Rassarandi¹

¹ Teknologi Geomatika, Politeknik Negeri Batam, Batam Kota, Jl. Ahmad Yani, Teluk Tering, Kecamatan Batam Kota, Kota Batam
Kepulauan Riau 29461

Penulis Korespondensi: Muhammad Sherino Maulana | **Email:** sherino.maulana@gmail.com

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

ABSTRAK

Dalam industri minyak dan gas, pembangunan struktur lepas pantai seperti *leg jacket* merupakan bagian penting dalam pengembangan sumber daya energi terbarukan dan instalasi fasilitas lepas pantai lainnya. *leg jacket* adalah struktur baja berbentuk kerangka yang digunakan untuk mendukung turbin angin, rig minyak, atau fasilitas lainnya di perairan dalam. Pembuatan *leg jacket* membutuhkan ketelitian dan keakuratan yang tinggi dalam pengukuran dimensi agar struktur yang dibangun sesuai dengan desain yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dimensi *straightness*, *squareness*, dan *levelness* pada *leg jacket* menggunakan *total station* dengan metode pengukuran yaitu *orientate to line* dan *resection*, serta melakukan perhitungan teoritik yang berguna sebagai data perbandingan antara data *actual* di lapangan terhadap desain. Pengolahan data dihitung menggunakan aplikasi MK3B. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi pengukuran dimensi pada pembuatan *leg jacket*, sehingga struktur yang dibangun sesuai dengan desain yang diinginkan dan dapat berfungsi dengan optimal.

Kata Kunci: *Leg Jacket*, *Total Station*, Dimensi (*straightness*, *squareness*, *levelness*), Aplikasi MK3B

ABSTRACT

In the oil and gas industry, the construction of offshore structures such as leg jackets is an important part of the development of renewable energy resources and the installation of other offshore facilities. A leg jacket is a steel structure in the form of a frame used to support wind turbines, oil rigs, or other facilities in deep water. Making leg jackets requires high precision and accuracy in measuring dimensions so that the structure is built according to the desired design. This research aims to measure the dimensions of straightness, squareness and levelness of the leg jacket using a total station with measurement methods, namely orientate to line and resection, as well as carrying out theoretical calculations which are useful as comparative data between actual data in the field and the design. Data processing is calculated using the MK3B application. It is hoped that the results of this research can contribute to increasing the accuracy of dimensional measurements in the manufacture of leg jackets, so that the structure built is in accordance with the desired design and can function optimally.

Keywords: *Leg Jacket*, *Total Station*, Dimensions (*straightness*, *squareness*, *levelness*), MK3B application

1. Pendahuluan

Dalam industri minyak dan gas, pembangunan struktur lepas pantai seperti leg jacket merupakan bagian penting dalam pengembangan sumber daya energi terbarukan dan instalasi fasilitas lepas pantai lainnya. leg jacket adalah struktur baja berbentuk kerangka yang digunakan untuk mendukung turbin angin, rig minyak, atau fasilitas lainnya di perairan dalam. Pembuatan leg jacket membutuhkan ketelitian dan keakuratan yang tinggi dalam pengukuran dimensi agar struktur yang dibangun sesuai dengan desain yang diinginkan. (Muhammad Ardan R).

Dalam konteks ini, penggunaan total station sebagai alat pengukuran menjadi sangat relevan. total station adalah alat ukur yang digunakan dalam pemetaan dan konstruksi bangunan yang memiliki gabungan kemampuan theodolite elektronik dengan pengukur jarak elektronik dan pencatat data elektronik. total station merupakan salah satu opsi yang sering digunakan sebagai alat pengukur dimensi yang akurat dengan menggunakan metode trigonometri atau metode pemantulan sinar laser.

Namun, dalam praktiknya, pengukuran dimensi pada pembuatan leg jacket masih menyisakan tantangan. Salah satunya adalah ketidakmampuan total station dalam mengukur dimensi secara akurat ketika terdapat hambatan seperti hujan dan hambatan lainnya. Selain itu, pengoperasian total station juga membutuhkan keahlian khusus agar pengukuran dapat dilakukan dengan benar dan hasil yang akurat.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba menggunakan teknologi lain seperti drone untuk mengumpulkan data. Namun, penggunaan total station tetap menjadi salah satu pilihan yang umum digunakan karena keakuratannya.

