

ESC PWM Fullbridge Motor DC Berbasis Arduino

by Protek Unkhair

Submission date: 09-Sep-2023 11:02AM (UTC+0700)

Submission ID: 2161262145

File name: 5374-14141-1-RV.docx (1.17M)

Word count: 2135

Character count: 12250

ESC PWM Fullbridge Motor DC Berbasis Arduino

6
*Budi Pramono Jati

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam
Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang, Indonesia,
budipramono@unissula.ac.id

Jenny Putri Hapsari

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam
Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang, Indonesia,
jenny@unissula.ac.id

Abstract – DC motors are widely used in industry and electric drive equipment on electric bicycles, electric motors, electric cars. Electronic Speed Control (ESC) is used to regulate the voltage and current that enters the DC motor. ESCs on the market have the disadvantage that they are only capable of up to 48Vdc with a maximum current of 50A. This research will create a large power ESC based on Arduino.

The ESC will regulate the output voltage and current by using a PWM pulse voltage signal technique. The full bridge switching technique is used to change the direction of rotation of the motor. High power ESC is built using 8 MOSFET. Each switch uses 2 MOSFETs in parallel and in switching the PWM signal. The MOSFET driver is controlled by Arduino nano, the ESC output is connected to a DC motor. The DC motor ESC that is made has a 1-phase 2-way full bridge specification, the maximum input voltage of the MOSFET is up to 200V, the maximum current of 2 MOSFET in parallel is 260A, with a duty cycle varying from 0 -100%.

The results of the ESC DC motor test can produce a DC voltage between 0 – 100% of the source voltage (V_{cc}) according to the % duty cycle. ESC DC motor produces a voltage of 23.8 Volts when moving clockwise or anticlockwise, can produce a maximum speed of 3191 rpm when moving clockwise and 3323 rpm when moving anticlockwise.

Keywords: ESC, motor DC, arduino nano, PWM, mosfet full bridge, motor DC.



4
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan penggerak motor berkinerja tinggi sangat penting untuk aplikasi industry. Penggerak motor harus memiliki pelacakan perintah kecepatan dinamis yang baik dan respons pengaturan beban [1]. Alat yang berguna untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah motor arus searah (DC). Motor DC merupakan motor listrik yang memerlukan tegangan DC untuk kerjanya. Motor DC secara inheren berkecepatan tinggi dan torsi rendah, memiliki karakteristik variabel dan banyak digunakan dalam penggerak kecepatan variabel. Motor DC adalah motor listrik yang sering digunakan oleh

16
industri, khususnya industri yang membutuhkan kecepatan putaran yang konstan. Keunggulan motor DC antara lain mudah dalam pengaturan kecepatan dan beban yang bervariasi. Arus maju/berbalik atau tegangan positif/negatif menentukan arah putaran motor DC. Sedangkan perubahan tegangan kumparan menentukan kecepatan motor DC [2][3][4][5][6].

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan sebuah teknik modulasi dengan cara memanipulasi lebar pulsa (pulse width) tanpa mengubah nilai frekuensi dan amplitudo. Pengaturan kecepatan putaran motor DC dapat dilakukan dengan cara mengatur sinyal PWM. Cara mengatur kecepatan motor DC adalah dengan menggunakan kerapatan pulsa PWM dalam mikrokontroler Arduino. Kontrol modulasi lebar pulsa bekerja dengan menyalakan dan mematikan daya yang disuplai ke motor dengan sangat cepat. Tegangan DC diubah menjadi sinyal gelombang persegi [3][5][7][8].

Jembatan H atau biasa disebut dengan H-Bridge adalah sebuah rangkaian yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan motor DC. Komponen untuk mengendalikan arah putaran motor DC dalam 2 arah dapat menggunakan driver motor DC H-Bridge transistor atau mosfet. Mosfet dapat mengendalikan arah putaran motor dengan menggunakan metode PWM atau metode sinyal logika TTL (High dan Low) [8][9].

