

Pengukuran Material Pada Bak Truk Berbasis Citra

Reddy A. Harianto, *Teknik Informatika Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya (ISTTS)*

Abstrak— Proses pengukuran Material bak Truk membutuhkan waktu yang lama jika dilakukan dengan manual. Pengukuran Material Pada Bak Truk Berbasis Citra adalah sebuah terobosan untuk mengukur volume material secara otomatis menggunakan stereo image dengan durasi yang cepat. ZED Stereo Camera digunakan untuk scanning bak truk dan NVIDIA Jetson TX 1 digunakan menghitung muatannya. Pada tahap scanning dilakukan berbagai proses pengolahan citra seperti grayscale, blurring, thresholding otsu, morphology operation dengan tujuan mengambil nilai depth bak truk dan mencari jarak maksimum serta minimum pada depth bak truk. Proses scanning dilakukan 2 kali yaitu pada saat truck kosong dan truk yang terdapat muatan. Setelah kedua data scanning terpenuhi dilakukan tahap perhitungan material dengan mengolah depth value, sebelumnya depth value dilakukan normalisasi terlebih dahulu. Setelah nilai depth didapatkan dilakukan rumus perhitungan volume pada bak yang berisi, dan juga di lakukan perhitungan volume bak kosong. Selisih dari nilai bak kosong di dibandingkan dengan nilai bak isi inilah yang disebut sebagai volume muatan bak truk. Uji coba dilakukan pada jam 07.00-17.30 dengan truk yang berbeda. Terdapat 147 data percobaan terdapat 31 data yang tidak dapat ditemukan nilai depth value nya di karenakan pencahayaan yang kurang baik pada proses scanning. Dari scanning yang berhasil diprediksi nilai volume nya dan dibandingkan dengan nilai volume dengan metode perhitungan manual RMSE perhitungannya pada angka 0.814.

Kata Kunci— *Depth, Muatan Kosong, Muatan Material, Pengukuran Material.*

I. PENDAHULUAN

Pada bidang kontraktor untuk mengetahui volume atau massa material dengan cara manual yaitu harus meratakan material terlebih dahulu dan menghitung volume material dengan menggunakan meteran untuk mengukur panjang bak truk, lebar bak truk, dan tinggi material. Kelemahan cara ini yaitu pengukuran membutuhkan tenaga yang sangat banyak dan juga membutuhkan waktu yang lama [1].

Jembatan timbang sudah banyak [2], [3] digunakan untuk mengatasi masalah pengukuran volume material dengan cara manual. Cara kerja jembatan timbang yaitu menimbang massa truk muatan dikurangi dengan massa truk muatan kosong. Kelemahan dari jembatan timbang adanya kecurangan dengan cara mengatur load cell, Ketika terjadi hujan akan mengalami kerugian pada pihak pembeli karena material menjadi basah, sehingga massa yang terdeteksi jembatan timbang adalah massa material yang basah.

Kendala lain adalah tidak semua pembeli memiliki jembatan timbang karena biaya yang sangat mahal, sehingga mereka biasanya menggunakan jembatan timbang supplier yang rentan untuk dicurangi agar tagihan membengkak. Pada 2016 Pemerintah pusat mengambil alih jembatan timbang dari pemda karena sulitnya mengontrol proses nya dan maraknya kecurangan yang terjadi [4].

Kebiasaan melakukan kecurangan dapat memberikan dampak negatif seperti operator atau pengawas lapangan dapat disuap oleh supplier untuk melakukan kecurangan yang dapat merugikan kepada pihak pembeli itu sendiri. Hal curang tersebut dilakukan agar supplier mendapatkan keuntungan dari kelebihan muatan material yang tidak seharusnya

Kecurangan harus diminimalkan secara maksimal dengan memberikan sistem yang dapat mengawasi semua kegiatan pengukuran, mendigitalkan proses pengukuran dan membuat sistem yang terdapat akses berjenjang. Solusi untuk mengatasi masalah kecurangan yang sering terjadi adalah membuat sistem yang dapat mengukur material pada bak truk dengan gabungan sensor-sensor kamera. Kamera yang digunakan tidak dapat menggunakan kamera biasa, melainkan dengan menggunakan kamera yang memiliki depth sensor untuk mendapatkan kedalaman material pada bak truk. Perbandingan kedalaman antara bak isi dan bak kosong digunakan untuk menghitung volume truk. Tujuan penelitian ini adalah membuat sebuah sistem yang mampu menghitung volume bak truk dari stereo image dan membuat software mendigitalkan pengukuran bak truk yang memiliki batasan-batasan akses proses pengukuran. Selain itu dengan metode penelitian ini proses pengukuran dapat lebih cepat dan biaya peralatan untuk mengukur lebih murah

II. TEORI DASAR

Teori Dasar menjelaskan teori-teori yang mendasari sistem pengukuran material pada bak truk. Terdapat 8 bagian teori-teori dasar yaitu ZED Stereo Camera, NVIDIA Jetson TX 1, Thesholding Otsu, Erosi, Canny Edge Detection, Region of Interest, dan Perspective Transform.

A. ZED Stereo Camera



Gambar. 1. ZED Stereo Camera

Pada Gambar 1 adalah ZED Stereo Camera yang merupakan kamera stereo pasif yang mereproduksi cara

penglihatan manusia bekerja dengan menggunakan dua lensa dan melalui triangulasi serta memahami sekitarnya dan membuat model tiga dimensi dari objek yang diobservasi.

B. NVIDIA Jetson TX1 Developer Kit



Gambar. 2. Jetson TX 1 Developer kit

Pada Gambar 2 adalah Jetson TX1 Developer Kit sebagai platform yang memiliki fitur lengkap untuk melakukan visual computing dengan cepat. Operasi sistem yang kompatibel adalah Linux karena sudah mendukung banyak APIs dan didukung oleh NVIDIA. Board memiliki hardware seperti AC adapter dengan power cord, USB micro B ke USB A adapter, dan dua antena wi-fi. Dengan hardware-hardware tersebut, dapat melakukan komputasi dengan kinerja maksimal. Jetson TX1 Developer Kit memiliki hardware yang paling penting yaitu NVIDIA Jetson TX1 pada Gambar 3 adalah modul supercomputer yang berukuran kecil untuk melakukan visual computing dengan kinerja yang tinggi. Spesifikasinya terbuat dari revolusi arsitektur NVIDIA Maxweel™ dengan 256 NVIDIA CUDA cores untuk mengirim melalui kinerja 1 TeraFlops, 64-bit CPUs, 4K video encode dan decode, dan interface kamera dengan kemampuan 1400 MPix/s yang dapat digunakan untuk deep learning, computer vision, GPU, dan grafik sebagai embedded visual computing.

