

PENGUNAAN METODE TRIANGULASI UNTUK MEMINDAI OBJEK KE DALAM 3D POINT CLOUD

Randy Muhammad Putra¹, Slamet Winardi²

^{1,2} Program Studi Sistem Komputer, Universitas Narotama Surabaya

¹Randyymp@gmail.com , ²slamet.winardi@narotama.ac.id

ABSTRAK

Seperti kita ketahui bahwa teknologi membawa kita dalam mengatasi kemudahan dalam hal apapun, seperti pemindaian sebuah objek ke dalam komputer untuk dijadikan sebuah gambar tiga dimensi. Dengan didukungnya sebuah mesin cetak yang mampu mencetak sebuah objek 3D dalam ukuran kecil tidak seperti mesin pada industri. Sebelum terlalu jauh mencetak sebuah objek tiga dimensi, pada umumnya masyarakat tidak tahu tentang cara membuat sebuah objek tiga dimensi pada komputer karena tidak adanya dasar untuk desain tiga dimensi. Pemindaian ini nantinya akan memudahkan seseorang untuk memindai sebuah objek yang diinginkan dan menjadikannya sebuah gambar 3D tanpa mahir dalam desain objek tiga dimensi. Dari permasalahan tersebut munculah ide untuk membuat sebuah alat pemindaian objek sederhana ke dalam gambar tiga dimensi. Pemindaian objek yang dibangun menggunakan kemampuan sebuah perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras digunakan untuk memindai dan menangkap sebuah objek. Perangkat lunak akan memproses hasil tangkapan sebuah kamera menjadi titik awan yang akan terbaca dengan nilai yang sudah ditentukan. Dari kumpulan titik awan tersebut terbentuklah sebuah gambar tiga dimensi dengan dasar kumpulan titik awan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan solusi kemudahan bagi masyarakat untuk membuat gambar tiga dimensi dari alat pemindaian objek tiga dimensi.

Kata kunci : Pemindaian Objek, 3D, Triangulasi 3D, Titik awan 3D, Mikrokontroler

Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu yang terus memajukan segala aspek dalam kehidupan terutama dalam bidang teknologi yang tidak ada habisnya semakin maju dan berkembang dari tahun ke tahun. Dari beberapa kemajuan teknologi di antaranya adalah pemindaian sebuah objek ke dalam komputeri. Ini yang membuat banyak inovasi atau ide tentang pembuatan langsung objek tiga dimensi tanpa kita mahir dalam menggambar objek tiga dimensi pada komputer. Yang hanya mengandalkan objek tiga dimensi yang ada di sekitar kita. Namun banyak masyarakat yang tidak bisa mendesain sebuah gambar 3D. Karena tidak semua masyarakat mempunyai keterampilan atau kekreatifan untuk mendesain sebuah gambar 3D. Dari latar belakang tersebut terdapat rumusan masalah yaitu bagaimana *scanner* dapat memindai sudut yang diinginkan dan hasil dari pemindaian tersebut?. Tujuan dari itu adalah untuk memindai sebuah objek dengan sudut yang diinginkan dan menampilkan sebuah hasil 3D Point Cloud dari objek yang dipindai. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendukung atau pemindaian objek yang bersejarah

ataupun bisa digunakan untuk memindai sebuah objek dalam keadaan gelap total.

Pemindaian Objek 3 Dimensi

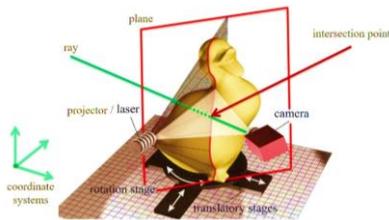
3D Scanner atau pemindaian tiga dimensi adalah perangkat yang menganalisa objek dunia nyata atau lingkungan untuk mengumpulkan data tentang bentuk dan tampilan (misalnya warna). Data yang terkumpul kemudian dapat digunakan untuk membangun model tiga dimensi *digital*.

Banyak teknologi yang berbeda dapat digunakan untuk membangun perangkat 3D *Scanner* ini. Setiap teknologi datang dengan keterbatasan sendirinya, keuntungan dan biaya. Masih adanya banyak keterbatasan dalam jenis objek yang dapat di digitalkan, misalnya teknologi optik menghadapi banyak masalah dengan cahaya dan benda transparan.

