

Perancangan *Model Predictive Control* Untuk Sistem Kendali Penggerak *Photovoltaic* (*Design Of Model Predictive Control For Control Systems In Photovoltaic Drivers*)

1st M. Atsilah Al Mughni
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
almughni@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Basuki Rahmat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
basukir@telkomuniversity.ac.id

3rd M. Ridho Rosa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mridhorosa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia belum maksimal dikarenakan sekitar 10 MWp saja yang dapat dimanfaatkan, padahal Indonesia mempunyai potensi memperoleh energi sebesar 4,8 KWH/m² atau setara dengan 112.000 GWp. Dengan melihat potensi tersebut, solusi yang ada yaitu memperbanyak PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) dan memaksimalkan PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) yang sudah ada, dengan cara merancang MPC (*Model Predictive Control*) sebagai metode untuk mengendalikan motor DC yang terhubung dengan PV (*Photovoltaic*). Sistem kendali *Model Predictive Control* (MPC) berfungsi mengendalikan panel *Photovoltaic* dengan *actuator* motor DC yang terhubung ke panel PV (*photovoltaic*). Dengan demikian panel PV (*Photovoltaic*) otomatis bergerak mengikuti posisi matahari. Lebih lanjut panel *photovoltaic* selalu mendapatkan cahaya matahari dengan sudut datang tegak lurus bidang permukaan *photovoltaic*, sehingga selalu diperoleh energi maksimal dari matahari. Pada penelitian ini perancangan Metode MPC (*Model Predictive Control*) menggunakan MPC Designer MATLAB dan mensimulasikan sistemnya dengan Simulink MATLAB. Hasilnya Motor DC mampu menggerakkan panel PV (*Photovoltaic*) sesuai dengan referensi sudut posisi matahari yang diberikan. Sedangkan karakteristik respon sistem, sudut posisi panel terhadap posisi mengalami

overshoot sebesar 0,5%, berbeda dengan rise time bernilai 18,752 ks.

Kata Kunci: MPC (*Model Predictive Control*), *Photovoltaic*, Motor DC

Abstract

The utilization of renewable energy in Indonesia has not been maximized because about 10 MWp can be utilized, even though Indonesia has the potential to obtain energy of 4.8 KWH / m² or equivalent to 112,000 GWp. By looking at the potential, the existing solution is to increase PLTS (solar power plants) and maximize existing PLTS (solar power plants), by designing MPC (PREDICTIVE MODEL CONTROL) as a method to control dc motors. It is connected to PV (Photovoltaic). The Predictive Control Model (MPC) control system controls photovoltaic panels with DC motor actuators connected to PV (photovoltaic) panels. Thus, the PV (Photovoltaic) panel automatically moves following the position of the sun. Furthermore, photovoltaic panels always get sunlight with the angle coming perpendicular to the surface plane of the photovoltaic, so it always obtains maximum energy from the sun. In this study, the MPC Method (Predictive Control Model) used MPC Designer Matlab and simulated the system with Simulink Matlab. As a result, the DC motor can move the PV (Photovoltaic) panel in accordance with the angle reference of the sun's position given. While the system response characteristics, the angle of

position of the panel to the position overshoot by 0.5%, in contrast to the rise time is worth 18,752 ks.

I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi memperoleh energi surya ini sebesar 4,8 KWH/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun hanya sekitar 10 MWp saja yang sudah dimanfaatkan [1]. Dengan potensi besar tersebut harus dapat dimanfaatkan dengan maksimal, dengan salah satu caranya yaitu membuat penggerak *photovoltaic*, agar *photovoltaic* bergerak secara otomatis berdasarkan arah sinar matahari, dengan begitu daya yang di dapatkan maksimal.

Banyak jenis metode kontrol untuk menggerakkan *photovoltaic* tersebut, Salah satu contohnya yaitu dengan MPC (*Model Predictive Control*). MPC (*Model Predictive Control*) merupakan sebuah sistem kontrol yang berbasis model, dimana suatu model proses digunakan secara eksplisit guna merancang pengendalian. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah rancang MPC dan simulasi untuk sistem kendali penggerak PV dan Analisis kondisi sistem mencapai posisi sudut sesuai dengan referensi yang diberikan.