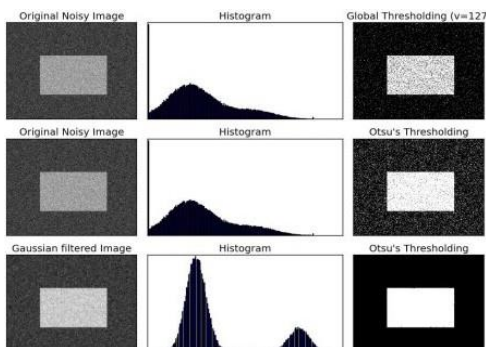


Gambar. 3. NVIDIA Jetson TX 1

C. Thresholding Otsu

Thresholding Otsu adalah metode untuk mensegmentasi citra digital dan melakukan penyeleksian nilai threshold dari histogram-histogram citra abu-abu. Metode penyeleksian nilai threshold dilakukan dengan memakai pendekatan statistika.

Pada Gambar 4 dapat dilihat gambar proses citra yang mengalami Thresholding Otsu.



Gambar. 4. Thresholding Otsu

D. Erosi

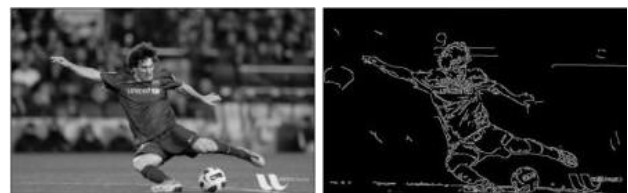
Erosi merupakan teknik lain Morphological Image Processing[5] yang digunakan untuk mengolah bentuk dan struktur dari suatu objek dengan melakukan proses penghapusan titik-titik objek menjadi bagian dari latar berdasarkan structuring element yang digunakan. Proses ini akan membuat ukuran sebuah citra menjadi lebih kecil. Erosi dilakukan dengan memindahkan piksel pada batasan-batasan objek yang akan dilakukan proses Erosi. Jumlah dari piksel yang ditambah atau dihilangkan bergantung pada ukuran dan bentuk dari structuring element yang digunakan untuk memproses citra tersebut. Pada Gambar 5 adalah proses dari citra asli menjadi citra setelah mengalami erosi



Gambar. 5. Contoh Hasil Dilasi dan erosi

E. Canny Edge Detection

Canny Edge Detection[6] merupakan salah satu teknik edge detection yang cukup sering digunakan dalam pengolahan citra karena ketebalan edge yang bernilai satu piksel dimaksudkan untuk melokalisasi posisi edge pada citra secara sepresisi mungkin. Pada Gambar 6 adalah gambar proses citra asli menjadi citra setelah mengalami proses Canny Edge Detection.



Gambar. 6. Canny Edge Detection

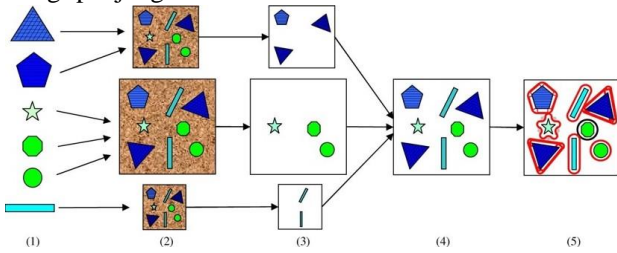
F. Region of Interest

Region of Interest adalah suatu bagian dari citra yang dipilih untuk kemudian diproses. Daerah tersebut dibedakan dengan menggunakan klasifikasi dan masking. Jika piksel pada mask tidak nol, maka pemrosesan citra dilakukan. Sebaliknya jika piksel pada mask sama dengan nol, proses tidak dijalankan.

Setelah daerah yang diinginkan ditemukan, daerah tersebut ditandai dengan kotak untuk membatasi daerah yang akan dikenali. Proses Region of Interest (ROI) berbeda dengan block processing yang mana memilih bagian citra yang akan diambil untuk diproses. Bagian dari citra dalam block processing merupakan bagian citra utuh yang digunakan dalam pengolahan citra.

Dalam Region of Interest, citra dapat didefinisikan lebih dari satu region (bagian). Bagian tersebut dapat berbentuk poligon yang berupa piksel yang contiguous atau berupa range dari intensitas. Dengan kata lain, piksel tidak harus selalu contiguous. Region of Interest sangat membantu untuk segmentasi dalam pemrosesan citra

karena dengan menggunakan teknik ini citra atau obyek dapat lebih mudah dikenali. Pada Gambar 7 adalah proses region of interest untuk mendapatkan region of interest segitiga, segilima, bintang, segi delapan, lingkaran, dan persegi panjang dari sebuah citra.



Gambar. 7. Region of Interest

G. Perspective Transform

Teknik ini memungkinkan untuk merubah bentuk citra asli mengikuti bentuk citra yang dibentuk sebelumnya, sehingga bentuk citra yang akan didapatkan akan cenderung sama. 4 buah titik potong akan digunakan sebagai referensi dalam Perspective Transformation [7]. Setelah 4 buah titik awal didapatkan, selanjutnya menentukan 4 titik tujuan yang akan dijadikan sebagai citra baru. Pada Gambar 8 adalah proses citra asli menjadi citra setelah mengalami proses Perspective Transformation.



Gambar. 1. ZED Stereo Camera

Semua filter-filter image processing yang digunakan pada penelitian ini telah di dukung oleh library opencv [8], pada penelitian ini juga digunakan opencv untuk image processing nya.

H. Pengukuran Bak Truk

Penelitian terkait dengan dump truck tidak hanya menggunakan kamera saja dalam proses penghitungan berat terdapat penelitian lain yang memodifikasi truck dengan pendekatan magnetic [9], [10], dengan memanfaatkan center gravity dari truk [11] dan juga gabungan fuzzy logic dan Neural Network dalam estimasi berat truck [12].

Selain itu untuk menghindari kecurangan terdapat sistem yang menambahkan suatu device wireless [13] pada truck seperti rfid yang harus di scan pada sistem, wireless tersebut membawa informasi data terkait dengan muatan dan data barang, Sistem ini digunakan karena banyak yang melakukan kecurangan dengan mengubah dokumen. Jika dengan wireless device ini maka akan lebih sulit melakukan kecurangan pada berat barang.

III. DESAIN SISTEM

Penjelasan mengenai sistem ini melingkupi desain kerangka, desain kamera, desain konektivitas, prosedur operasi standar, arsitektur sistem, fitur, dan desain algoritma. Selain penjelasan mengenai kronologis sistem, juga akan diberikan gambaran mengapa sistem tersebut

tidak jadi digunakan dalam penelitian ini beserta solusi yang diterapkan dijumpai pada saat melakukan penelitian.

A. Desain Kerangka.

Desain kerangka terinspirasi dari desain kerangka load scanner yang memiliki desain portable, tiang back stays, kokoh, memiliki tempat penyimpanan, dan meja kerja seperti prototipe pada Gambar 9. Setelah itu, dapat dikonsultasikan kepada tukang las dan kemudian dibuatlah desain kerangka yang nyata. Desain ini memiliki kelebihan diantaranya yaitu:

1) Portable

Desain portable memiliki konsep sama seperti gerobak. Ketika kerangka sudah dipindah ke tempat yang dituju, kerangka dapat dikunci dengan 4 kaki yang fleksibel sebagai penopang agar tidak berpindah-pindah.