Banyak sekali teknologi yang memindai objek tiga dimensi ke dalam bentuk *digital*. Sebenarnya hanya ada dua jenis *scanner* 3D yang membedakan dari proses kerjanya, yaitu *scanner* 3D atau pemindai objek tiga dimensi secara kontak langsung dan secara kontak tidak langsung.

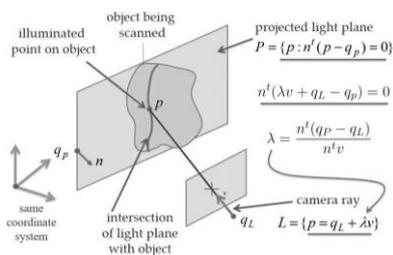
Triangulasi

Perbedaan jarak permukaan benda ke proyektor laser akan mempengaruhi letak titik laser. Perhitungan jarak dengan variabel proyektor, kamera, dan titik laser pada permukaan benda. Ketiga variabel tersebut akan membentuk sebuah segitiga. Pada pelaksanaannya, untuk mempercepat proses pemindaian digunakan laser *stripe* dibandingkan menggunakan laser *dot*.



Gambar 1 Proses Triangulasi (sumber: Gabriel Taubin, 2009)

Teknik inilah yang dinamakan triangulasi karena titik laser, kamera, dan emitor laser membentuk segitiga. Diketahui panjang salah satu sisi segitiga, jarak antara kamera dan emitor laser, diketahui juga sudut pojok pada emitor laser. Sudut pojok pada kamera bisa ditentukan dengan melihat lokasi pada titik laser yang berada dipandangan kamera. Ketika laser ditembakkan maka akan membentuk sebuah *plane* dan *ray* yang merupakan garis cahaya yang akan masuk kedalam sensor kamera.



Gambar 2 Triangulasi dengan teknik pemotongan garis dan bidang (sumber: Gabriel Taubin, 2009)

Dalam Gambar 2 menunjukkan 2 bidang atau *plane*, dimana *plane* yang pertama merupakan *plane* pada kondisi sebenarnya dan *plane* yang kedua merupakan *plane* dalam kamera. Hubungan dari kedua *plane* ini adalah garis *ray* yang masuk ke dalam kamera dan titik p. Titik p terhubung dengan garis yang

sama, sehingga p pada *camera ray* bisa disubstitusikan ke dalam persamaan p pada *plane* yang sebenarnya sehingga nilai dari skala parameter dapat diketahui. Nilai skala parameter yang telah diketahui dapat disubstitusikan lagi ke dalam persamaan p pada *camera ray*.

Processing

Arduino *Processing* adalah bahasa pemrograman *open source* dan *integrated development environment* (IDE) yang dibangun untuk seni elektronik, media baru dan komunitas desain visual dengan tujuan mengajarkan dasar-dasar pemrograman komputer dalam konteks visual dan untuk melayani sebagai dasar untuk sketsa elektronik.

Salah satu tujuan membangun *processing* adalah sebagai alat atau wadah untuk *non-programmers* memulai untuk membuat program. Bahasa pemrograman dari *processing* ini adalah dasarnya dari JAVA, tetapi dengan sintaks yang mudah dan pemrograman bermodel grafis. Pada tahun 2012 mereka berdua memulai *processing* dengan Daniel Shiffman yang secara resmi bergabung sebagai *lead* proyek ketiga.

Processing termasuk sketsa, dan IDE yang membuat sebuah alternative untuk mengatur sebuah proyek. Bisa membuka tiap tiap sketsa dalam satu tampilan yang berada di *tab-tab* seperti *browser*. Setiap sketsa dalam *processing* sebenarnya adalah *subclass* dari *class PApplet Java* yang mengimplementasikan sebagian besar fitur bahasa pemrograman ini.

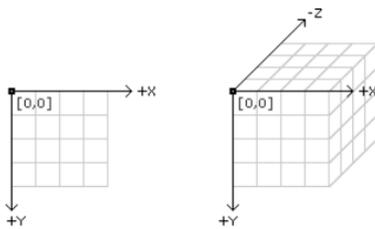
Ketika memrogram pada *processing*, semua *class* tambahan didefinisikan sebagai *class* dalam ketika kode tersebut diterjemahkan kedalam bahasa pemrograman java sebelum di *compile*. Ini berarti bahwa penggunaan variabel *static* dan *methods* didalam *class* itu dilarang, kecuali secara eksplisit memberitahu pada *processing* bahwa ingin menggunakan bahasa pemrograman java murni.