Pada penelitian tugas akhir ini yang dilakukan dengan metode penelitian yaitu metode kuantitatif. Bertujuan yaitu merancang MPC (*Model Predictive Control*) untuk penggerak *photovoltaic* dengan cara mensimulasikannya pada *Software* MATLAB dengan menganalisis performansi sistem penggerak PV *loop* tertutup menggunakan Metode MPC.

II. KAJIAN TEORI

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Muhammad Ikhwan dengan judul “Sistem Kendali Aktif Pasif Pada Motor Penjejak Matahari Dua Sumbu Menggunakan Fuzzy Logic Control – Model Predictive Control” [2]. Penelitian tersebut bertujuan untuk memperbaiki efisiensi panel surya dengan memperhatikan posisi matahari. Caranya yaitu dengan meminimalisir gangguan- gangguan yang ada yaitu perubahan posisi sudut dan perubahan intensitas cahaya. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, panel surya dengan penjejak aktif – pasif FLC - MPC menghasilkan efisiensi sebesar 42,64%.

Dan Penelitian yang dilakukan oleh Ahyar M dalam jurnalnya yang berjudul “Perancangan

Keywords: Photovoltaic, MPC (Predictive Control Model), DC Motor

Pengendali Model Predictive Control Pada Servomekanis DC” [3]. Penelitian tersebut membahas aplikasi dari kendali prediktif MPC untuk pengontrolan posisi motor DC. Kesimpulan yang didapatkan yaitu pada sistem servomekanis DC terdapat dua keluaran yaitu posisi angular θ yang menjadi keluaran terukur dan feedback, dan torsi beban T sebagai keluaran yang tak terukur. Perubahan parameter pengendali mempengaruhi keluaran posisi angular sedangkan torsi T relative tidak terpengaruh.

III. METODE

a. Model Predictive Control

MPC (*Model Predictive Control*) merupakan suatu teknik pengendalian dalam bentuk waktu diskrit yang menggunakan model proses dari suatu sistem, yang bertujuan untuk memprediksikan proses di masa depan untuk memperoleh tindakan kendali *loop* tertutup yang optimal dengan meminimalisasikan fungsi objektif dalam suatu rentang *horizon* waktu yang terbatas dalam batasan tertentu [4].

Untuk perancangan MPC dibutuhkan model *state space* suatu *plant* 3.1 dan 3.2. Dengan A yaitu matriks keadaan, B yaitu matriks masukan dan C yaitu matriks keluaran. Model ruang keadaan pada persamaan ini adalah model ruang keadaan untuk kondisi ideal.

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \quad (3.1)$$

$$y(k) = Cx(k) + Du(k) \quad (3.2)$$

Untuk pengendalian MPC yaitu dengan pengaturan parameter. Pengaturan parameter dalam MPC merupakan proses prediksi dan optimasi pengendalian. Parameter tersebut adalah N_p (*Prediction horizon*) dan N_m (*Control horizon*). Misalkan interval kontrol saat ini adalah k . *Prediction horizon* adalah jumlah interval kontrol masa depan yang harus dievaluasi oleh pengontrol MPC dengan prediksi saat mengoptimalkan MV-nya pada interval kontrol k . *Control horizon* adalah jumlah gerakan MV yang dioptimalkan pada interval kontrol k . Ketentuan memilih nilai N_p dan N_m yaitu [5] [6]:

- N_p dan N_m harus berupa bilangan bulat.

- Nilai Nm berada diantara 1 dan nilai Np
- Nilai Nm maksimal tidak boleh melewati nilai Np

Persamaan prediksi diperoleh dengan melakukan perulangan pada persamaan state space (3.1) dan (3.2). Lalu didapatkan persamaan (3.3) [4], pada pengulangan pertama digunakan $\hat{u}(k|k)$ karena pada saat melakukan perhitungan prediksi nilai masukan $u(k)$ belum diketahui. Sehingga persamaan prediksinya yaitu persamaan (3.3).

$$\begin{aligned} \hat{x}(k + N_p|k) &= A\hat{x}(k + N_p - 1|k) \\ &\quad + B\hat{u}(k + 1|k) \\ &= A^2x(k) + BA\hat{u}(k|k) \\ &\quad + B\hat{u}(k + 1|k) \end{aligned} \tag{3.3}$$

IV. HASIL

Persamaan *state space* (4.1-4.6) merupakan model matematika yang dinyatakan dalam bentuk matriks untuk mewakili sebuah fungsi transfer. Persamaan *state space* orde dua dan termasuk sistem LTI (*Linear Time Invariant*). Dengan A sebagai matriks state, B sebagai matriks input, C sebagai matriks output dan D sebagai matriks transmisi. Nanti persamaan tersebut dimasukkan kedalam blok *state space* Simulink MATLAB pada Gambar 4.1.