2) Tiang Kerangka

Tiang kerangka memiliki konsep seperti antenna yang dapat ditarik. Cara untuk menaikkan dengan cara memasukkan baut-baut besi untuk menahan tiang-tiang berikutnya saat dinaikkan dan cara menurunkannya dengan cara menarik baut-baut besi yang sedang menahan tiang-tiang yang sedang terpasang.

Tinggi tiang menjadi kunci utama dalam pengukuran material. Pencarian ketinggian yang tepat dilakukan dengan memahami berbagai ukuran-ukuran truk dari yang kecil sampai besar. Desain alat ini nantinya akan digunakan oleh jenis truk yang kecil sampai besar. Terdapat tiga hal sebagai penentu ketinggian tiang back stays yaitu ketinggian truk, jarak minimum kamera, dan jarak tak terduga.



Gambar. 9. Prototipe Desain Kerangka

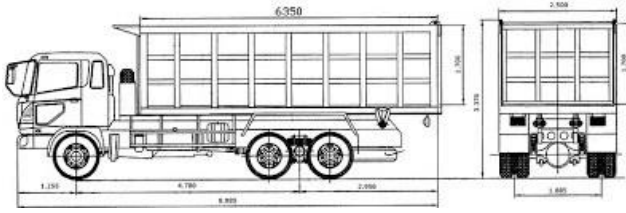
3) Ketinggian Truk

Patokan yang digunakan untuk ketinggian truk adalah truk besar. Truk besar seperti pada Gambar 10 memiliki tinggi 3,37 meter serta panjang 8,985 meter dengan tinggi bak truk 1,7 meter, tetapi spesifikasi setiap truk berbeda-beda. Perbedaan yang paling mencolok adalah pada ketinggian bak truk, sehingga disimpulkan ketinggian truk paling tinggi adalah 4 meter.

4) Jarak Minimum Kamera

Kamera dapat mengukur depth dengan ketentuan minimum jaraknya adalah 1 meter. Jika objek memiliki jarak dibawah 1 meter, ada kemungkinan objek tidak

teridentifikasi karena dianggap terlalu dengan kamera.



Gambar. 10. Spesifikasi Dump Truck Besar

5) Jarak Tak Terduga

Jarak tak terduga juga diperlukan untuk mengantisipasi panjangnya truk besar yang sangat panjang, sehingga perlu diberikan jarak 1 meter lagi. Ketinggian tiang back stays dijumlahkan dari ketinggian truk paling tinggi (4 meter), minimum jarak kamera dengan objek (1 meter), dan jarak takterduga (1 meter) yang totalnya menjadi 6 meter.

6) Kokoh

Desain kerangka ini cukup tinggi sampai mencapai 6 meter. Oleh karena itu, diperlukan kekokohan kerangka agar tidak mudah tumbang tertiuip oleh angin. Bahan yang digunakan untuk membuat kerangka adalah besi dan plat besi.

7) Tempat Penyimpanan

Tempat penyimpanan terletak pada tengah-tengah gerobak kerangka yang ditutup oleh plat besi. Ukuran tempat penyimpanan memiliki panjang 1 meter dan lebar 0,5 meter. Terdapat tempat untuk mengunci tempat penyimpanan menggunakan gembok agar lebih aman dan tidak dicuri.

8) Meja Kerja

Tutup dari tempat penyimpanan yang terbuat dari plat besi bisa digunakan sebagai meja kerja untuk operator. Ukuran meja kerja memiliki panjang 1 meter dan 0,5 meter.

Pada proses pembangunan kerangka, tentunya dibutuhkan desain untuk dapat membangun kerangka agar dapat menjalankan pengukuran material yang diperlukan. Kerangka yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan bahan besi agar kokoh. Gambar 11 di bawah ini menunjukkan kerangka dengan spesifikasinya yang digunakan untuk pengukuran material.

Desain akhir bentuk kerangka dalam penelitian ini mengalami serangkaian percobaan dan pergantian bentuk sebelum sampai kepada desain kerangka tahap akhir ini. Meskipun desain kerangka ini merupakan desain akhir pada penelitian ini, tidak menutup kemungkinan kerangka ini masih dapat dikembangkan ke desain yang lebih baik lagi.

1) Pengaturan Depth

Konfigurasi kamera diperlukan agar pengukuran material dapat dilakukan dengan baik. Hal yang harus diatur adalah pengaturan video, depth, dan adaptasi cahaya. Kualitas gambar saat pengambilan dapat ditentukan melalui pengaturan video. Sedangkan, pengaturan gambar depth dapat ditentukan konfigurasinya sesuai dengan keperluan.



Gambar. 11. Spesifikasi Kerangka

2) Pengaturan Video

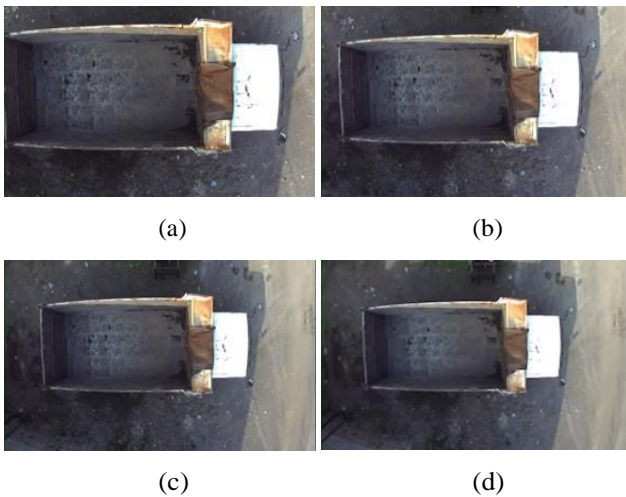
Mode Video terdiri dari resolusi, frame rate per second, dan sudut kamera seperti pada Tabel 1. Mode Video hanyalah nama lain dari ukuran resolusi tersebut. Dalam pengukuran material ini, mode video yang digunakan adalah 720p seperti pada Gambar 12 (c) atau dengan resolusi 2560x720 piksel karena memiliki sudut kamera terlebar kedua dengan kualitas resolusi yang bagus. Kualitas mode WVGA memang terlebar pertama, tetapi foto yang diambil terlalu kecil resolusinya. Frame rate yang digunakan adalah 60 fps agar gambar yang diproses setiap detiknya menjadi lebih maksimal mengikuti keadaan nyata.

TABEL I
TABEL MODE ZED STEREO CAMERA

Mode Video	Resolusi	Frame Rate per Second	Sudut Kamera
2.2K	4416x1242	15	Wide
1080p	3840x1080	30, 15	Wide
720p	2560x720	60, 30, 15	Extra Wide
WVGA	1344x376	100, 60, 30, 15	ExtraWide

3) Pengaturan Depth

Terdapat 3 hal konfigurasi depth yang diperlukan yaitu konfigurasi pada mode depth, satuan, dan sensing. 3 hal ini memiliki peran masing-masing untuk membantu dalam pengukuran material. Mode depth dapat membantu untuk mendeteksi bagian truk saja dengan sensing mode yang memiliki jenis keakurasian depth untuk mengukur dalam satuan yang diperlukan.