Processing juga memungkinkan user untuk membuat *class* mereka sendiri dalam sketsa *PApplet*. Hal ini memungkinkan untuk tipe data yang kompleks daoot mencakup sejumlah argument dan menghindari keterbatasan dalam menggunakan tipe data *standart* seperti int

(integer), char (karakter), float (bilangan *real*) dan warna (RGB,ARGB,hex).

Sistem Koordinat Processing

Processing menggunakan sistem koordinat kartesian dengan titik asal terletak di sudut kiri-atas. Bila program yang berukuran 640 piksel dan lebar 480 piksel, maka koordinat [0,0] terletak di kiri-atas dan koordinat [640,480] terletak pada kanan bawah.



Gambar 3 Sistem Koordinat Processing

Pada objek 3D diperlukan kamera untuk melihat objek dengan selayaknya pada aplikasi pembuat 3D lainnya. Diperlukan untuk merotasi objek, memperbesar dan memperdekat penglihatan pada objek. Pada simulasi kamera akan ditransformasikan pada awal dengan *draw()* menggunakan *translate()*, *rotate()*, dan *scale()* untuk memanipulasi penglihatan kita pada objek. Tanpa terkecuali dengan fungsi *camera()* untuk mensimulasikan sebagai kamera. Posisi pada kamera pada dasarnya tepat diantara mata, lokasi didepan jendela selaras lurus ke atas dan menunjuk ke arah layar. Berikut adalah nomor untuk posisi dasarnya :

- a. Posisi Mata : $width/2, height/2, (height/2) \tan(\pi/6)$
- b. Terpusat : $width/2, height/2, 0$
- c. Ke atas sumbu : 0,1,0

Salah satu argumen dalam fungsi *camera()* dapat dibuat menjadi sebuah variabel untuk mensimulasikan gerakan kamera. Misalnya, dengan memindahkan posisi x mata menurut *mouse* akan dapat memutar sekitar objek dan melihat dari sudut yang berbeda.

Laser

Laser adalah perangkat yang menghasilkan jenis cahaya sampai panjang gelombang sekitar 600nm dan intensitas

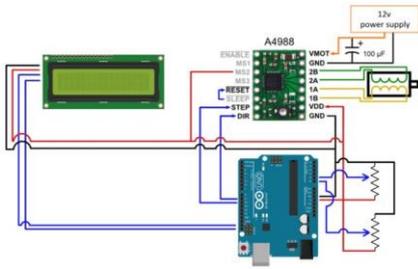
yang lebih baik dari sumber cahaya yang lain. Laser pertama kali ditemukan pada tahun 1960 oleh Theodore H. Mainan di Hughes Laboratories berdasarkan pekerjaan teoritis oleh Charles Sulit Townes dan Arthur Leonard Schawlow. Sebuah laser berbeda dari sumber cahaya lain dalam hal itu memancarkan koheren cahaya.

Kebutuhan Hardware

Dalam bagian ini menyangkut tentang kebutuhan *hardware* atau perangkat keras yang digunakan untuk membangun dan mengimplementasikan pemindaian objek ruangan ke dalam gambar tiga dimensi dengan *software processing*. Perangkat keras yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan board arduino
Untuk mikrokontroler yang diperlukan adalah arduino dengan jenis papan yang bernama *arduino uno R3*. Papan ini dipilih karena sudah berbasis *ATmega328* yang mencukupi untuk kebutuhan memprogram dan memiliki *flash memory* sebesar 32KB. Daya tegang yang diperlukan juga hanya 7-12 *volt* dan mengerluakan daya sebesar 5 *volt* untuk kebutuhan input dan output pada *arduino*.
2. Stepper Motor
Stepper Motor yang dipilih adalah *Nema 16*, *stepper motor* ini nantinya akan digunakan untuk memutar alat sampai 360° dan memutar balik atau biasa disebut *rotary feedback*.
3. Line Laser Module
Laser yang digunakan untuk kebutuhan memindai adalah *line laser module* dengan spesifikasi 5W 650NM. Laser garis dengan perpaduan *webcam* akan presisi untuk pemindaian dasar.
4. Webcam Logitech C170
Memakai *webcam* yang beresolusi 640x480 piksel dengan lebar 58 derajat sudah sangat mumpuni untuk dasar dari pemindaian objek yang dipadukan dengan pencahayaan laser.
5. Potensio Meter
6. LCD Display 16x2
7. Driver Stepper Motor
Untuk *driver motor* menggunakan *driver* yang biasa digunakan dalam CNC atau *printer 3D* yaitu GY 4988.