Perubahan polaritas tegangan yang diberikan pada kumparan belitan dilakukan untuk mengubah arah putaran motor DC. Konfigurasi H-bridge merupakan cara umum yang digunakan untuk mengubah arah motor DC. Nama H-bridge diberikan karena rangkaian yang menyerupai huruf "H". Driver ESC motor DC dapat dirancang untuk menjalankan motor DC searah maupun berlawanan arah jarum jam. MOSFET lebih mudah dioperasikan dengan tegangan dibandingkan dengan sakelar transistor bipolar yang digerakkan dengan arus. Sehingga dengan mosfet control, PWM nya lebih efisien, lebih ketat dan responsnya lebih cepat [8][10][11].

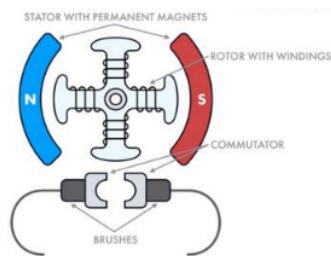
Driver MOSFET adalah sirkuit penggerak MOSFET yang paling populer dan ekonomis. Driver

MOSFET yang memiliki IGBT tegangan dan daya kecepatan tinggi serta memiliki output referensi yang independent di sisi HIGH maupun LOW adalah IC IR2110 [12][13].

Alat ECS motor DC yang ada dipasaran hanya ada yang berdaya rendah. Alat ECS motor DC tersebut memiliki kelemahan hanya mampu sampai dengan 48Vdc arus maksimum 50A. Penelitian ini akan membuat alat ECS motor DC berbasis Arduino nano. ESC motor DC menggunakan 8 mosfet sehingga dihasilkan daya yang besar. Kelebihan alat yang dibuat adalah mampu bekerja maksimum 200Vdc 230A. Dimana alat yang dibuat dalam penelitian ini nantinya dapat diimplementasikan dalam kendaraan listrik.

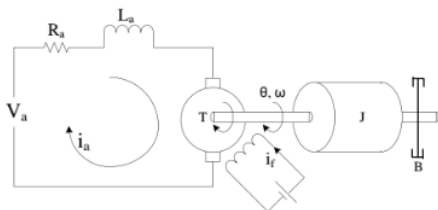
II. DASAR TEORI

Motor DC sederhana memiliki satu set magnet stasioner di stator dan dinamo dengan satu atau lebih belitan kawat berisolasi yang melilit inti besi lunak yang memusatkan medan magnet. Ujung belitan kawat dihubungkan ke komutator sehingga memungkinkan setiap kumparan jangkar diberi energi secara bergantian dan menghubungkan kumparan yang berputar dengan catu daya eksternal melalui sikat arang [2]. [2]



Gambar 1. Prinsip motor dc dengan magnet tetap[14]

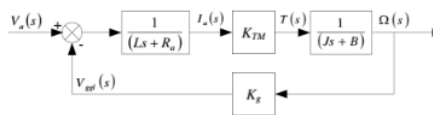
Motor DC dapat dimodelkan dengan rangkaian ekuivalen sebagai berikut.



Gambar 2. Model motor DC [2]

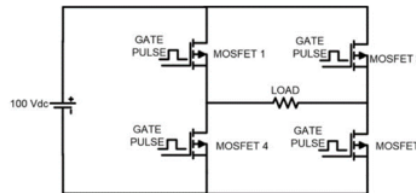
Persamaan 1 dan blok diagram motor DC Gambar 3 didapatkan dari rangkaian ekuivalen Gambar 2.

$$V_a(t) - V_{ggi}(t) = L \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) \quad (1)$$



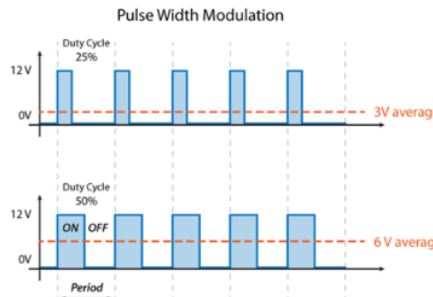
Gambar 3. Blok diagram model motor DC [2]