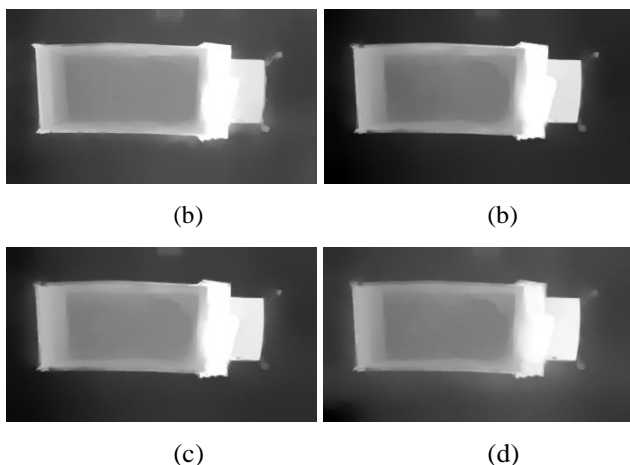


Gambar . 12. Hasil Foto Kamera ZED Stereo Camera

• Mode Depth

Beberapa mode depth tersedia untuk meningkatkan kinerja sesuai dengan pengaplikasiannya. Terdapat 4 jenis mode depth yaitu ultra, quality, medium, dan performance. setiap mode ini menyesuaikan tingkat akurasi, jangkauan dan kinerja komputasi dari modul penginderaan kedalaman.

Mode ultra memberikan rentang kedalaman tertinggi dan lebih baik mempertahankan akurasi Z seperti Gambar 13 (a), mode quality menawarkan kompromi antara kualitas dan kecepatan serta masih mengutamakan kualitas seperti pada Gambar 13 (b), mode medium menawarkan kompromi antara kualitas dan kecepatan serta masih mengutamakan kecepatan seperti pada Gambar 13 (c), mode performance menonaktifkan beberapa pemfilteran dan operasi pada resolusi yang lebih rendah untuk meningkatkan kinerja dan frame rate seperti pada Gambar 13 (d).



Gambar . 13. Hasil Foto Kamera ZED Stereo Camera

• Satuan

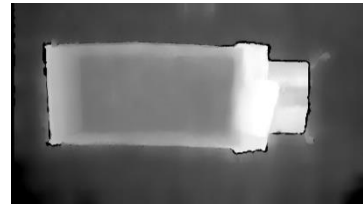
Satuan ini berpengaruh pada data point cloud yang akan diambil oleh kamera. Standar satuan yang digunakan kamera adalah millimeter. Perubahan satuan dapat dilakukan ke satuan meter, centimeter, kaki, dan inci.

• Mode Sensing

Terdapat 2 jenis mode sensing yaitu mode Standard dan

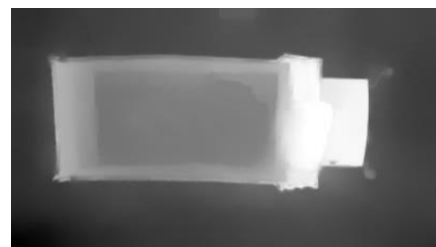
Fill. Mode standard dan fill memiliki hasil perbedaan gambar depth yang diambil oleh kamera. Penggunaan mode ini dapat ditentukan sesuai dengan keperluan untuk pengolahan citra yang diinginkan.

Mode Standard adalah mode pendeteksi kedalaman default pada kamera. Mode Standard mempertahankan metrik serta bentuk jarak dan berjalan lebih cepat daripada mode fill, tetapi berisi lubang karena oklusi visual dan penyangiran. Lubang-lubang ini diwakili oleh area hitam di kedalaman gambar. Pada Gambar 14 adalah contoh foto dengan mode depth Standard.



Gambar . 14. Foto dengan Mode Depth Standard

Mode fill memberikan kepadatan depth dengan nilai z untuk setiap piksel (x, y) di gambar kiri. Mode fill mengisi lubang dan oklusi di peta kedalaman dan menambahkan tahap penyangiran yang memperbaiki tepi dan stabilitas sementara, tetapi dapat mengubah jarak objek yang sebenarnya. Mode ini membutuhkan lebih banyak resource dan akan berjalan pada fps yang lebih rendah daripada mode standard. Pada Gambar 15 adalah contoh foto dengan mode depth fill.



Gambar . 15. Foto dengan Mode Depth Fill

Dalam pengukuran material, jenis mode depth yang digunakan adalah mode fill. Alasan menggunakan mode depth fill karena objek tidak memiliki lubang yang nantinya akan memberikan hasil thresholding otsu yang baik untuk mencari region of interest.

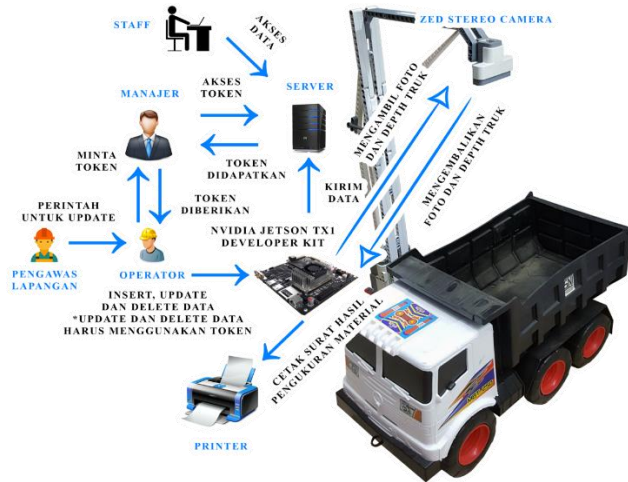
• Pengaturan Adaptasi Cahaya

Pengaturan adaptasi cahaya pada kamera sangat diperlukan sama seperti mata manusia yang perlu adaptasi setelah bangun tidur. Kamera membutuhkan waktu untuk beradaptasi menstabilkan cahaya yang masuk. Waktu yang diperlukan untuk adaptasi adalah 3,75 detik. Pada Gambar 16 adalah perbedaan tidak menggunakan adaptasi dan adaptasi 3,75 detik.



Gambar . 16. Perbedaan Tidak Menggunakan Adaptasi dan Adaptasi 3,75 Detik

B. Arsitektur Sistem



Gambar . 17. Foto dengan Mode Depth Standard

Arsitektur sistem sistem seperti pada Gambar 17 dapat terjadi dengan kerjasama yang baik dari setiap peran yang diperlukan. Semua data akan berpusat pada server sebagai tempat penyimpanannya. Terdapat 4 peran yang diperlukan dalam alur kerja yaitu peran operator, pengawas lapangan, manajer, dan staf. Setiap peran memiliki tanggung jawab masing-masing sesuai dengan jabatan pekerjaannya. Operator memiliki peranan besar di dalamnya serta dibantu diawasi oleh pengawas lapangan dan manajer memiliki peran dalam menjaga sekuritas data untuk memahami setiap kejadian masalah.