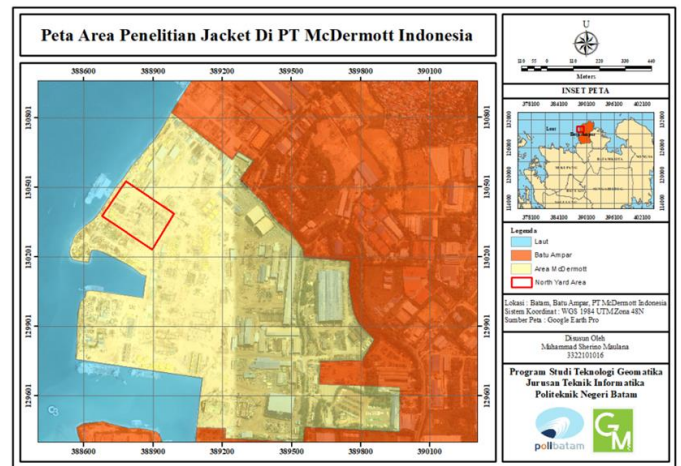
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dan mengembangkan metode pengukuran dimensi yang lebih efektif dan akurat pada pembuatan leg jacket menggunakan total station. Dalam penelitian ini, peneliti akan mempelajari dan menganalisis teknik pengukuran dengan total station, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi pengukuran, serta mengembangkan strategi untuk mengurangi kesalahan pengukuran.

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi pengukuran dimensi pada pembuatan leg jacket, sehingga struktur yang dibangun sesuai dengan desain yang diinginkan dan dapat berfungsi dengan optimal.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Penelitian dilakukan di Jalan Bawal No. 1, Batu Merah, Batu Ampar, Kota Batam, Penelitian ini dilakukan di *North Yard Area* pada tanggal 14 Oktober 2023.



Gambar 1. Peta Area Penelitian di PT McDermott Indonesia (Sumber: ArcMap, 2023)

Di PT McDermott Indonesia, menggunakan orientasi lokal untuk mempermudah koordinasi kerja sama sebuah tim di lapangan. Orientasi tersebut umum digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Batu Merah mewakili arah Utara.
2. Singapore mewakili arah Barat.
3. Kantor (*Office*) mewakili arah Timur.
4. Jodoh mewakili arah Selatan.

Hal ini bertujuan agar sebuah tim dapat dengan mudah menentukan arah dan navigasi di area PT McDermott Indonesia.

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan adalah:

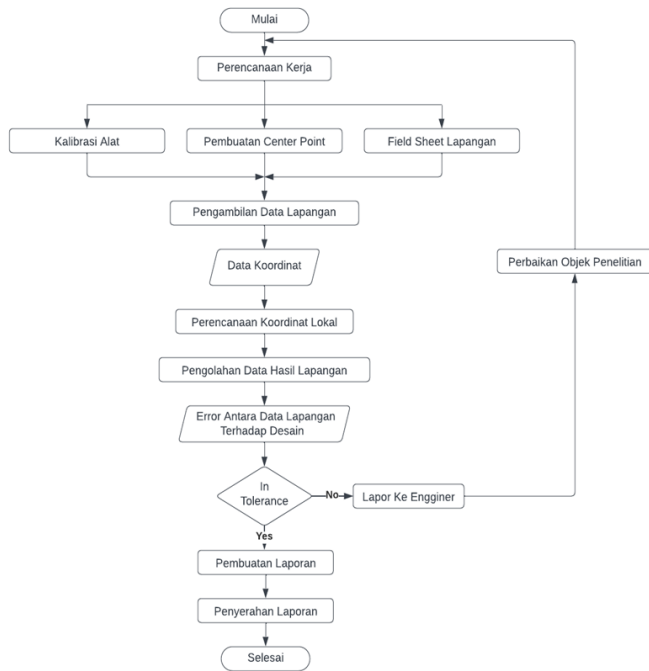
- Alat yang digunakan sebagai berikut:

1. *Total Station*
2. *Prisma*
3. *Tripod / Statif*
4. *Water Pass*
5. *Penggaris Siku*
6. *Radio*
7. *Meteran*
8. *Kapur Tulis*
9. *Center Punch*
10. *Solid Marker*
11. *Laptop*
12. *Software MK3B*
13. *Software AutoCAD*

- Bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. *Geometry Vertical Framing At ROW-L2*
2. *Jacket Leg Make Up*
3. *Dimensional Control Procedure*

2.3. Desain Penelitian



Gambar 2. Desain Penelitian

Pada gambar 2, menjelaskan proses bagaimana proses pekerjaan dilakukan mulai dari awal persiapan, pembuatan *point* tembakan, pengambilan data, perhitungan koordinat lokal, pengolahan data hasil tembakan, dan sampai pada saat penyerahan atau publikasi laporan gambar *Dimensional Control*.