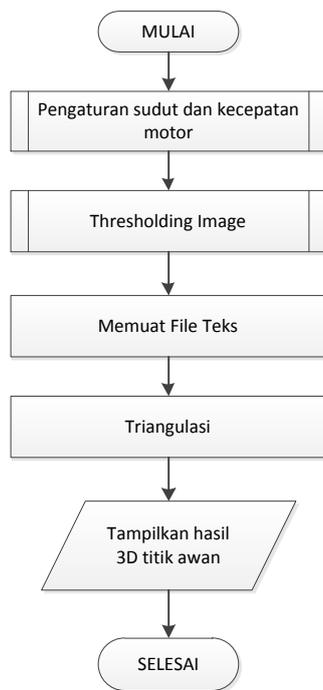
Perancangan Hardware



Gambar 5 Rancangan Desain Hardware Motor

Untuk perancangan penggerak motor pada Gambar 5 menurut analisa akan menggunakan *potentiometer* untuk mengatur input yang akan diberikan pada motor. Selain dengan kebutuhan *hardware* berdasarkan analisis kebutuhan *hardware* memungkinkan untuk menambahkan komponen *display* sebagai tampilan yang diatur pada nantinya.

Perancangan Sistem



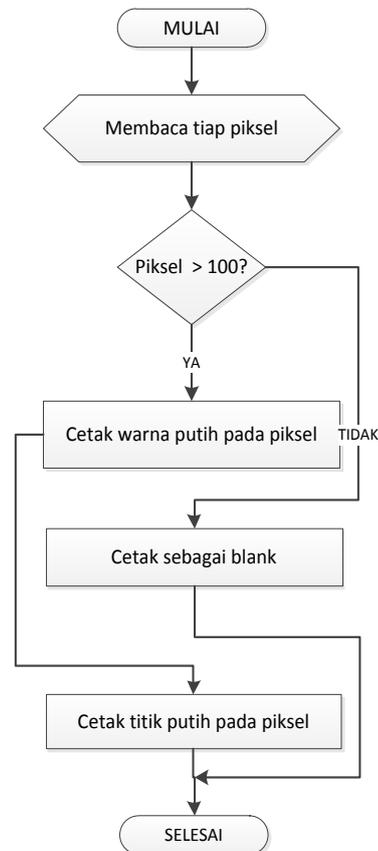
Gambar 6 Perancangan Sistem

Gambar 6 menunjukkan cara kerja sistem pada pemindaian objek 3D yang dirancang. Pertama-tama sistem akan bekerja dimulai dari memasukkan sebuah inputan yang berisi tentang sudut dan kecepatan *delay*. Ketika input sudah

dilakukan, maka motor akan bergerak sesuai sudut dan kecepatan yang diinginkan secara bolak-balik. Pada saat motor bergerak, sistem akan melakukan *thresholding* gambar untuk membuat titik putih dan ketika proses *thresholding* selesai maka sistem melakukan proses triangulasi dari hasil pemindaian. Hasil dari triangulasi ini akan membentuk sebuah gambar *point cloud* sesuai dari pemindaian objek yang ada.

Perancangan Thresholding Image

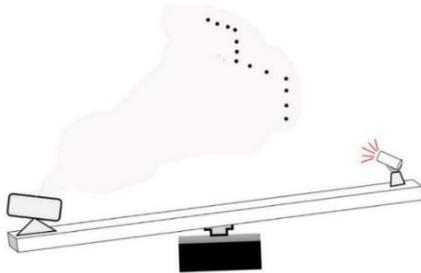
Proses *thresholding image* ini dilakukan untuk melihat apa yang dilihat oleh *webcam* dan mengekstrak semua piksel berwarna merah lebih besar dari ambang batas dan menyimpannya ke gambar sebagai piksel berwarna putih. Jika semua piksel yang berwarna merah lebih kecil maka akan menyimpan gambar sebagai piksel berwarna hitam atau diabaikan sebagai piksel yang *blank*.