1) Operator

Operator adalah pengguna yang mengoperasikan pengukuran material pada bak truk. Peran operator yaitu memastikan truk harus berhenti di scan area dan melepas tutup terpal agar pengukuran mampu menjangkau material pada bak truk. Setelah itu, meminta surat jalan dan menginputkan data-data seperti satuan yang digunakan (m3 atau ton), nomor polisi, nama, jenis material, tujuan pengiriman (hanya untuk kegiatan penjualan), dan menanyakan validasi data yang diinputkan secara lisan kepada sopir truk agar tidak terjadi kesalahan data. Jika terdapat keperluan untuk mengukur material menggunakan satuan ton, maka operator harus menginputkan massa jenis material yang diberikan oleh pengawas lapangan. Langkah berikutnya adalah operator memproses pengukuran material yang hasilnya akan dicetak pada printer.

Jika terjadi keperluan untuk update, delete, dan menandai data, operator memerlukan token untuk melakukan hal tersebut. Token dapat diperoleh dari manajer. Operator harus menginputkan keterangan alasan melakukan update atau hapus data tersebut.

2) Pengawas Lapangan

Pengawas Lapangan akan memberikan massa jenis material jika terdapat keperluan untuk mengukur material menggunakan satuan ton. Massa jenis material dapat diperoleh dari hasil lab material proyek tersebut atau nilai sudah diberikan oleh pihak pembeli. Jika nilai massa jenis material dari pembeli, harus diselidiki dulu keakuratan nilai tersebut serta harus dapat dipertanggungjawabkan oleh pengawas lapangan.

Peran penting lainnya dari pengawas lapangan adalah memantau semua surat jalan hasil pengukuran material. Jika terjadi kesalahan data pada surat jalan hasil pengukuran material, maka pengawas lapangan meminta operator untuk update data tersebut dan mencetak surat jalan hasil pengukuran material yang baru.

Pengawas Lapangan dapat memberikan izin untuk tetap melakukan pengukuran jika terdapat masalah teknis pada lapangan seperti tidak membawa surat jalan dan mencurangi muatan. Jika saat kegiatan ditemukan mencurangi muatan, maka pengawas lapangan berhak memotong hasil pengukuran material dan meminta operator untuk menandai curang dan mengurangi nilai pengukuran material.

3) Manajer

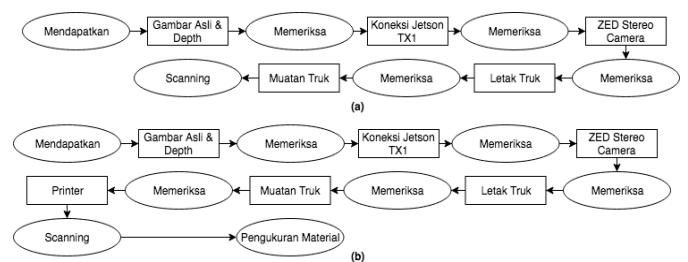
Batasan hak akses pada operator akan dibatasi menggunakan token, sehingga kecurangan yang terjadi akan terminimalkan. Hanya manajer yang dapat mengakses sistem untuk mengambil token. Token tersebut akan diberikan kepada operator untuk keperluan update, delete, dan menandai data. Dengan cara ini, manajer dapat mengetahui kejadian operator melakukan update, delete, dan penandaan data untuk memahami kejadian pada lapangan.

4) Staf

Staf dapat melihat stok pada sistem untuk keperluan koleksi data untuk administrasi kantor.

C. Pengukuran Material Bak

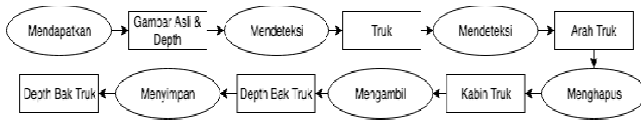
Scan area yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebuah sistem yang mampu memvalidasi scan area ketika ingin scanning. Setelah pemeriksaan scan area berhasil, sistem melanjutkan scanning. Terdapat 2 pemeriksaan scan area yaitu pemeriksaan scan area saat scanning pertama seperti pada Gambar 18 (a) dan scanning kedua yang dapat dilihat pada Gambar 18 (b).



Gambar . 18. Arsitektur Sistem Pemeriksaan Scan Area

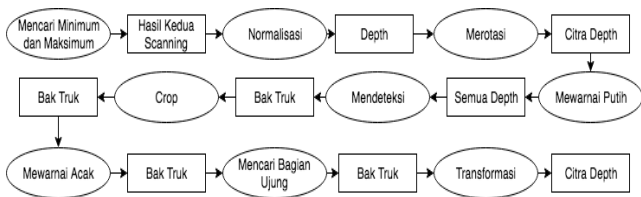
Pada tahap pemeriksaan scan area untuk scanning pertama, tidak perlu memeriksa printer karena masih belum perlu untuk mencetak report. Sedangkan, pada tahap pemeriksaan scan area untuk scanning kedua, perlu memeriksa printer untuk keperluan mencetak printer. Sistem akan memeriksa muatan apakah sedang bermuatan material atau kosong. Pada tahap pemeriksaan scan area untuk scanning kedua, terdapat pemeriksaan muatan material yang akan dapat memeriksa apakah muatan tersebut berlawanan status muatannya dengan scanning kedua. Ketika scanning pertama bermuatan material, maka scanning kedua harus bermuatan kosong.

Scanning penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mendapatkan depth pada bagian bak yang difotokan oleh ZED Stereo Camera yang dioperasikan oleh NVIDIA Jetson TX 1 yang nantinya akan menghitung muatan material pada truk tersebut. Sistem yang akan dibuat adalah mampu mendeteksi bak sebagai fokusnya tempat material dan menyimpan depth pada bak tersebut yang nantinya akan diolah lagi pada sistem pengukuran material seperti pada Gambar 19.



Gambar . 19. Arsitektur Sistem Scanning

Setelah proses scanning kedua selesai, akan dilanjutkan mendapatkan ujung-ujung pada bak truk untuk memotong citra depth bagian bak truk saja. Sistem yang akan dibuat akan melakukan berbagai tahapan untuk mengolah gambar dan depth agar dapat terfokus pada bagian bak saja seperti pada Gambar 20.



Gambar . 20. Arsitektur Sistem Pengambilan Bak Truk

Awalnya akan dicari minimum dan maksimum kedua scanning bertujuan untuk normalisasi depth. Tahap Dari Normalisasi sampai Transformasi akan dialami pada kedua data scanning yaitu bermuatan material dan kosong.

Hasil dari transformasi citra depth bermuatan material dan kosong akan dilakukan pengukuran material dengan tahapan seperti pada Gambar 21.



Gambar . 21. Arsitektur Sistem Perhitungan Material

Setelah itu, memvisualisasi 3 dimensi hasil pengurangan citra depth serta membuat laporan seperti pada Gambar 22.



Gambar. 22. Arsitektur Sistem Pemvisualisasian Material

A. Fitur

Fitur-Fitur dibuat untuk menunjang tujuan dari pengukuran material pada bak truk dapat tercapai. Pengukuran material pada bak truk membutuhkan kesinambungan antara hardware dan software. Software dapat berjalan dengan baik dengan dukungan hardware yang menunjang.