Dalam teknik switching mosfet ada 2 jenis tipe yaitu switching halfbridge dimana hanya menggunakan 1 mosfet saja yang digunakan untuk mengatur tegangan switching PWM, jenis yang kedua adalah switching fullbridge yang menggunakan 4 mosfet sehingga dapat mengatur arah arus yang mengakibatkan arah putaran motor dapat diatur maju atau mundur,



Gambar 4. Switching Mosfet Full Bridge [15]

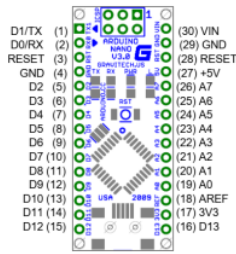
PWM merupakan teknik modulasi yang dapat mengatur nilai rata-rata tegangan pada alat elektronik dengan cara menghidupkan dan mematikan daya dengan kecepatan tinggi. Rasio waktu sinyal ON terhadap sinyal OFF dalam satu periode waktu adalah tegangan rata-rata.



Gambar 5. Hubungan duty cycle dan tegangan [16]

$$V_{out} = \text{duty cycle} \times V_{in} \quad (2)$$

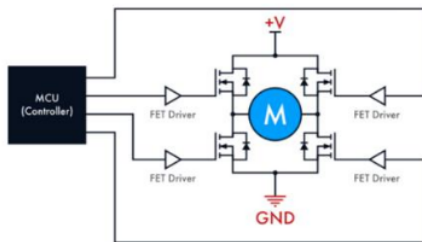
Jumlah pin yang digunakan untuk mengontrol dan sensor yang ada merupakan salah satu alasan penting dalam pemilihan sebuah kontroler yang digunakan. Kebutuhan pin yang dibutuhkan untuk control dalam penelitian ini adalah: 4 analog input, 2 kontrol display (SCL dan SDA), 4 output data, 2 output PWM. Kontroler yang tepat secara kebutuhan pin, sensor yang digunakan, dan fisik adalah Arduino nano. Arduino nano mempunyai 8 analog input, 14 input output yang 6 diantaranya dapat digunakan untuk mengontrol sinyal PWM [17]. Pin kaki Arduino terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pin kaki arduino nano [17]

III. METODE DAN DESAIN

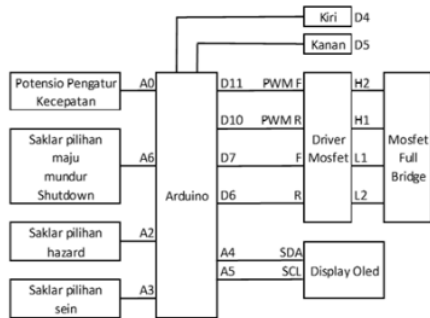
ESC motor DC dalam penelitian ini menggunakan empat sakelar dikontrol dengan Arduino.



Gambar 7. Rangkaian dasar ESC full-jembatan H [14]

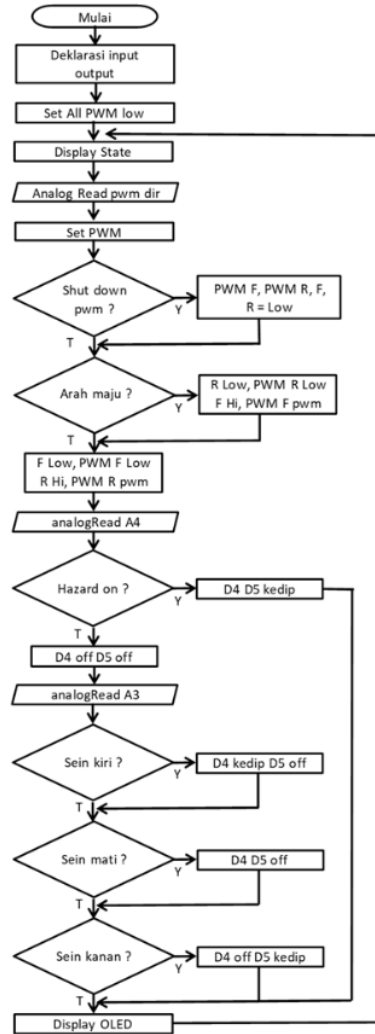
Jika ingin memberi input MOSFET dari mikrokontroler maka membutuhkan sesuatu untuk meningkatkan arus gate sampai dengan 1A. Terdapat banyak MOSFET "level logika" yang dapat digerakkan dari level logika 3.3V atau 2.5V. Driver mosfet digunakan untuk meningkatkan tegangan drive dan arus gate. Sehingga, dalam penelitian ini menggunakan driver mosfet IC IRS2110.