2.4. Tahapan Pelaksanaan

2.4.1. Persiapan Sebelum Pengambilan Data

Sebelum melaksanakan pengambilan data di lapangan, terdapat hal-hal yang diperhatikan, sebagai berikut:

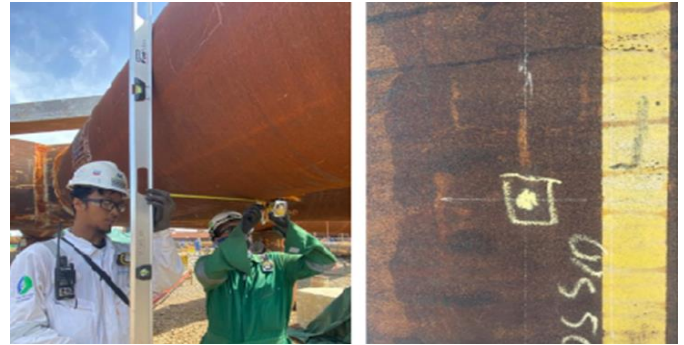
1. Pemeriksaan dimensi struktural harus berdasarkan titik dan pusat referensi teoretis atau desain garis struktur.
2. Alat dan bahan sudah disediakan agar pengukuran dapat berjalan lancar.
3. Alat ukur *Total Station* harus dalam keadaan baik dan valid kalibrasi.
4. *Dimensional Control Technician* harus melakukan pengukuran dimensi dan elevasi sebelum dan sesudah pengelasan.
5. Memastikan semua dimensi objek tidak di luar toleransi (*Out Of Tolerance*).
6. Setelah semua sudah sesuai dengan desain, dilanjutkan dengan pembuatan laporan yang akan diserahkan kepada perusahaan.

Setelah memastikan semua hal penting di atas, sekarang kita masuk ke tahap pelaksanaan pengukuran, sebagai berikut:

2.4.2. Pengambilan Data

2.4.2.1. Pembuatan *Centre Point* Sebagai *Target* Tembakan

Dalam pengambilan data, sebelumnya dibutuhkan *Center Point* (titik tengah). Titik ini digunakan sebagai titik tembakan. Di bawah ini adalah gambar proses pembuatan *Center Point*.



Gambar 3. Proses Pembuatan *Center Point* (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

Seperti yang tertera pada gambar 3, *center point* dibuat menggunakan levelpass, kapur tulis, solid marker dan meteran.

Center Point pada *Leg Jacket* dibuat dengan cara melevelkan *Water Pass* padasisi samping Tubular dan menarik meteran pada bagian bawah *Tubular* sepanjang setengah diameter *Tubular*. *Center Point* dapat dibuat pada bagian atas, samping dan bawah menyesuaikan kebutuhan yang mempermudah *Dimensional Control Technician* dalam melakukan pengambilan data.

2.4.2.2. Pengambilan Data Koordinat Menggunakan *Leica Total Station*

Pengambilan data di lapangan dengan memakai alat *Leica total station 16*. Setelah mendirikan alat *total station*, terlebih dahulu pastikan alat sudah berdiri dengan rata, lakukan *leveling* dan memastikan sudah berdiri presisi, kokoh dan tidak berada didekat benda yang bergerak, atau pun hal yang dapat mengganggu dalam pengambilan data di lapangan.