1) Hardware

Kerangka ini dapat dibongkar pasang dan dipindahkan ke tempat yang diinginkan semudah seperti mendorong gerobak karena didesain dengan memiliki roda. Ketika sudah menemukan area untuk pengukuran, terdapat 4 kaki fleksibel yang dapat diturunkan mencapai dasar sebagai penopang. Tidak seperti jembatan timbang yang membutuhkan area yang luas untuk meletakkan jembatan timbang dan bersifat paten.

- Portable

Kerangka ini dapat dibongkar pasang dan dipindahkan ke tempat yang diinginkan semudah seperti mendorong gerobak karena didesain dengan memiliki roda. Ketika sudah menemukan area untuk pengukuran, terdapat 4 kaki fleksibel yang dapat diturunkan mencapai dasar sebagai penopang. Tidak seperti jembatan timbang yang membutuhkan area yang luas untuk meletakkan jembatan timbang dan bersifat paten.

- Tiang Kerangka yang Fleksibel

Tiang Kerangka ini berguna untuk menaikkan kamera agar dapat menjangkau truk yang hendak diukur dan didesain fleksibel agar bisa diturunkan untuk dimasukkan ke dalam ruangan ketika tidak dipakai. Maksimal ketinggian kerangka adalah 6 meter.

- Kokoh

Terbuat dari besi dan plat besi yang tebal, sehingga memiliki kaki yang kuat menginjak dasar dan tidak mudah goyang terkena angin. Terdapat 4 kaki yang akan menempel pada tanah. Setiap kaki juga bersifat fleksibel untuk menyesuaikan kemiringan pada tempat untuk mengukur. Dengan kekokohan ini, memberikan stabilitas agar device-device tidak terkokok-kocok.

- Tempat Penyimpanan

Fungsi tempat penyimpanan berguna untuk menyimpan semua hardware dan peralatan ketika alat sedang tidak digunakan seperti stop kontak, kabel rol, monitor, keyboard, mouse, printer, kabel-kabel dan keperluan peralatan lainnya. Tempat penyimpanan dapat digembok agar lebih aman dan tidak dicuri.

- Meja Kerja

Operator selalu standby menunggu truk yang datang untuk mengukur material. Oleh karena itu, diperlukan meja kerja untuk meletakkan device-device seperti monitor, keyboard, mouse, printer, dan bisa juga digunakan untuk menulis.

- Integrasi dengan Teknologi

Terdapat NVIDIA Jetson TX1 Developer Kit sebagai komputer untuk mengolah data, ZED Stereo Camera sebagai kamera, router sebagai media komunikasi antar

komputer, server sebagai pusat penyimpanan data, dan satu komputer untuk mengoperasikan. Dengan adanya teknologi tersebut, dapat membantu untuk mengukur material, mengolah data, mengkoneksikan ke server, dan dapat dibuka melalui gadget-gadget lainnya.

2) Software

Fitur-Fitur software dapat berjalan dengan baik dengan dukungan dari desain hardware yang telah dirancang sedemikian rupa. Dengan fitur-fitur pada software ini, dapat membantu pekerjaan agar lebih efisien. Terdapat 7 fitur-fitur software yaitu fitur perhitungan muatan material, konversi satuan, visualisasi, surat hasil pengukuran, token, pencatatan, dan penyimpanan.

- Perhitungan Muatan Material

Truk yang digunakan harus dump truck atau truk dengan kap terbuka. Jenis dump truck juga bervariasi macamnya. Pada umumnya terdapat 3 jenis ukuran dump truck yaitu truk kecil, sedang, dan besar. Perbedaan ukuran berpengaruh pada muatan yang diangkat. Semakin besar jenis dump trucknya, dapat membawa muatan lebih banyak. Bak truk juga memiliki berbagai jenis desain dan pada umumnya desain bak truk dapat dilihat pada Gambar 23 yaitu bak truk berbentuk kotak, tipe u, dan lengkung.



Gambar . 23. Bak Truk Kotak, Tipe U, dan Lengkung

Pada Gambar 24 adalah bak truk yang dimodifikasi agar dapat mengangkut muatan material lebih banyak lagi. Oleh karena itu, diperlukan 2 kali pengukuran material yaitu ketika mengangkut muatan material dan ketika truk bermuatan kosong agar sistem selalu mengetahui kondisi model bak truk tersebut.



Gambar . 24. Bak Truk Kotak, Tipe U, dan Lengkung

Pada Gambar 25 adalah jenis truk yang digunakan untuk mengangkut material yaitu truk kecil dengan ukuran bak truk panjang 3,75 meter, lebar 1,9 meter,

tinggi 1,13 meter yang memiliki kemampuan 8,05 m³. Ukuran bak truk dapat berbeda-beda sedikit meskipun jenis truknya sama, sehinggamenhasilkan kemampuan volume yang berbeda-beda sedikit juga.



Gambar . 25. Truk Kecil

Perhitungan muatan material pada bak truk dilakukan dengan 4 tahap perhitungan yaitu mengambil permukaan baktruk ketika muatan kosong seperti pada Gambar 26 (a) dan mengambil permukaan material pada bak truk ketika bermuatan seperti pada Gambar 26 (b).



(a) (b)

Gambar . 26. Foto Bak Truk Bermuatan Kosong dan Material

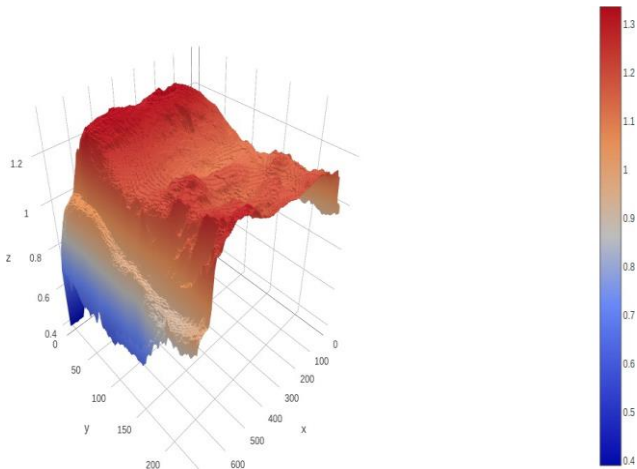
Tahap berikutnya adalah tahap penggabungan nilai permukaan material pada bak truk ketika bermuatan dengannilai permukaan bak truk ketika bermuatan kosong. Sebelummelakukan penggabungan, terdapat 5 tahap untuk mengambil nilai bak truknya saja setelah proses scanning yaitumelakukan preprocessing pada foto scanning, melakukanedge detection untuk menemukan bak truk dari tampak atas,mengambil nilai permukaan muatan material pada bak truk,dan nilainya disimpan sementara untuk nantinya akan digabungkan setelah mendapatkan nilai permukaan bak truk ketika bermuatan kosong. Penggabungan ini akan menghasilkan muatan material yang diangkat pada bak truk. Berikutnya akan dilakukan perhitungan material pada bak truk dengan menjumlahkan nilai permukaan muatan kosongdikurangi dengan nilai permukaan muatan material pada bak truk

- Konversi Satuan

Hasil pengukuran material berupa volume dan terkadang dibutuhkan satuan ton sesuai dengan permintaan. Oleh karena itu, diperlukan konversi satuan m³ ke kilogram dengan mengalikan volume dengan massa jenis material dan dibagi dengan 1000 untuk mengubah satuan menjadi ton.