Input dan output yang akan dikontrol oleh mikrokontroler arduino pada sistem ESC motor DC adalah: A0 (pengatur kecepatan), A2 (hazard), A3 (sein), A4 (SDA), A5 (SCL), A6 (maju mundur), D10 (PWMF), D11 (PWMR), D6 (mundur), D7 (maju), D4 (LED sein kiri), D5 (LED sein kanan). Jumlah input dan output yang diperlukan berjumlah 12 pin. Jumlah pin inilah yang menjadi alasan menggunakan arduino nano, seperti gambar 6.



Gambar 8. Blok diagram ESC motor DC arduino nano

Berikut flowchart system ESC motor DC berbasis Arduino.



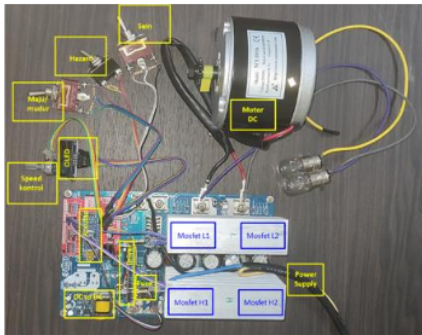
Gambar 9. Flow chart software ESC motor dc arduino

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil alat ESC motor DC berbasis Arduino terlihat pada Gambar 7. Alat ESC motor DC berbasis Arduino terdiri dari: *switching mosfet Full bridge*, driver mosfet dengan ICIR2110, mikrokontroler arduino, *software sketch* Arduino, saklar pengatur lampu *sein* kiri kanan, saklar pengatur lampu *hazard*, saklar pengatur arah putaran motor maju / mundur / shut down PWM, dan potencio sebagai pengatur kecepatan putaran motor. Validasi kinerja alat dilakukan dengan pengujian di laboratorium.

Alat ESC motor DC berbasis Arduino memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Tegangan input: 12-80 V_{DC} (spek maksimum mosfet 200 V_{DC})
2. Tegangan output: 0- V_{cc} (sesuai % posisi potentiometer atau duty cycle)
3. Arus maksimum mosfet: 260A
4. Bentuk gelombang output: DC PWM
5. Tipe modulasi: PWM
6. Mikrokontroler: Arduino Nano
7. Tipe switching mosfet: H Fullbridge
8. Tipe mosfet: IRFP4668 paralel 2 buah
9. Kemampuan mosfet: 200V 130A
10. Polaritas arah tegangan output: forward, reverse
11. Driver mosfet: IC IR2110
12. Led navigasi: sein kiri kanan, hazard
13. Motor DC: 24 Volt 250 watt



Gambar 10. Hardware untuk pengambilan data

Hasil pengujian ESC fullbridge Motor DC duty cycle vs V_{out} disajikan pada Tabel 1, duty cycle vs rpm disajikan pada Tabel 2.