Pada gambar 4. di bawah ini, adalah gambar proses pengambilan data koordinat di lapangan menggunakan *Leica Total Station 16* dan *Leica Mini Prism* sebagai *target* tembakan:



Gambar 4. Proses Pengambilan Data Lapangan (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2023)

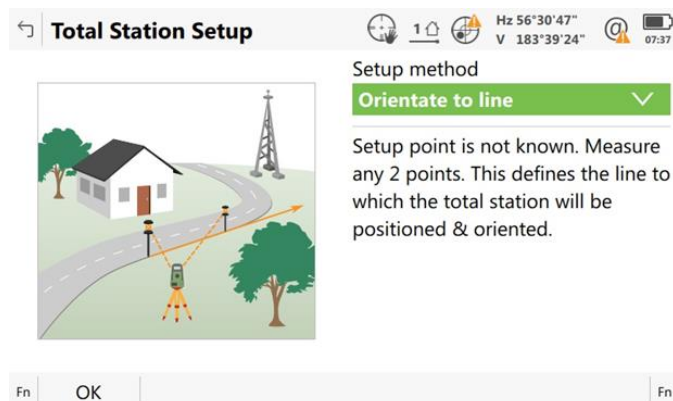
Data yang diambil pada pengukuran *leg jacket* khususnya pada penelitian ini adalah pada setiap elevasi *leg jacket*, data diambil sesuai dengan *center point* yang sudah dibuat pada gambar 3.

Data yang ditembak kemudian dicatat di dalam *field sheet* atau sketsa kerja yang berguna sebagai data yang mempermudah dalam melakukan pengolahan data.

2.4.2.3. Metode Pengambilan Data *Orientate To Line*

Setelah alat sudah dipasang dan berdiri sempurna, selanjutnya yaitu pengambilan data, langkah pertama adalah membuat *job* baru lalu masuk ke menu *setup*, di dalam menu *setup* kita dapat memilih metode apa yang digunakan. Dalam kasus penelitian saya, metode pertama yang digunakan adalah metode *orientate to line*, metode ini dapat digunakan untuk menghitung koordinat lokal 2D dan 3D untuk orientasi lingkaran horizontal.

Data yang dihitung berdasarkan jarak dan sudut ke dua titik sasaran. Titik sasaran pertama merupakan titik datum dan tembakan kedua merupakan referensinya, kedua titik ini juga akan menentukan arah kerja, yaitu arah Utara dan arah Timur. Dalam penelitian ini menggunakan arah Utara (*North Exist*). Selanjutnya yaitu pengambilan data dengan masuk ke menu *measure* dan menembak *point-point* yang sudah dibuat sebelumnya. Setelah data yang dibutuhkan sudah diambil semua, selanjutnya adalah membuat *point* buangan atau biasa disebut *Temporary point*, *point* buangan dibutuhkan minimal 3 *point* dan maksimal 10 *point*.



Gambar 5. Metode *Orientate To Line*
(Sumber: *Leica Total Station*, 2023)

2.4.2.4. Metode Pengambilan Data *Resection*

Resection, hal ini dilakukan karena dilakukannya perpindahan alat ketika melakukan pekerjaan, karena besarnya objek yang diteliti, maka sangat mungkin terjadinya perpindahan alat, maka dari itu *point* buangan yang dibuat harus dapat terlihat dari tempat berdirinya alat kedua dan seterusnya. Biasanya *point* buangan dibutuhkan minimal 3 *point*. Setelah selesai maka selanjutnya lakukan kembali *measure* dan mengambil seluruh data yang dibutuhkan.

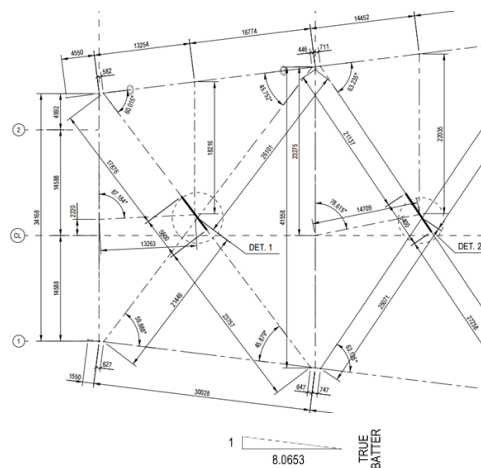


Gambar 6. Metode *Resection*
(Sumber: *Leica Total Station*, 2023)