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t) \tag{4.1}$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t) \tag{4.2}$$

$$A = \begin{bmatrix} -2.774 & -3.164 \\ 8.775 & -0.9656 \end{bmatrix} \tag{4.3}$$

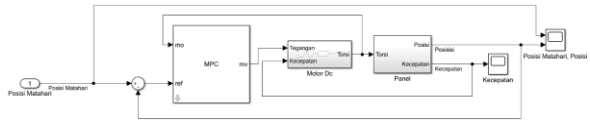
$$B = \begin{bmatrix} 1.746 \\ -12.39 \end{bmatrix} \tag{4.4}$$

$$C = [0.376 \quad -0.7057] \tag{4.5}$$

$$D = 0 \tag{4.6}$$

a. Desain Simulink MATLAB

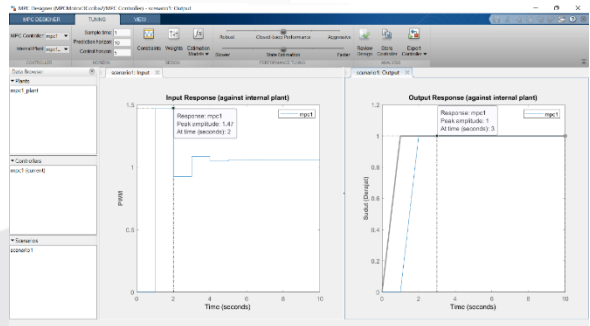
Dari model state space motor DC yang telah didapatkan sebelumnya dilihat pada Gambar 4.1 bahwa motor DC yang merupakan *plant* dari sistem terhubung dengan MPC *toolbox* dan panelnya. Torsi yang merupakan keluaran dari motor DC, masuk ke *measured output* (MO) pada MPC dan kepada panel. Selanjutnya panel bergerak sesuai dengan geraknya motor DC. Dalam model tersebut, *altitude* menjadi



Gambar 4.1 Model Sistem Simulink MATLAB

b. Perancangan MPC

Setelah mendapatkan model state spacenya dan mendesain sistemnya pada Simulink MATLAB, selanjutnya pada penelitian ini yang dilakukan yaitu merancang MPC nya melalui MPC designer Matlab dengan model Simulink pada Gambar 3.7. Dengan sample timenya 1, *prediction horizon* yang merupakan prediksi masa depan bernilai 10 dan *control horizon* yang merupakan kontrol untuk masa depannya bernilai 5. Sehingga menghasilkan *input response* dan *output response* seperti yang ditunjukkan Gambar 4.2. Dari gambar tersebut respon *input* yaitu PWM mengalami *peak amplitude* atau deviasi maksimum gelombang sebesar 1,47. Dan output nya sudut mengalami *peak amplitude* sebesar 1.



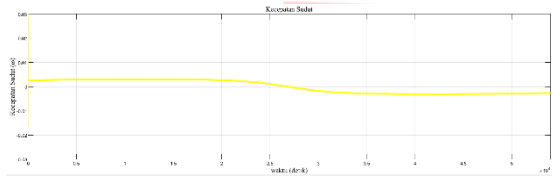
Gambar 4.2 MPC Designer

c. Hasil Simulasi

Hasil simulasi berdasarkan model sistem ditunjukkan pada Gambar 3.7, diperoleh sebagaimana ditunjukkan oleh dua gambar yaitu pada Gambar 4.3 merupakan kecepatan sudut panel dan Gambar 4.4 merupakan dua kurva yaitu posisi sudut matahari dan posisi sudut panel *photovoltaic*.