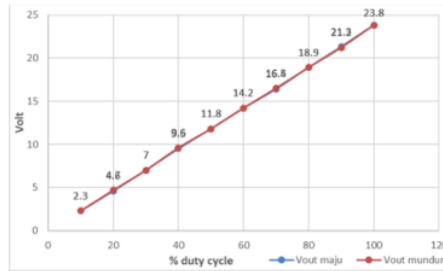
Table 1. Duty cycle vs V_{out}

Duty cycle (%)	V_{out} Maju (V)	V_{out} Mundur (V)
10	2.3	2.3
20	4.6	4.6
30	7	7
40	9.5	9.5
50	11.8	11.8
60	14.2	14.2
70	16.4	16.5
80	18.9	18.9
90	21.3	21.2
100	23.8	23.8

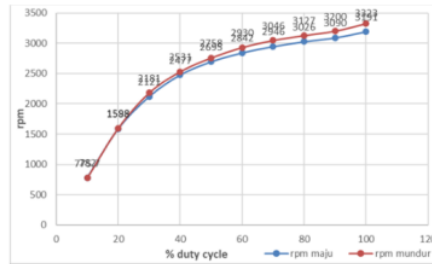
Table 2. Duty cycle vs rpm

Duty cycle (%)	Kec. Maju (rpm)	Kec. Mundur (rpm)
10	782	775.7
20	1588	1598
30	2121	2181
40	2477	2531
50	2695	2758
60	2842	2930
70	2946	3046
80	3026	3127
90	3090	3200
100	3191	3323

Gambar grafik duty cycle vs V_{out} disajikan pada Gambar 10, duty cycle vs rpm disajikan pada Gambar 11.

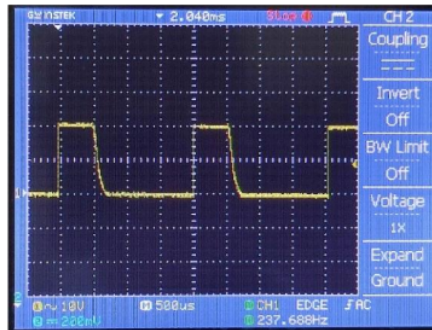


Gambar 11. Grafik duty cycle vs V_{out}



Gambar 12. Grafik duty cycle vs kecepatan

Pada Gambar 10 terlihat bahwa nilai V_{out} berbanding lurus dengan duty cycle. Nilai V_{out} maksimum saat duty cycle 100% adalah 23.8 Volt. Sedangkan pada Gambar 11 terlihat bahwa nilai rpm motor berbanding lurus dengan duty cycle walaupun tidak linier. Nilai kecepatan motor maksimum 3191 rpm saat berputar searah jarum jam (maju) dan 3323 rpm saat berlawanan jarum jam (mundur).