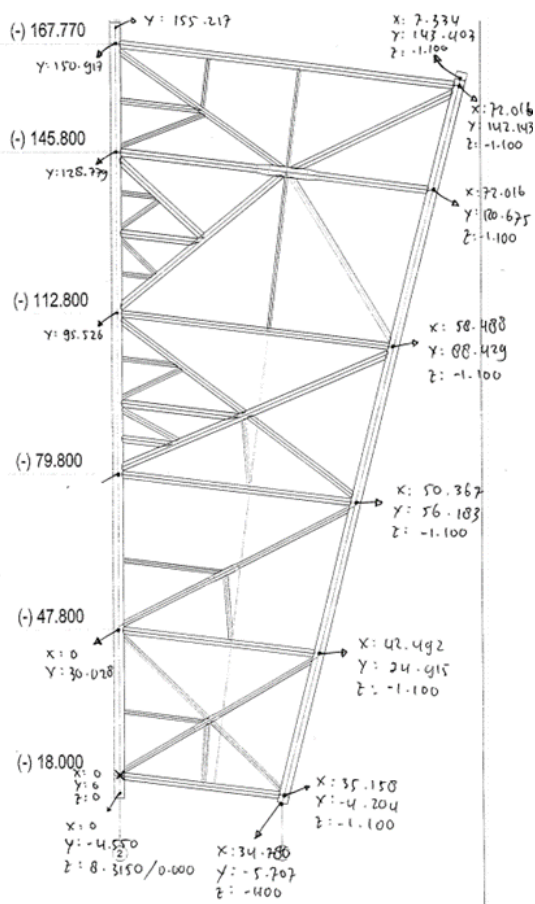
2.4.3. Perencanaan Koordinat Lokal

Sistem pengukuran yang digunakan oleh *Dimensional Control Technician* dalam pengukuran *leg jacket* adalah koordinat *Cartesian*, yaitu sistem koordinat tiga dimensi (3D) yang menampilkan koordinat *Easting*, *Northing* dan *Elevation*.

Pada pengukuran *leg jacket*, 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. Dibawah ini akan ditampilkan proses perhitungan perencanaan koordinat lokal pada *leg jacket row 2 elevation* (-) 18.000 untuk contoh perhitungan koordinat lokal (Teoritikal), sebagai berikut:



Gambar 7. Desain *Geometry Row 2*
(Sumber: *McDermott Detailing Engineer*, 2023)



Gambar 10. Teoritikal

2.5. Pengolahan Data

2.5.1. Export Data dari Total Station

Setelah melakukan pengambilan data di lapangan, kita dapat mengunduh hasil tembakan *Total Station*, file diunduh menggunakan *USB* dengan format file untuk mengolah di *MK3B* yaitu format *CRD*.

2.5.2. Pengolahan Data Menggunakan Aplikasi *MK3B*

MK3B merupakan perangkat lunak yang tersedia di *PT McDermott* yang berfungsi sebagai aplikasi pengolah data koordinat hasil dari pengambilan data di lapangan. Aplikasi ini juga dapat mengolah data 3 dimensi, metode pengolahan yang tersedia dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.

Setiap Kolom terdiri dari beberapa kolom yaitu *Name*, *Code*, Titik Koordinat *X*, *Y* dan *Z*, simbol *M* sebagai hasil perhitungan (jarak antara koordinat dan *radius* untuk sebuah lingkaran), dan simbol *D* untuk menampilkan sudut.

Berikut ini adalah langkah-langkah pengolahan data koordinat *Leg Jacket* menggunakan *Software MK3B*:



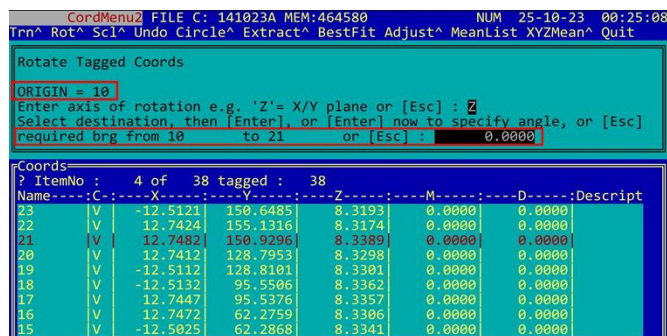
Gambar 11. Menu Awal *MK3B*

Gambar 11, merupakan tampilan awal setelah membuka aplikasi *MK3B*. Selanjutnya tekan tombol *ESC* pada *keyboard* dan pilih menu *C (Coord)*, lalu klik *R* untuk *Rread*.