- Visualisasi

Saat kamera mengambil Gambar truk hanya terlihat tampak atas saja, sehingga menyusahkan untuk melihat munjung atau peresnya material tersebut. Oleh karena itu, hasil pengukuran volume material dapat divisualisasikan menjadi 3 dimensi agar dapat terlihat dari berbagai sudut seperti pada Gambar 27.



Gambar. 27. Truk Kecil

• Surat Hasil Pengukuran

Surat Hasil Pengukuran adalah laporan dari hasil pengukuran yang telah dilakukan. Terdapat berbagai informasi-informasi pada surat hasil pengukuran yaitu profil perusahaan (logo, nama, alamat, telepon dan email), data customer (perusahaan, tujuan, dan nomor polisi), foto hasil scanning (foto truk bermuatan material, foto truk bermuatan kosong, dan foto visualiasi material), dan informasi pengukuran (kode, waktu, material, masalah pengukuran, hasil pengukuran, satuan pengukuran, dan massa jenis material). Surat Hasil Pengukuran juga dapat digunakan sebagai surat jalan untuk megiringi pengangkutan material ketujuan. Pada Gambar 28 adalah contoh surat hasil pengukuran setelah melakukan scanning.



Gambar. 28. Surat Hasil Pengukuran

• Token

Token digunakan sebagai pengaman dan batasan hak akses seperti melakukan update, delete, dan penandaan data. Operator dapat meminta token pada manajer, sehingga setiap masalah yang terjadi pada data dapat dipantau oleh manajer.

• Pencatatan

Setiap aktivitas dalam sistem akan tercatat secara detail agar semua hal yang terjadi pada sistem ini dapat dipantau dengan baik. Pencatatan dapat dilihat oleh semua pengguna karena bersifat transparan, sehingga tidak terjadi korupsi dalam perusahaan.

• Penyimpanan

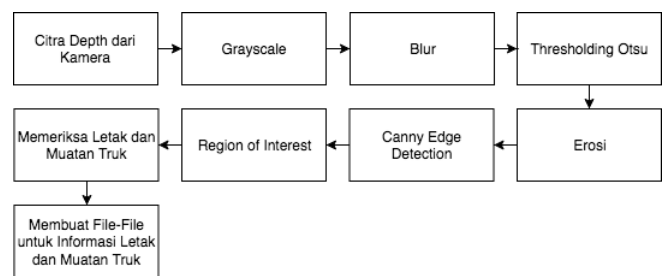
Setiap data pengukuran material akan disimpan pada server agar data dapat diakses oleh semua pengguna yang terdaftar pada sistem, sehingga tidak perlu repot-repot untuk melakukan pencadangan data.

B. Desain Algoritma

Desain algoritma ini akan dijelaskan mengenai algoritma-algoritma yang dipakai untuk menyelesaikan sistem perhitungan material pada bak truk ini. Terdapat tiga algoritma yang dipakai dalam penyelesaian permainan ini, yaitu algoritma untuk scan area, scanning, dan perhitungan material (measurement). Penjelasan susunan langkah inidijelaskan dengan menggunakan bantuan teknik blok diagram. Desain algoritma ini menjelaskan pertama-tama adalah proses secara global dari awal sampai akhir, baru di bab 4 akan menjelaskan lebih detail dan lebih terperinci dengan menggunakan script untuk menuliskan algoritmanya. Berikut ini algoritma yang dipakai dalam penyelesaian:

1) Scan Area

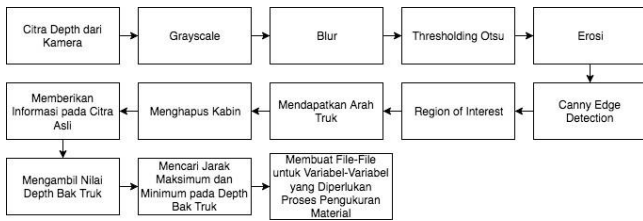
Proses scan area dapat dilihat pada Gambar 29 yang terdiri dari tahapan-tahapan mencari objek truk tersebut dan memastikan truk masuk di dalam garis pembatas.



Gambar. 29. Blok Diagram Scan Area

2) Scanning

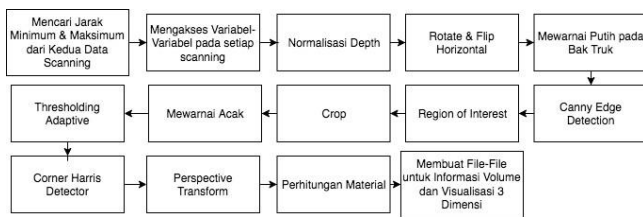
Scanning saat truk bermuatan material dan tidak bermuatan harus dilakukan karena perhitungan material akan berdasarkan nilai truk bermuatan material yang nantinya diproses bersamaan dengan nilai truk tidak bermuatan. Prosesnya dapat dilihat pada Gambar 30 yang terdiri dari tahapan-tahapan mencari objek truk tersebut dan mengambil nilai bak truknya saja.



Gambar. 30. Blok Diagram Scanning

3) Perhitungan Material

Perhitungan material (measurement) akan mengakses hasil scanning truk bermuatan material dan tidak bermuatan. Prosesnya adalah menjumlahkan semua hasil pengurangan jarak truk tidak bermuatan dengan truk bermuatan material. Terdapat 10 proses pengolahan citra untuk perhitungan material yang dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar. 31. Blok Diagram Pengukuran Material

IV. UJI COBA

Uji coba ini akan menjelaskan tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan uji coba yang dilakukan terhadap program penelitian ini. Penjelasan mengenai hasil uji coba diinformasikan secara detail seperti foto uji coba, waktu uji coba, uji coba deteksi truk, nilai uji coba, serta nilai errornya yang nantinya akan dihitung rata-ratanya untuk mendapatkan tingkat keberhasilannya beserta penjelasan penyebab kegagalan bisa terjadi selama uji coba.

Percobaan dilakukan pada jam 07.00-17.30 dengan truk yang berbeda serta material yang tidak menentu karena percobaan ini tidak boleh mengganggu pekerjaan. Keberhasilan dari uji coba ini akan menampilkan tingkat keberhasilan. Pada tabel 2, 3, dan 4 hanya menampilkan perwakilan 1 uji coba.