Pada Gambar 4.3 menjelaskan kecepatan pergerakan *photovoltaic* atau panel sesuai dengan berubahnya sudut posisi matahari Gambar 4.4 pada

waktu $2,8 \times 10^4$ detik. Diibaratkan kecepatan sudut panel bergerak berawal dari timur lalu bergerak ke arah barat. Ketika sudut posisi matahari mencapai puncak lalu menurun, pada saat yang bersamaan kecepatan sudut panelnya berubah. Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan bahwa panel mengalami overshoot sebesar 50% perbandingan antara nilai maksimum respon yang melampaui nilai steady state dengan nilai steady state. Dan mengalami rise time atau waktu puncaknya sebesar 381,390 ms yang diperlukan respon untuk naik mencapai 100% dari nilai akhir



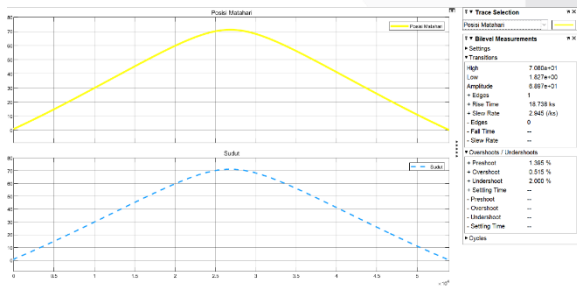
Gambar 4.3 Kecepatan Sudut Panel

sistem.

	Nilai
Overshoot (M_p)	50,361%
Rise Time (τ_r)	381,390 ms

Tabel 4.1 Karakteristik Kecepatan Sudut Panel

Pada Gambar 4.4 menjelaskan bahwa panel juga yang dilambangkan oleh garis putus biru mampu bergerak menyesuaikan atau mengikuti referensi sudut posisi matahari yang dilambangkan oleh garis kuning. Dengan sudut puncaknya yaitu bernilai 71 derajat dalam waktu $2,8 \times 10^4$ detik.



Gambar 4.4 Perbandingan Sudut Posisi Matahari Dan Sudut Posisi Panel

Tabel 4.2 Karakteristik Sudut Posisi Panel

	Posisi PV
Overshoot (M_p)	0,515%
Rise Time (τ_r)	18,752 ks

Dari Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa dengan acuan input sudut posisi matahari, maka sudut posisi panel terhadap sudut posisi matahari mengalami overshoot sebesar 0,515%. Sedangkan rise time sudut posisi PV bernilai 18,752 ks. Overshoot dan rise time demikian terjadi secara sistem pada proses prediksi di MPC serta kontrol Motor DC beserta beban Panel Photovoltaic oleh MPC. Persentase keberhasilannya yaitu 98%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan tugas akhir yang telah dikerjakan dapat disimpulkan bahwa, pada simulasi MATLAB sangat membantu dalam merancang MPC (Model Predictive Control) untuk menggerakkan motor DC. Kecepatan sudut panel mengikuti sudut posisi matahari mengalami overshoot sebesar 50%. Sudut posisi panel dan posisi matahari sama-sama mengalami overshoot sebesar 0,5%, berbeda dengan rise timenya yaitu untuk sudut posisi PV bernilai 18,752 ks sedangkan sudut posisi matahari bernilai 18,738 ks. MPC (Model Predictive Control) dapat dijadikan sebagai metode untuk sistem penggerak photovoltaic. Dari simulasi yang dijalankan MPC mampu mengikuti sudut posisi dari matahari. Persentase keberhasilannya yaitu 98%.

REFERENSI

[1] L. ESDM, "Matahari Untuk PLTS di Indonesia," 2012. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia#> [Jan. 25, 2022].

[2] Muhammad Ikhwan, "Sistem Kendali Aktif Pasif Pada Motor Penjejak Matahari Dua Sumbu Menggunakan Fuzzy Logic Control-Model Predictive Control". 2018.

[3] Ahyar M, "PERANCANGAN PENGENDALI MODEL PREDICTIVE

- CONTROL PADA SERVOMEKANIS DC,”
vol. 8, no. 1, 2016.
- [4] Cahyantari Ekaputri, “Perancangan Model Predictive Control (MPC) Pada Sistem Pendulum Terbalik”. vol. 1, no. 2, Jan. 2019.
- [5] T. S. E. I. Association, “Photovoltaics,” *The Solar Energy Industries Association*.
<https://www.seia.org/initiatives/photovoltaics>.
- [6] I. The MathWorks, “Choose Sample Time and Horizons.”
<https://www.mathworks.com/help/mpc/ug/choosing-sample-time-and-horizons.html>
(accessed Feb. 04, 2022).
- [7] B. Neiswander, “Getting Started with Simulink for Controls’ example files,” *The MathWorks, Inc.*, 12020.
https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/73257-getting-started-with-simulink-for-controls-example-files?s_eid=PSM_15028 (accessed Feb. 05, 2022).