Gambar 13. Hasil pengujian sinyal PWM pada duty cycle 25%



Gambar 14. Hasil pengukuran kecepatan pada *duty cycle* 25%



Gambar 15. Hasil pengukuran kecepatan pada *duty cycle* 100%

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian sistem ESC motor DC berbasis arduino berfungsi dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari kinerja potensio meter yang dapat mengatur besaran output sinyal PWM dan mengatur kecepatan motor, driver mosfet dapat mengontrol gate mosfet L1 L2 H1 H2, saklar maju mundur saklar sein kiri kanan saklar hazard dapat berfungsi dengan semestinya, mosfet switching fullbridge bekerja normal (tidak timbul overlap switching yang dapat menimbulkan efek seperti konsleting), motor DC dapat dikontrol berputar searah maupun berlawanan jarum jam. Besar tegangan output berbanding lurus dengan *duty cycle*. Tegangan output maksimal adalah 23.8 Volt untuk motor bergerak searah dan berlawanan jarum jam. Nilai kecepatan yang dihasilkan adalah 3191 rpm saat motor bergerak searah jarum jam dan 3323 rpm saat motor bergerak berlawanan jarum jam.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Islam, A. K. M. Shamim, H. Ullah, M. Arif, and S. Bhuiyan, "Design and Implementation of a Low-cost MOSFET Based Chopper Drive DC Motor Speed Control," *J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. January, pp. 4–8, 2017.
- [2] K. Fathoni and F. Suni, "Perancangan Kendali Kecepatan Motor Arus Searah Menggunakan Metode Root Locus," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 39–42, 2016.
- [3] R. Kumar, M. Ray, S. Basak, and T. Ray, "Speed Control of Dc Motor Using pulse Width Modulation," 2019.
- [4] S. . Labaran and H. Bashir, "DC Motor Speed Control Analysis : An Overview," *3Rd Natl. Eng. Conf. Bridg. Gap between Acad. Ind.*, no. December 2018, 2018.
- [5] D. Setiawan, "Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Android System," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [6] A. R. J. Wiriawan and A. Irawan, "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Kontrol Proporsional Integral Derifatif (PID) Berbasis Lab View," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 13–24, 2016, doi: 10.34010/telekontran.v4i2.1886.
- [7] A. S. S. Azhar and E. Ariyanto, "Pengendalian Kecepatan Putaran Motor DC Pada Penyangrai Kopi Menggunakan Pwm Berbasis Atmega 16," *Gema Teknol.*, vol. 19, no. 1, p. 12, 2016, doi: 10.14710/gt.v19i1.21957.
- [8] D. Phan, "Selecting and Implementing H-Bridges in DC Motor Control," 2011.
- [9] E. C. Sunarto and B. Yulianti, "Rancang Bangun Prototipe Alat Angkut Helikopter Berbasis Arduino," *TESLA*, vol. 20, no. 2, p. 157, 2018, doi: 10.24912/tesla.v20i2.2992.
- [10] T. Özer, S. Kivrak, and Y. Oguz, "H Bridge DC Motor Driver Design and Implementation with Using dsPIC30f4011," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 6, no. May, 2017.
- [11] Rohm Semiconductor, "Controlling DC Brush Motors with H-bridge Driver IC," 2018.
- [12] L. Balogh, "Fundamentals of MOSFET and IGBT Gate Driver Circuits," 2018. [Online]. Available: https://www.ti.com/lit/ml/slua618a/slua618a.pdf?ts=1611669659975&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fww%252Fen%252Fpower-training%252Flogin.shtml.
- [13] International Rectifier, "Datasheet Gate Driver Ir2110," 2019.
- [14] A. Solovev, "What It Is, Design Principles & Circuit Examples," *Integra Sources*, 2021. <https://www.integrasources.com/blog/dc-motor-controller-design-principles/> (accessed Nov. 06, 2022).
- [15] R. Kansagara, "Single Phase Half Bridge and Full Bridge Inverter using MATLAB," *Circuit Digest*, 2019. <https://circuitdigest.com/electronic-circuits/single-phase-half-bridge-and-full-bridge-inverter-circuit-using-matlab>

ESC PWM Fullbridge Motor DC Berbasis Arduino

(accessed Nov. 06, 2022).

- [16] Dejan, "Arduino DC Motor Control Tutorial – L298N | PWM | H-Bridge," 2020. <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-dc-motor-control-tutorial-l298n-pwm-h-bridge/> (accessed Nov. 06, 2022).
- [17] Arduino, "Arduino Nano," vol. 9210, no. 662, pp. 3–8, 2019, [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/>.

ESC PWM Fullbridge Motor DC Berbasis Arduino

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.um-surabaya.ac.id Internet Source	6%
2	repository.its.ac.id Internet Source	2%
3	Submitted to Universitas Khairun Student Paper	1%
4	ejournal.unkhair.ac.id Internet Source	1%
5	123dok.com Internet Source	1%
6	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
7	publikasiilmiah.unwahas.ac.id Internet Source	1%
8	qdoc.tips Internet Source	1%
9	www.slideshare.net Internet Source	1%

10	umpir.ump.edu.my Internet Source	1 %
11	www.gunadarma.ac.id Internet Source	1 %
12	ojs.trigunadharma.ac.id Internet Source	<1 %
13	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
14	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
15	widuri.raharja.info Internet Source	<1 %
16	core.ac.uk Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On