TABEL 2
TABEL ID LS 1 MUATAN MATERIAL

Bak	TX1	Manual	Selisih
Atas Kiri	343,148	322,136	21,12
Atas Kanan	982,159	995,143	13,16
Bawah Kiri	339,476	298,478	41,2
Bawah Kanan	977,487	911,495	66,8

TABEL 3
TABEL ID LS 1 MUATAN KOSONG

Bak	TX1	Manual	Selisih
Atas Kiri	142,117	125,117	17,0
Atas Kanan	828,108	868,108	40,0
Bawah Kiri	146,477	129,469	17,8
Bawah Kanan	832,468	810,470	22,2

TABEL 4
TABEL ID LS 1 DIMENSI BAK TRUK

Dimensi Bak Truk	TX1	Manual	Selisih
Panjang	361	375	14
Lebar	197	190	7
Tinggi	118,66	113	5,66
Volume	8,44	8,05	0,38

Terdapat 147 data yang diantaranya terdapat 31 data yang tidak bisa mendeteksi depth value dari bak truk saat discanning. Pada proses ujicoba ini dicatat ID scanning, status muatan, foto scanning, tanggal dan waktu scanning, foto depth bak truk, dimensi depth bak truk (P adalah panjang dan L adalah lebar), koordinat truk yang dideteksi oleh ZED Stereo Camera, koordinat truk yang dideteksi secara manual, dimensi truk (panjang, lebar, dan tinggi) yang dideteksi oleh ZED Stereo Camera, dimensi trukasinya (panjang, lebar, dan tinggi), volume hasil perhitungankomputer, volume nyata pada lapangan, selisih koordinat yang dideteksi oleh ZED dengan cara penandaan manual, selisih dimensi truk (panjang, tinggi, dan lebar), dan selisih volume.

Awal mulanya melakukan pencarian koordinat bak truk yang bermuatan dan tidak bermuatan, yang ditulis pada fieldkoordinat atas kiri, atas kanan, bawah kiri, dan bawah kanan. Setelah itu, diproses pengolahan citra foto depth untuk diambil bagian depth bak truknya saja. Setiap depth loaded dan unloaded memiliki dimensi ukuran panjang depth dan lebar depth berbeda dengan satuan piksel. Oleh karena itu, perlu diambil nilai rata-rata dari ukuran dimensi depthnya yang nantinya setiap foto depth akan diubah dimensi ukurannya sesuai dengan nilai rata-rata panjang depth dan lebar depthnya. Pada nilai panjang truk, akan dikonversi ke cm dengan cara dibagi nilai 1.77 dan nilai lebar truk akan dikonversi ke cm dengan cara dibagi nilai 1.65. Tinggi truk akan didapatkan dengan melakukan akumulasi penjumlahan pada setiap nilai pengurangan piksel unloaded terhadap pengurangan piksel loaded. Setelah selesai dilakukan akumulasi penjumlahan, nilai tersebut akan dibagi dengan 1.3625 untuk menjadi nilai tinggi truk dengan satuan cm. Tiga data truk sudah didapatkan yaitu panjang truk, lebar truk, dan tinggi truk yang nantinya akan dikalikan semuanya menjadi sebuah nilai volume material. Dari semua hasil uji coba tersebut, dilakukan perhitungan selisih pada pendeteksian koordinat bak truk (atas kiri, atas kanan, bawahkiri, dan bawah kanan), dimensi bak truk (panjang, lebar, dan tinggi), dan volume material akan dihitung menggunakan root mean square seperti pada tabel 5 untuk koordinat bak truk dan tabel 6 untuk dimensi bak truk.

TABEL 5
TABEL ROOT MEAN SQUARE KOORDINAT BAK TRUK

Koordinat Bak Truk	RMSE	Koordinat Bak Truk	RMSE
Atas Kiri X	5,78	Bawah Kiri X	5,60
Atas Kiri Y	3,00	Bawah Kiri Y	4,91
Atas Kanan X	6,27	Bawah Kanan X	6,73
Atas Kanan Y	4,38	Bawah Kanan Y	3,70

TABEL 6
TABEL ROOT MEAN SQUARE DIMENSI BAKTRUK

Dimensi Bak Truk	RMSE	Hasil Akhir	RMSE
Panjang	2,91	Volume	0,814
Lebar	3,59		
Tinggi	4,50		

V. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini diperoleh sejumlah kesimpulan. Kesimpulan ini didapatkan dari teknik-teknik yang telah dilakukan. Selain itu kesimpulan juga didapatkan dari kegagalan yang terjadi dari proses-proses yang dilakukan. Sehingga kesimpulan ini dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Metode perhitungan bak truk dapat masih harus di tingkatkan akurasi nya, sistem yang dibuat belum bisa menggantikan perhitungan yang sudah ada saat ini. RMSE perkiraan volume dari 147 percobaan yang adalah 0.814.
- 2) ZED Stereo Camera memberikan data depth kurang akurat, sehingga hasil yang diberikan kurang stabil
- 3) Pencahayaan sangat mempengaruhi hasil pengukuran material. Oleh karena itu, diperlukan pencahayaan yang stabil, hal ini juga mempengaruhi waktu pengambilan data.
- 4) Hasil keakurasian kurang tepat, sehingga akan mengalami banyak kerugian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. Patyk Michał and Bodziony and Z. Kasztelewicz, “Analysis of quarrying equipment operating cost structure,” *Inżynieria Miner.*, vol. 21, 2019.

[2] Tazkiyah, “JEMBATAN TIMBANG DAN EFEKTIFITAS PENYELENGGARAANNYA,” 2021. .

[3] M. V Vasiliev, “Transport processes and equipment in quarries [Transportnie protsessy i oborudovanie na kar’erakh].” Moscow, Nedra publ, 1986.

[4] A. M. Daryono, “Pemerintah akan Ambil Alih 140 Jembatan Timbang dari Pemda,” 2016. <https://mediaindonesia.com/ekonomi/73933/pemerintah-akan-ambil-alih-140-jembatan-timbang-dari-pemda> (accessed Jan. 14, 2022).

[5] S. Chen and R. M. Haralick, “Recursive erosion, dilation, opening, and closing transforms,” *IEEE Trans. image Process.*, vol. 4, no. 3, pp. 335–345, 1995.

[6] J. Canny, “A computational approach to edge detection,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, no. 6, pp. 679–698, 1986.

[7] I. Her, “Geometric transformations on the hexagonal grid,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 4, no. 9, pp. 1213–1222, 1995.

[8] OpenCV, “OpenCV Modules,” 2019. .

[9] A. Nikishechkin, L. Dubrovin, and V. Davidenko, “Estimating Cargo Weight of Dump Truck,” in *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*, 2020, pp. 1–4.

[10] M. A. Semenov, O. M. Bolshunova, A. A. Korzhev, and A. M. Kamyshyan, “Modernization of dump truck onboard system,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 87, no. 2, p. 22017.

[11] Y. Mikata, M. Yamanaka, K. Kameoka, A. Okunosono, and T. Kinoshita, “Measuring the center of gravity with truck scale,” in *SICE Annual Conference 2011*, 2011, pp. 405–410.

[12] H. Lin, Y. Lin, J. Yu, Z. Teng, and L. Wang, “Weighing Fusion Method for Truck Scales Based on Prior Knowledge and Neural Network Ensembles,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 63, no. 2, pp. 250–259, 2014, doi: 10.1109/TIM.2013.2278577.

[13] Z. Yanjun, Q. Bin, G. Ruikun, and P. Yifei, “Anti-cheating monitoring system of the electronic truck scale,” in *2010 International Conference on Intelligent Computation Technology*