Gambar 7 Proses Thresholding Image

Pembentukan Point Cloud

Dalam proses ini menunjukkan ketika laser ditembakkan maka akan membentuk sebuah bidang dimana selain itu juga ada sebuah garis yang merupakan sebuah garis cahaya yang akan masuk ke dalam kamera pada gambar 6. Dari perpotongan garis dengan bidang membentuk sebuah titik dan menjadi kumpulan titik-titik yang bernama titik awan tiga dimensi pada gambar 8.



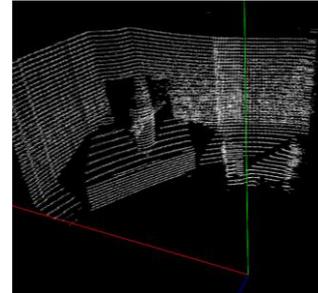
Gambar 8 Pembentukan Point Cloud

Dalam pembentukan titik awan tiga dimensi dibutuhkan hasil dari *thresholding* pada saat pemindaian. Hasil dari pemindaian tersebut berisi koordinat piksel putih dan proyeksi bidang yang dibuat oleh laser. Setiap piksel putih menjadi garis imajiner yang keluar dari kamera dalam ruang tiga dimensi. Dimana setiap baris memotong dengan bidang laser dan titik data akan dimasukkan. Proses ini diulang untuk setiap piksel putih disetiap frame pada *webcam* dan membangun sebuah titik awan tiga dimensi. Pada perancangan membentuk titik awan tiga dimensi ini, peneliti menggunakan rumus matematika tiga dimensi yang terdiri dari persamaan garis, persamaan bidang, dan perpotongan garis dan bidang.

Hasil dan Pembahasan

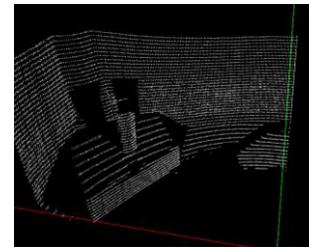
Pengujian dengan Intensitas Cahaya

Pemindaian objek dilakukan dengan besaran sudut dan *delay* yang sama yaitu dengan sudut 90° dan *delay* 70.



Gambar 9 Hasil pemindaian dengan intensitas cahaya 5 lux

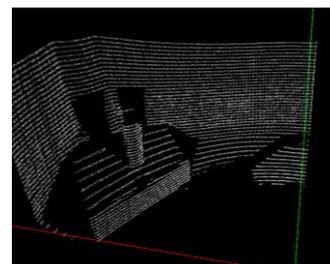
Dari hasil pemindaian yang terdapat pada gambar 9 noise sudah mulai tidak terlihat. Bagian objek yang di pindai bisa sedikit terlihat walaupun tidak jelas dan pada sisi kiri objek masih terdapat noise. Dari hasil tersebut dikatakan hasil pemindaian belum bagus.



Gambar 10 Hasil pemindaian dengan intensitas cahaya 0 lux

Dari hasil pemindaian yang terdapat pada gambar 10 tampak hampir tidak terlihat noise, latar belakang dalam objek terlihat ada sedikit noise. Dari hasil tersebut dikatakan hasil pemindaian sudah baik.

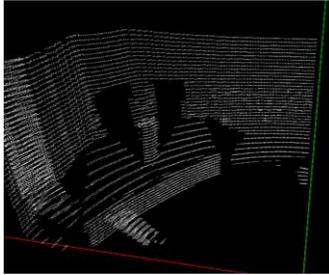
Pengujian Kecepatan dengan delay



Gambar 11 Hasil pemindaian dengan *delay* 70

Hasil dari pemindaian yang terdapat pada gambar 11 terlihat bahwa sedikit noise pada latar belakang objek gelas. Dari hasil

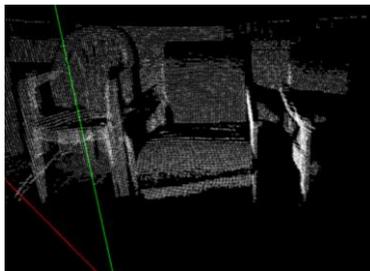
tersebut dikatakan hasil pemindaian pada nilai 85%.