2.5.3. Penentuan *Datum* Serta Proses *Rotate* dan *Translate*

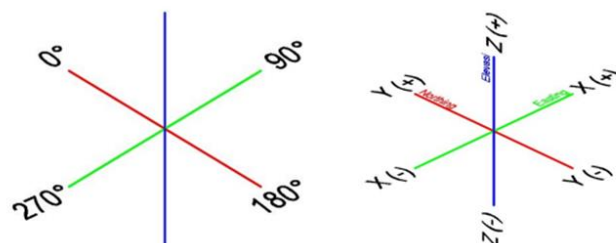
Tahap selanjutnya adalah menentukan *Datum* serta referensinya, penentuan ini berdasarkan perencanaan kertja dan *Field Sheet* atau sektsa kerja yang sudah dibuat

Berdasarkan perencanaan perhitungan pengambilan data dilapangan, point yang di gunakan sebagai datum adalah point tembakan nomor 10 dan point tembakan nomor 21 sebagai referensinya.



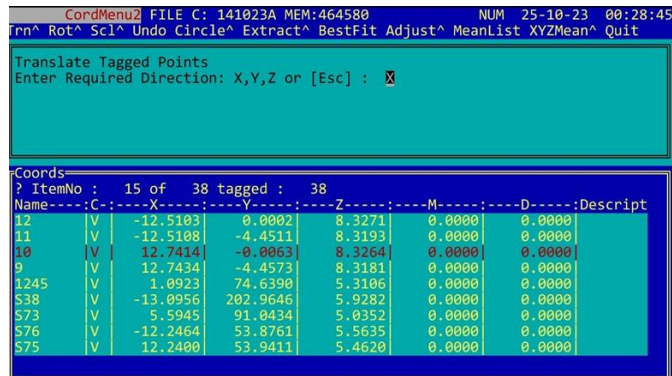
Gambar 12. Proses *Rotate*

Gambar 13. di bawah, merupakan arah putaran atau rotasi pada software *MK3B* yang dimana memiliki tiga sumbu yaitu *X (Easting)*, *Y (Northing)* dan *Z (Elevation)* (3D):



Gambar 13. Arah Putaran *MK3B*

Proses Rotasi dilakukan dengan cara menekan tombol R (*Rotate*) pada *Cord Menu 2* dan memilih point yang akan di *rotate* serta point destinasi rotasi. Proses pemutaran sudut orientasi menghasilkan kelurusan pada titik datum terhadap titik referensi, sumbu yang diputar adalah sumbu Z (*Elevation*) dan yang diputar adalah titik 10 ke titik 21 sebesar 0°.



Gambar 14. Proses Translate

Selanjutnya adalah tahap *translate*, dilakukan dengan cara masuk ke menu 2 dengan menggunakan tombol M (*Cord Menu 2*), lalu melakukan translasi dengan menekan tombol T (*Translate*) lalu masukkan besaran translasi, dan software akan mentranslasi point yang ditandai.

2.5.4. Autodesk AutoCAD Sebagai Software Pembuatan Laporan Kerja

AutoCAD merupakan software komputer *CAD* untuk gambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang dikembangkan oleh *Autodesk*. Seluruh lini produk *AutoCAD* merupakan software *CAD* yang paling banyak digunakan di dunia. *AutoCAD* digunakan oleh insinyur sipil, pengembang real estate, arsitek, insinyur mesin, desainer interior, dan lain-lain. Ini adalah langkah terakhir dalam proses pencarian.

Software *AutoCAD* digunakan untuk menghasilkan laporan hasil pengukuran berupa laporan pengendalian dimensi, laporan tersebut ditampilkan dalam tampilan denah, laporan tersebut berhubungan khusus dengan tahap konstruksi proyek pekerjaan

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengolahan data di MK3B			
No	Easting	Northing	Elevation
1	35.1209	-4.4057	-1.0968
2	34.8123	-5.6199	-1.0973
3	72.0331	142.1563	-1.0978
4	72.3264	143.3254	-1.0952
5	42.506	24.911	-1.0869
6	66.6234	120.6924	-1.0869
7	50.3833	56.1802	-1.0913
8	58.4983	88.4348	-1.094

9	-0.008	-4.463	-1.1134
10	-0.007	-0.012	-0.009
11	-25.2592	-4.4568	-0.0007
12	-25.2587	-0.0055	-0.0078
13	-0.01	30.0192	0.0139
14	-25.2477	29.9293	0.0112
15	-25.2537	62.28	0.0133
16	-0.004	62.2702	0.007
17	-0.008	95.5319	0.0035
18	-25.2659	95.5438	0.0086
19	-25.2654	128.8033	0.0091
20	-0.013	128.7896	0.003
21	-0.007	150.9239	0.0027
22	-0.013	155.9239	0.0018
23	-25.2673	150.6417	-0.0097
24	-25.2618	155.2451	-0.0078

Tabel 1. Koordinat Hasil Olahan di MK3B

Pada tabel 1. di atas, adalah hasil data koordinat yang sudah di olah di MK3B, selanjutnya adalah proses perhitungan *ERROR*, untuk *leg jacket* L2.2 dapat dibaca secara langsung *ERROR* nya yaitu *point* tembakan nomor 9, 10, 13, 16,17, 20, 21, 22. Sedangkan untuk *leg jacket* L2.1 untuk membaca *ERROR* harus dilakukan perbandingan data aktual di lapangan terhadap teoritikal terlebih dahulu dengan cara di kurang.

Setelah semua *ERROR* sudah di dapat selanjutnya dilakukan *compare* suhu (Koefisien muai suhu baja karbon) pada bacaan Y (*Northing*) dengan rumus $((0,0000116 \times (\text{Suhu lapangan}^0 - 20^0) \times \text{Panjang Baja})$.

Setelah semua tahap dilakukan barulah didapat *ERROR* yang sebenar-benarnya, jika *ERROR* di luar toleransi maka di tandai dengan *cloud*, namun pada penelitian ini nilai *ERROR* semua nya masuk ke dalam toleransi. Berikut toleransi prosedur dan hasil laporan kerja pada penelitian *Leg Jacket* L2.1 dan L2.2:

Company:	Doc No.: 2200-814549-QA-6050-00005	Rev.: 06
Contractor:	Doc No.: R3695-000-QA-PR-000001	Rev.: 2

No	Category	Check Item	Tolerances	Spec/ Code	Verifying Document	Inspection Surveillance				Remark
						Production	DC Surveyor	Client	Client	
8	Support Can	Position	±10 mm	MCD Industry Practice	Report	H				
		Level	±13 mm	MCD Industry Practice	Report	H				
9	Jacket Bent Row	Straightness check	±10 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Distance between legs, Diagonal/ Squaresness check	At stabbing ±10 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Orientation of Quarter lines	±5 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Leveling check	±13 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Length of Jacket Leg	±25 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
10	Horizontal Framing	Squares position	±10 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Squaresness check	±10 mm at Top of jacket, ±20 mm at other elevation	ISO 19902	Report	H	H	H		
		Level check of framing	±13 mm	ISO 19902	Report	H	H	H		
		Brace length on to Row	±13 mm	ISO 19902	Report	H	H	H		
		Location of Conductor guide	±6 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		
		Squaresness of Conductor frame	±6 mm	MCD Industry Practice	Report	H	H	H		

Gambar 15. Dimensional Control Procedure (Sumber: Shell Crux Project, 2023)

- Manninen, Markku. and Jaatinen, Jarl. (1991). *The National Shipbuilding Research Program, 1991 Ship Production Symposium Proceedings: Paper No. VIIB-2: Productive Method and System to Control Dimensional Uncertainties at Final Assembling Stages in Ship Production*. Finland: Naval Surface Warfare Center CD Code 2230
- Syam, WP. (2018), Metrologi Manufaktur: Analisis rantai variasi dalam proses perakitan produk. [online]
- Uchikoshi, Junichi; Shimada, Shoichi; Ikawa, Naoya; Komura, Akio; Kasai, Toshio (1995). *SPIE Proceedings [SPIE International Conferences on Optical Fabrication and Testing and Applications of Optical Holography - Tokyo, Japan (Monday 5 June 1995)] International Conference on Optical Fabrication and Testing - <title>Straightness measurement using laser beam straight datum</title>*, 2576(), 315-322. doi:10.1117/12.215602
- Xin Li, Jingwei Dong, Jing Liu, Mingfa Feng, "Research on the portable photoelectric railway ruler," *Proc. SPIE 4927, Optical Design and Testing, (20 September 2002)*; <https://doi.org/10.1117/12.471661>
- Diambil dari: <https://osf.io/preprints/inarxiv/zdfxm>