Gambar 12 Hasil pemindaian dengan *delay* 100

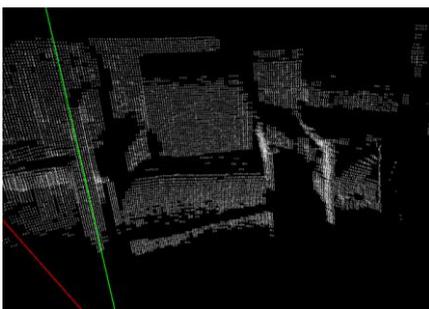
Hasil dari pemindaian yang terdapat gambar 12 terlihat bahwa tidak ada noise, tetapi terjadi penumpukan titik awan yang berlebihan dan seharusnya tidak berada pada sudut tersebut. Dari hasil tersebut dikatakan hasil pemindaian kurang bagus dan berada pada nilai 70%.

Pengujian Terhadap sudut Ruangan



Gambar 13 Hasil Pemindaian dengan *delay* 40

Hasil dari pemindaian dengan *delay* 40 tampak terlihat ada beberapa noise yang menghadangi kursi sebelah kiri atau kursi plastik. Menurut hasil tersebut bisa dikatakan akurasinya 85%.



Gambar 14 Hasil Pemindaian dengan *delay*100

Hasil dari pemindaian dengan *delay* 100 tampak terlihat sedikit noise yang menghadangi kursi sebelah kiri atau kursi plastik. Namun pada hasil ini banyak sekali lubang yang tidak terbaca. Menurut hasil tersebut bisa dikatakan akurasinya 65%.

Kesimpulan

Berdasarkan seluruh kegiatan perencanaan dan pengujian terhadap pemindaian objek kedalam titik awan tiga dimensi menggunakan metode triangulasi dengan *software processing* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengontrol gerakan *scanner* yang mengatur sudut dan *delay* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan yang dibuat.
2. Proses *Thresholding* pada pemindaian ini dapat menghasilkan titik data yang bagus ketika dalam pemindaian dengan kondisi ruangan yang gelap atau dalam intensitas cahaya 0 lux.
3. Pemindaian yang dilakukan terhadap pengaruh intensitas cahaya dapat menghasilkan sebuah 3D Point Cloud dengan akurasi 85% pada intensitas cahaya 0 lux.
4. Pemindaian yang dilakukan terhadap pengaruh kecepatan *delay* dapat menghasilkan sebuah 3D Point Cloud dengan akurasi 85% pada kecepatan *delay* 40 dan 70.
5. Secara keseluruhan pemindaian dapat menghasilkan 3D Point Cloud dengan akurasi 85% pada pengaturan *delay* 40-70, intensitas cahaya 0 lux, dan sudut 90°.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Gabriel Taubin. 2009. *The Mathematics of 3D Triangulation*. SIGGRAPH Asia.
- 2) Hidayat, Nur. 2011. *Mastering 3D Mechanical Design*. Informatika.Bandung.
- 3) Malhotra, A., Gupta, K., & Kant, T. (2011). *Laser Triangulation for 3D Profiling of Target*. International Journal of Computer Applications.

- 4) Processing. *Processing 3D*.
<https://processing.org/tutorials/p3d>.
Diakses pada tanggal 30 Maret 2016
- 5) Song Zhang., Peisen Huang. (2006). *High Resolution, Real Time 3D Shape Measurement*. Optical Engineering: 123601
- 6) Wulf, O., & Wagner, B. (2003). *Fast 3D Scanning Methods for Laser Measurement Systems*. Proceedings of the International Conference on Control Systems and Computer Science, 1, pp. 312-31.
- 7) Wikipedia, 2016., *3D Scanner*.
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner
. Diakses pada tanggal 13 Maret 2016.
- 8) Arduino solar charge controller
<http://www.instructables.com/id/ARDUINO-SOLAR-CHARGE-CONTROLLER-PWM>
- 9) Winkelbach, S., Molkenstruck, S., & Wahl, F. M. (n.d.). *Low Cost Laser Range Scanner and Fast Surface Registration Approach*. Institute for Robotics and Process Control, Technical University of Braunschweig.